



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA de
TAMAULIPAS

NUEVOS PROFESORES DE TIEMPO COMPLETO
NUEVA GENERACIÓN
DE INVESTIGADORES

Enrique C. Etienne Pérez del Río

NUEVOS PROFESORES DE TIEMPO COMPLETO
NUEVA GENERACIÓN
DE INVESTIGADORES



Consejo de
publicaciones
UAT

C.P. Enrique C. Etienne Pérez Del Río
Presidente

Dr. José Luis Pariente Fragoso
Vicepresidente

Dr. Héctor Cappello García
Secretario Técnico

C.P. Guillermo Mendoza Cavazos
Vocal

Dr. Marco Aurelio Navarro Leal
Vocal

Lic. Víctor Hugo Guerra García
Vocal

CONSEJO EDITORIAL DE PUBLICACIONES UAT

Dra. Lourdes Arizpe Slogher, Universidad Nacional Autónoma de México • Dr. Amalio Blanco, Universidad Autónoma de Madrid, España • Dra. Rosalba Casas Guerrero, Universidad Nacional Autónoma de México • Dr. Francisco Díaz Bretones, Universidad de Granada, España • Dr. Rolando Díaz Loving, Universidad Nacional Autónoma de México • Dr. Manuel Fernández Ríos, Universidad Autónoma de Madrid, España • Dr. Manuel Fernández Navarro, Universidad Autónoma Metropolitana México • Dra. Juana Juárez Romero, Universidad Autónoma Metropolitana México • Dr. Manuel Marín Sánchez, Universidad de Sevilla, España • Dr. Cervando Martínez, University of Texas at San Antonio, EUA • Dr. Darío Páez, Universidad del País Vasco, España • Dra. María Cristina Puga Espinosa, Universidad Nacional Autónoma de México • Dr. Luis Arturo Rivas Tovar, Instituto Politécnico Nacional México • Dr. Aroldo Rodríguez, University of California at Fresno, EUA • Dr. José Manuel Valenzuela Arce, Colegio de la Frontera Norte México • Dra. Margarita Velázquez Gutiérrez, Universidad Nacional Autónoma de México • Dr. José Manuel Sabucedo Cameselle, Universidad de Santiago de Compostela, España • Dr. Alessandro Soares da Silva, Universidad de São Paulo, Brasil • Dr. Alexandre Dorna, Universidad de CAEN, Francia • Dr. Ismael Vidales Delgado, Universidad Regiomontana, México • Dr. José Francisco Zúñiga García, Universidad de Granada, España • Dr. Bernardo Jiménez, Universidad de Guadalajara, México • Dr. Juan Enrique Marcano Medina, Universidad de Puerto Rico-Humacao • Dra. Úrsula Oswald, Universidad Nacional Autónoma de México • Arq. Carlos Mario Yory, Universidad Nacional de Colombia • Arq. Walter Debenedetti, Universidad de Patrimonio Colonia, Uruguay • Dr. Andrés Piqueras, Universitat Jaume I. Valencia, España • Dr. Yolanda Troyano Rodríguez, Universidad de Sevilla, España • Dra. María Lucero Guzmán Jiménez, Universidad Nacional Autónoma de México • Dra. Patricia González Aldea, Universidad Carlos III de Madrid, España • Dr. Marcelo Urrea, Revista Latinoamericana de Psicología Social • Dr. Rubén Ardila, Universidad Nacional de Colombia • Dr. Jorge Gissi, Pontificia Universidad Católica de Chile • Dr. Julio F. Villegas, Universidad Diego Portales, Chile • Ángel Bonifaz Ezeta, Universidad Nacional Autónoma de México.

NUEVOS PROFESORES DE TIEMPO COMPLETO

NUEVA GENERACIÓN DE INVESTIGADORES



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA de
TAMAULIPAS



Consejo de
publicaciones
UAT



Primera edición, 2017

Nuevos Profesores de Tiempo Completo. Nueva Generación de Investigadores, Enrique C. Etienne Pérez del Río, coord. —Ciudad de México: Colofón- Universidad Autónoma de Tamaulipas, 2017

459 p. ; 17 x 23 cm

D. R. © 2017, Universidad Autónoma de Tamaulipas
Matamoros, s.n, Zona Centro, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87000
Consejo de Publicaciones UAT

Consejo de Publicaciones UAT
Centro Universitario Victoria
Centro de Gestión del Conocimiento. Tercer Piso
Cd. Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87149
consejopublicacionesuat@outlook.com
Tel. (52) 834 3181-800 • extensión: 2948 • www.uat.edu.mx

Colofón S.A. de C.V.
Franz Hals 130, Col. Alfonso XIII,
Delegación Álvaro Obregón, C.P. 01460
Ciudad de México, 2017.
www.paraleer.com • Contacto: colofonedicionesacademicas@gmail.com



Impresión y cuidado de la edición:
Departamento de Fomento Editorial UAT
Edificio Administrativo, planta baja,
Centro Universitario Victoria
Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87149
Libro aprobado por el Consejo de Publicaciones UAT

ISBN UAT: 978-607-7654-92-6

ISBN Colofón: 978-607-8563-44-9

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra incluido el diseño tipográfico y de portada, sea cual fuere el medio, electrónico o mecánico, sin el consentimiento por escrito del Consejo de Publicaciones UAT.

Impreso en México • *Printed in Mexico*

Índice

CONSEJO EDITORIAL

PRÓLOGO	11
---------------	----

José Alberto Ramírez de León, Rocío Margarita Uresti Marín, Juan Francisco Castañón Rodríguez, Frida Carmina Caballero Rico

Impacto de las Instituciones de Educación Superior en la formación de capital humano y el desarrollo regional en Tamaulipas	12
---	----

CIENCIAS AGROPECUARIAS

Jorge Alva Pérez

Diagnóstico de la brucelosis en hatos caprinos del altiplano tamaulipeco	43
--	----

Rafael Delgado Martínez

Rendimiento y rentabilidad del cultivo de girasol, en función de la fertilización nitrogenada, zona centro de Tamaulipas	51
--	----

Santiago Joaquín Cancino

Comportamiento productivo de gramíneas forrajeras tropicales a diferente frecuencia de corte.....	61
---	----

José Octavio Merino Charrez

Identificación serológica y biomolecular de la enfermedad epizoótica hemorrágica de los venados en Tamaulipas.....	69
--	----

Eduardo Osorio Hernández

Fitopatógenos asociados en la base del tallo y raíz de la sabila (<i>aloe barbadensis</i>) en el estado de Tamaulipas.....	78
--	----

Luz Yosahandy Peña Avelino

Valoración de dietas integrales a base de mezquite para cabritos en crecimiento..... 85

CIENCIAS DE LA SALUD

Rosa Mariana Montiel Ruiz

Determinación de la actividad neurofarmacológica y toxicológica de plantas medicinales en modelos experimentales 93

Martha Beatriz Ramírez Rosas

Caracterización de la microestructura ósea en un modelo de hipertensión arterial primaria..... 104

CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

Leonardo Uriel Arellano Méndez

Distribución espacial, estructura y contenido de carbono en praderas de macrófitas sumergidas existentes en la Laguna Madre de Tamaulipas 133

Ivonne Ceballos Olvera

Evaluación de la prevalencia y estandarización de una prueba diagnóstico para la diarrea viral bovina 146

Edilia de la Rosa Manzano

Epifitas vasculares de dos tipos de vegetación de la reserva de la Biósfera El Cielo: diversidad, distribución vertical e importancia de los hospederos 151

Benigno Estrada Drouaillet

Estimación Bayesiana del modelo de efectos principales aditivos y

de interacción multiplicativa (AMMI) en genotipos de maíz nativos de Tamaulipas 163

Wilberth Alfredo Poot Poot

Efecto de la luz sobre la biosíntesis de glucósidos en plántulas de *Stevia rebaudiana* (Bertoni) cultivadas *in vitro*..... 172

CIENCIAS SOCIALES Y ADMINISTRATIVAS

Ariagor Manuel Almanza Avendaño

Estrategias y barreras para la adherencia terapéutica en pacientes con VIH del estado de Tamaulipas..... 181

Perla Carrillo Quiroga

El realismo perceptual y la experiencia corporizada en el cine de viajes documental..... 198

José Alberto Gómez Isassi

Ecosistemas digitales: La comunicación en internet y la participación ciudadana en redes sociales para el medio ambiente en México..... 237

Edy Izaguirre Treviño

Constitución..... 241

Germán Salazar Mendivil

Presencia y percepción de Programas Sociales en las Zonas de Atención Prioritaria de SEDESOL en Cd. Victoria, Tamaulipas 273

Juan Gilberto Silva Treviño

Modelo de emprendimiento e inserción en las cadenas agrícolas del Altiplano tamaulipeco 291

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Edgar Pérez Arriaga

Estudio prospectivo de sanidad ambiental en la presa Caballeros,
en Cd. Victoria Tamaulipas, México..... 309

Ana Bertha Ríos Alvarado

Aprendizaje de ontologías de dominio con mayor nivel de expresividad..... 329

Guadalupe Concepción Rodríguez Castillejos

Producción biotecnológica de xilitol por *Debaryomyces hansenni* a partir de paja de sorgo variedad rb paloma..... 352

María Teresa Sánchez Medrano

Evaluación del comportamiento del bambú de la especie *bambusa vulgaris* para uso en vivienda en la zona conurbada del sur de Tamaulipas 401

Jorge Ariel Torres Castillo

Efectos de elicitores sobre *Moringa oleifera*, una especie introducida en México 434

EDUCACIÓN, HUMANIDADES Y ARTE

Guillermo Flores Miller

El reconocimiento intersubjetivo y la gramática moral y política de una vida cívica democrática 447

Prólogo

La Universidad Autónoma de Tamaulipas mantiene su prestigio en la calidad de sus cuadros académicos. Nuestros investigadores y maestros permiten acceder a certificaciones que respalden la educación impartida en un mundo de renovaciones constantes. Nuestra sociedad depende de ellas, por eso nos empeñamos en fortalecer nuestra estructura al contratar a quienes garanticen los avances requeridos por cada proyecto institucional. Atendemos las perspectivas consolidadas y trazamos rumbos que fortalezcan nuestra respuesta educativa en un mundo de ciencias nuevas y tecnologías que demandan lo mejor de los universitarios.

Hasta abril de 2017 contratamos a 174 Profesores de Tiempo Completo; 88 de ellos, el 50.6%, cuenta con nivel de Doctorado en diferentes áreas académicas. Un dato relevante es que 44 de estos académicos son miembros del Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Reconocimiento reservado para quienes acreditan, mediante severas evaluaciones, la calidad de proyectos y productos académicos que contribuyen al desarrollo de la investigación, como elemento aplicable para fortalecer la productividad en la sociedad mexicana. Hoy somos más competitivos para desarrollar el capital humano en Tamaulipas; podemos apoyar las metas planteadas por el gobierno estatal en el corto y mediano plazo con proyectos viables y significativos.

La Universidad Autónoma de Tamaulipas promueve la consolidación de sus profesores. Se les orienta para que sean parte de la convocatoria emitida por la Secretaría de Educación Pública, mediante la Dirección de Superación Académica (PRODEP México). Los aspirantes presentan una propuesta de investigación en el área de Apoyo a la Incorporación de Nuevos Profesores de Tiempo Completo. De recibir este beneficio pueden obtener hasta \$300 000.00, para un proyecto que les permita iniciar una carrera científica de forma sólida, además de respaldar su instalación como joven investigador dentro de la Facultad, Unidad Académica o Centro de Investigación donde se encuentren inscritos.

Este libro presenta 15 casos de Profesores de Tiempo Completo contratados durante el periodo 2014-2015. Sus textos presentan el proyecto particular con el que iniciaron su trayectoria en nuestra universidad; refieren el impacto de los conocimientos generados. Sus proyectos se complementan con un estudio que refiere el impacto regional en la formación del capital humano, campo donde la Universidad Autónoma de Tamaulipas, es líder que se empeña en consolidar y capacitar su estructura académica, para cumplir sus compromisos con la tecnología, el desarrollo institucional y la sociedad donde se inscribe.

Esperamos que disfruten la lectura.



C.P. Enrique Etienne Pérez del Río
Rector

Universidad Autónoma de Tamaulipas

José Alberto Ramírez de León



Estudió la carrera de Bioquímica en la Universidad Autónoma de Tamaulipas, la maestría en Ciencias Alimentarias en el Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey Campus Guaymas y el doctorado en Ciencias de los Alimentos por la Universidad Autónoma de Querétaro.

Es Profesor de Tiempo Completo en la Unidad Académica de Trabajo Social y Ciencias para el Desarrollo Humano, ha sido distinguido con el Perfil deseable PRODEP y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 3.

Actualmente es Líder del Cuerpo Académico de Gestión y Transferencia del conocimiento evaluado como consolidado por la Dirección de Superación Académica. Es miembro de la Academia Mexicana de Ciencias.

En su trayectoria académica ha dirigido 12 proyectos de investigación con financiamiento externo por parte del CONACYT, SEP, SAGARPA, INCA RURAL y Fundación Produce. Ha publicado 80 artículos científicos en revistas internacionales de alto impacto y dirigido 31 tesis de licenciatura, 42 de maestría y 8 de doctorado.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

- Aprovechamiento de recursos pesqueros
- Aprovechamiento de recursos agropecuarios
- Desarrollo de nuevos productos y procesos alimentarios

Rocío Margarita Uresti Marín



Estudió la carrera de Bioquímica en la Universidad Autónoma de Tamaulipas, la maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos en la misma universidad, un Diplomado de Estudios Avanzados y suficiencia investigadora en Nutrición y Bromatología, un diplomado en Filosofía, el doctorado en Ciencias del medioambiente aspectos analíticos y biotecnológicos en la Universidad de Vigo, España, recibiendo la distinción CUM LAUDE. Ha sido distinguido con el Perfil deseable PRODEP y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel I. En 2002 obtuvo el Primer Lugar en Aprovechamiento en la maestría en Ciencia y Tecnología de los alimentos. En 2005 recibió el Premio Universitario “Gral. y Lic. Bernardo López García” a la Investigación de Excelencia”. Es Investigador Tamaulipeco SIACYT. Recibió el Premio “Investigador Joven 2006”, En 2007 recibió el Premio Universitario “Gral. y Lic. Bernardo López García” a la Investigación de Excelencia”. Actualmente es catedrática de tiempo completo en la Unidad Académica de Trabajo Social y Ciencias para el Desarrollo Humano, alcanzando el nivel IV en su evaluación docente. Es integrante del Cuerpo Académico de Gestión y Transferencia del conocimiento evaluado como consolidado por la Dirección de Superación Académica. En su trayectoria académica ha dirigido 1 proyecto de investigación del PROMEP, 3 proyectos de difusión por parte del COTACYT. Ha publicado 23 artículos científicos en revistas internacionales de alto impacto, 10 capítulos de libros y 9 artículos de difusión, y dirigido 5 tesis de licenciatura, 8 de maestría y 1 de doctorado.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

- Aprovechamiento de recursos pesqueros
- Desarrollo de nuevos productos y procesos alimentarios

Juan Francisco Castañón Rodríguez



Es Profesor de Tiempo Completo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas adscrito a la Unidad Académica de Trabajo Social y Ciencias para el Desarrollo Humano. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, obtuvo el grado de doctor en Ciencias en Alimentos por el Instituto Tecnológico de Veracruz, el grado de Maestro en Ciencias y Tecnología de Alimentos por la Universidad Autónoma de Tamaulipas y la licenciatura de Químico Farmacéutico Biólogo por la Universidad Juárez del Estado de Durango. Es docente de la licenciatura en Nutrición y del doctorado en Gestión y Transferencia del Conocimiento. Ha impartido talleres enfocados en el desarrollo de productos nutritivos y funcionales, ha participado en diferentes congresos nacionales e internacionales. Ha publicado artículos en revistas indexadas y estancias en diferentes instituciones de educación superior y centro de investigación nacionales; ha participado en proyectos de investigación y actualmente es responsable técnico del proyecto Aprovechamiento integral de naranjas producidas en la zona centro de Tamaulipas utilizando técnicas de encapsulamiento. Es parte del cuerpo académico consolidado “Gestión y Transferencia del Conocimiento”, pertenece a la Red SAPDA (Red de seguridad alimentaria y valorización de las pérdidas y desperdicios de alimentos) donde colabora con diferentes investigadores de 18 estados de la república mexicana. Ha participado como jurado de concursos de innovación en el desarrollo de nuevos productos y procesos y contribuido a la formación de recursos humanos mediante la dirección y asesoramiento de trabajos de investigación a nivel pregrado y posgrado.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

- Desarrollo de nuevos productos utilizando tecnologías de conservación convencionales y emergentes.
- Gestión y transferencia del conocimiento al sector agropecuario.

Frida Carmina Caballero Rico



Doctora en Educación Internacional por la UAT. Maestra en Desarrollo Organizacional por la UDEM. Estudios especializados en Proyectos de Investigación y Desarrollo en la OEI. Comunicación Pública de la Ciencia en la Universidad Menéndez y Pelayo en España. Desarrollo del Territorio en la OCDE en Trento, Italia y Gestión Social por el Banco Interamericano y Desarrollo.

Especialista en Instituciones de Educación Superior, centros de investigación y redes laborales en Tamaulipas. Autora de seis libros.

Fue directora de promoción del COTACyT y representante PROMEP de la SEP, en nuestra Universidad. Líder nacional del Programa de Enseñanza Inquisitiva de la Ciencia y del Proyecto para la Generación de Indicadores de Ciencia y Tecnología. Fungió como responsable técnico de los proyectos: “Diseño de un modelo de intervención y gestión tecnológica para el desarrollo competitivo de la micro, pequeña y mediana empresa de Tamaulipas”, para FOMIX-Tamaulipas y “Consolidación de la infraestructura científica y tecnológica para la exploración y explotación sustentable de hidrocarburos no convencionales, oil/gas shale en México”, financiado por FORDECYT, en Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. Desarrolla el proyecto “Inclusión social y económica de la población que habita áreas naturales protegidas y reservas ecológicas de Tamaulipas”.

Directora de Investigación de la UAT y miembro del Cuerpo Académico Consolidado de Gestión y Transferencia del Conocimiento.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

- Estudio de los actores del territorio, formación del capital humano para la ciencia y la tecnología, gestión y transferencia de tecnología, así como diseño y evaluación de proyectos de investigación y desarrollo.

Impacto de las Instituciones de Educación Superior en la formación de capital humano y el desarrollo regional en Tamaulipas

José A. Ramírez, Rocío M. Uresti Marín, Juan Francisco Castañón Rodríguez, Frida Carmina Caballero Rico

RESUMEN

Se analiza el sistema de educación universitaria en Tamaulipas, compuesto por una mezcla de universidades estatales, politécnicas, tecnológicas, institutos tecnológicos, escuelas normales y colegios, públicos y privados, con financiamiento estatal, federal, y particular. Las instituciones de educación superior (IES) se ubican en 16 de los 43 municipios y ofertan 1140 programas de licenciatura. La presencia de las IES estuvo asociada con la densidad poblacional, el nivel académico promedio de la población y el desarrollo de las regiones, sin encontrar elementos que permitan identificar una especialización de la oferta educativa, ni una orientación de esta hacia las denominadas profesiones del futuro. La Universidad Autónoma de Tamaulipas ejerce un efecto líder en la formación de capital humano y con ello en el desarrollo regional. Se observó también un efecto de migración del talento, que afecta el desarrollo de los municipios que carecen de IES para formar técnicos y profesionistas, que debe ser atendido.

Palabras Clave: Tamaulipas, sistema educativo, desarrollo regional, capital humano.

INTRODUCCIÓN

El capital humano se define como la población que ha adquirido habilidades y conocimientos útiles para el desarrollo económico de una región. Su importancia para el desarrollo de una ciudad, región o país se reconoce desde mucho tiempo (Shultz, 1961). En la actual sociedad del conocimiento, se denomina capital humano a la población que ha recibido instrucción académica a través de los sistemas escolarizados. Sin embargo, es importante considerar que el capital humano también está formado por aquellos individuos que son formados mediante capacitación técnica en el trabajo, y a los cuales se les denomina clase creativa. La

población que ha recibido formación académica y capacitación especializada para el trabajo es de gran importancia para el desarrollo económico de las regiones y se considera complementaria a la acumulación del capital físico y el cambio tecnológico (Lucas, 1988; Storper y Scott, 2009; Qian, 2010). La actual economía del conocimiento, considera a las personas con talento y altamente cualificados, un recurso económico importante. En este contexto, el talento se define como la habilidad de las personas para resolver problemas y generar nuevas ideas para la economía del conocimiento (Mosneaga y Winter, 2010).

Las ciudades y regiones pueden crecer y desarrollarse mediante una estrategia de formación académica y técnica de su propia población, o a través de la contratación de capital humano de otras regiones o países. Se considera que las poblaciones urbanas que pueden atraer capital humano con altos niveles de formación técnica y académica, crecen más rápidamente, debido al conocimiento con el que contribuyen, a la capacidad emprendedora y energía creativa e innovadora que aportan. La capacidad del gobierno, de los países, estados o ciudades, dependen de las estrategias y políticas que emprenda para formar o atraer el talento, es por eso que es variable, lo que ocasiona que el talento se distribuya en forma desigual incluso dentro de un mismo estado o región. El capital humano tiende a concentrarse en las grandes ciudades y las ciudades tienen una fuerte influencia atrayendo, movilizando y organizando al capital humano para el desarrollo de actividades económicas. Este fenómeno ha sido estudiado usando modelos basados principalmente en los países desarrollados, con menor énfasis en los países en desarrollo y con poca evidencia del fenómeno presente en microrregiones de países en desarrollo (Qian, 2010).

Resulta cada vez más importante, que tanto las regiones como las Instituciones de Educación Superior (IES), establezcan lo que se ha llamado la estrategia inteligente de desarrollo. La importancia adquirida de este concepto ha dado lugar a un nuevo enfoque de la Política Regional. En el contexto de la Estrategia Europa 2020, se ha convertido en una condición *a priori* para las regiones que quieran ver financiadas sus políticas de I+D+i por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) en el período de programación 2014-2020 (Del Castillo y Jonatan, 2013). Su programa operativo debe plasmar los objetivos y prioridades definidos en el proceso de elaboración de las respectivas Estrategias Regionales de Innovación y de Especialización Inteligente (RIS3), así como diseñar los mecanismos para identificar/descubrir las innovaciones posibles en cada región, con el fin de convertirlas en iniciativas educativas y empresariales concretas viables en el mercado.

Las (IES) a través de sus funciones elementales de formación de capital humano y generación y transmisión del conocimiento, impactan favorablemente

en el desarrollo social y económico de las ciudades y las regiones en las que se ubican (Audretsch *et al.*, 2012; OECD, 2013). Se reconocen otras funciones por las cuales la universidad impacta el crecimiento y desarrollo de las ciudades y regiones, además de la generación del conocimiento comercializable y la formación de científicos calificados: generan y atraen talento a la economía local, colaboran con la industria local para proveer soporte técnico formal e informal (Bramwell y Wolfe, 2008). Son fuente de conocimiento especializado, proveen experiencias educativas comunes, actúan como integradoras locales de corrientes políticas nacionales para beneficio regional, políticas de mercado, empleo y competencias laborales, políticas de competitividad industrial, políticas de ciencia y tecnología, educación, formación y desarrollo territorial (Popescu, 2011). Un estudio realizado en China estableció una asociación positiva entre la distribución geográfica del capital humano con la innovación, el emprendedurismo y el desarrollo económico regional. Entre los factores evaluados, se encontró que la presencia de universidades fue el factor que más influyó en la distribución del capital humano por regiones. Otros factores influyentes fueron el salario, servicios disponibles y apertura (Qian, 2010).

Desde otra óptica, Peter Drucker citado por Boisier (1994), considera la posibilidad de que las universidades no sobrevivan al paso del siglo XXI, derivado entre otros aspectos, de la carencia de competencias que les permitan anticipar los cambios o responder rápidamente a ellos, a la gran cantidad de conocimiento en redes virtuales, al uso de entornos y plataformas virtuales, el empleo de portafolios y equipos distribuidos para realizar estudios a distancia.

Boisier (1994), plantea como fundamental el hecho de que las universidades deberán rediseñarse para cumplir sus funciones con “pertenencia” y “pertinencia”. En este nuevo contexto globalizado, “pertenencia” para fortalecer la presencia e identidad de la universidad, que al definir su sello de distinción, tuvo la capacidad de escuchar las necesidades de la comunidad, logrando con ello su respaldo social, económico y político. La “pertinencia”, como resultado de lograr la armonización de las funciones sustantivas de la universidad y las necesidades de corto y largo plazo de la localidad en la cual está inserta y a la cual pertenece socialmente.

Sin embargo, esta pertenencia y pertinencia debe considerar las tendencias del mercado laboral, de las profesiones, trabajos y empleos del futuro. Un ejercicio interesante en este sentido, fue realizado por el gobierno británico, quién contrató a la empresa Fast Future, consultora especializada en detectar tendencias y predecir el futuro, y cuya idea fundamental en este sentido fue externada por Gordon Brown (Primer Ministro británico) (Talwar, 2010):

Es una prioridad prepararse para la economía del futuro y asegurarse de

que nuestros jóvenes puedan aprovechar las oportunidades que traerá la ciencia y la tecnología ... La forma de los futuros puestos de trabajo será la oferta laboral para la próxima generación, e inspirará a los jóvenes a adquirir las habilidades y la formación necesaria para tener éxito...

Para elaborar el estudio se tuvieron en cuenta las proyecciones demográficas y climáticas de la sociedad de 2030, fecha en la que se considera que la población mundial llegará a 8 300 millones, la demanda de alimentos crecerá un 50%, la del agua un 30%, China e India serán líderes mundiales, habrá televisión en 3D y la tecnología será el centro de nuestras vidas. Las 20 nuevas profesiones emergentes, están ampliamente relacionadas con los avances en ciencia y tecnología en el periodo de 2010 – 2030, se considera que se desarrollarán en un futuro inmediato y fueron seleccionadas y analizadas por 468 miembros de la APF (*Association of Professional Futurists*), integrada por 20 000 profesionales de todo el mundo, gran parte de ellos especializados e influyentes en alguna rama científica o tecnológica (Talwar y Hancock, 2010), y son: Fabricante de partes del cuerpo, nanomédico, granjero de cultivos y ganado genéticamente modificado, consultor especialista/administrador en bienestar de la tercera edad, cirujano de aumento de memoria, experto en ética de la nueva ciencia, pilotos, arquitectos y guías turísticos espaciales, granjero vertical, especialista en reversión del cambio climático, ejecutor de cuarentenas, policía del cambio climático, abogado virtual, profesor virtual (controlador/administrador de avatares educativos), desarrollador de vehículos alternativos, experto en publicidad selectiva, administrador de información a desechar, organizador virtual, banquero/inversor de tiempo, organizador de actividad virtuales, trabajador social en la red, gestores de marca personal.

Los planeadores de la educación superior en México y en Tamaulipas deberán considerar estas profesiones al rediseñar la currícula educativa de las IES de Tamaulipas. Ejercicios similares han sido realizados por universidades e instituciones europeas como el reportado por Hays y Oxford Economics (2011), que investigaron los cambios en el mundo laboral a partir del cambio tecnológico, las tendencias ecológicas y las nuevas formas de relacionamiento de las empresas con los gobiernos y las comunidades.

La migración del capital humano, principalmente de trabajadores altamente calificados, se estudia en un contexto internacional (Mosneaga y Winther, 2013). Los estudiantes internacionales, particularmente los estudiantes de posgrado, son considerados en la actualidad como migrantes deseables en países en desarrollo como Dinamarca, implementándose políticas que favorezcan la atracción de estos estudiantes por las habilidades que ellos implican y el consecuente desarrollo que ofrecen a los países que lo reciben (King y Raghuram, 2013; Mosneaga y Winther,

2013). En un contexto regional o estatal, los jóvenes que integran el capital humano potencial, migran a las ciudades más desarrolladas buscando incrementar su formación educativa para mejorar sus posibilidades de obtener mejores empleos y mejores salarios. En este sentido, en México se estima que una persona obtiene un incremento en su ingreso salarial de 4 a 5% por cada año de estudio. Así, un profesionista con título, puede ganar 150% más que una persona sin estudios, en tanto que la maestría y el doctorado le permitirían ganar 275 y 300% respectivamente con relación a una persona sin estudios (Varela-Llamas y Retamoza-López, 2012). Los trabajadores en ocupaciones tecnológicas reciben mejores salarios respecto al resto de las ocupaciones y el ingreso es mayor para quienes tienen estudios de preparatoria, profesional o posgrado (Rodríguez-Pérez y Castro-Lugo, 2012). El nivel de escolaridad impacta más en el salario de las mujeres que en el de los varones. El ingreso de una mujer con formación académica es inferior con relación al de los varones con el mismo nivel académico y se incrementa en promedio en un 40% con primaria completa, 86% con secundaria completa, 108% con estudios medios superiores, 161% con educación superior completa y 194% con posgrado. En el caso de los varones el incremento es de 24% con primaria completa, 46% con secundaria completa, 73% con estudios medios superiores, 124% con educación superior completa y 163% con posgrado (Urciaga-García y Almendarez-Hernández, 2008).

Fortalecer los procesos de aprendizaje, educación y desarrollo de competencias, implica una clara comprensión y apropiación de los nuevos códigos de la globalización, donde los esquemas tradicionales de la universidad no son pertinentes bajo el contexto de los nuevos y complejos tipos de aprendizaje requeridos para transitar con éxito en la compleja red mundial de países, regiones, empresas que sustentan el crecimiento económico (Boisier, 1994).

En México, existen pocos estudios que muestren la distribución del capital humano en el entorno regional, en el interior de las diferentes entidades federativas y su asociación con la presencia de Instituciones de Educación Superior, el crecimiento urbano y el desarrollo regional. Este tipo de estudios permiten recopilar información desde el entorno local, que apoyen a las instancias gubernamentales en el diseño de programas de desarrollo integral. En este sentido, Tamaulipas es un estado fronterizo ubicado en el Noreste de México que comparte una larga frontera con el estado de Texas, Estados Unidos. Tiene una población de 3 268 554 de habitantes, lo que la hace ser la décimo tercer entidad más poblada del país (INEGI, 2016). La población de 15 años o más tiene un nivel promedio de escolaridad de 9.2 años, por encima de la media nacional que es de 8.8 años y la tasa de analfabetismo para este sector poblacional es de 3.3, por debajo de la media nacional que es de 6.4 (SEP, 2012). El objetivo de este estudio fue analizar la dispersión del

capital humano con nivel profesional en el estado de Tamaulipas, en función de la densidad poblacional y la distribución de las Instituciones de Educación Superior; asociando este fenómeno con el impacto en el crecimiento urbano y el desarrollo regional. Sin considerar el posgrado por la extensión de los resultados obtenidos.

Formación de capital humano en Tamaulipas

Tamaulipas tiene una población total de 3 268 554 habitantes, distribuida en 43 municipios (INEGI, 2016), agrupados administrativamente en 6 regiones (Figura 1). La ubicación geográfica de estas regiones ha tenido un desarrollo económico y social distinto. En el presente trabajo este fenómeno se abordará con un enfoque primario en la importancia que la presencia de Instituciones Educativas a ha tenido en su crecimiento y desarrollo.



Figura 1. Mapa de Tamaulipas indicando las regiones y municipios que lo integran. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de PEE: 2011-2016.

Distribución de la población

La distribución de la población en el estado no es homogénea, como puede observarse en la Figura 2A. Los municipios con mayor nivel de población son, en orden decreciente: Reynosa (608 891 habitantes), Matamoros (489 193) y Nuevo Laredo (384 033) en la región fronteriza; Victoria (321 953) en la región centro; Tampico (297 554), Altamira (212 001) y Madero (197 216) en la región sur. En estos siete municipios habita el 76.81% de la población del estado.

La región fronteriza (desde Laredo hasta Matamoros) concentra el 52.94% de la población del estado. En esta región, los municipios de Reynosa, Río Bravo, Valle Hermoso y Matamoros, ubicados en el noreste del estado, concentran el 39.14% de la población estatal (Figura 2A). En tanto que dentro de la región sur, en la denominada zona conurbada Tampico-Madero-Altamira, habita el 21.62% de la población.

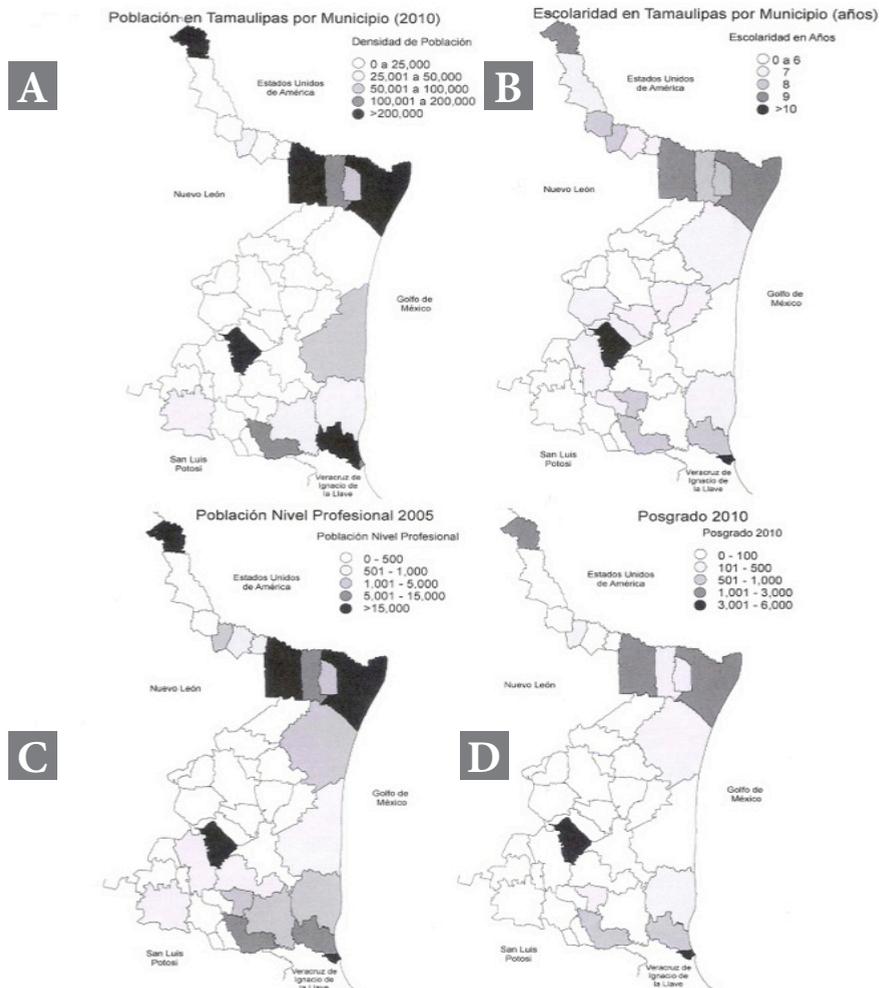


Figura 2. Mapa de Tamaulipas indicando: (A) la densidad de población por municipio; (B) el nivel de escolaridad por municipio; (C) la distribución de la población con nivel profesional por municipio; la densidad de programas de licenciatura que se imparten por municipio (D) (Fuente: elaboración propia a partir de los datos de inegi (2016)).

La concentración de la población en regiones y municipios específicos, está influenciada por diferentes factores, entre los que destacan la disponibilidad de empleo, el salario en la zona, la presencia de instituciones de educación superior, los servicios disponibles y el desarrollo económico en general de la región (Qian, 2010). En el presente estudio, se encontró que en Tamaulipas existió una correlación positiva ($R^2 = 0.862$), entre el ingreso reportado por los municipios y el número de habitantes que lo habitan (Figura 3). El ingreso de los municipios es una variable económica indirecta que señala la economía de la región (inegi, 2016), la cual a su vez es una variable que influye en la migración poblacional. La limitación de la variable ingreso por municipio, para explicar la migración de la población, puede observarse en la Figura 3, en donde se aprecia que Nuevo Laredo es el municipio con mayor ingresos reportados, pero no es el que tiene el mayor número de habitantes.

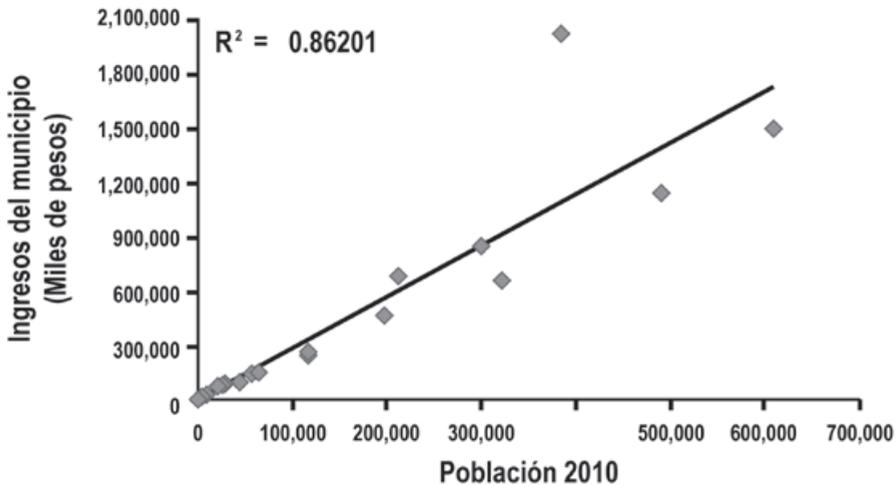


Figura 3. Asociación entre el número de habitantes y el ingreso reportado por municipio. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de INEGI (2016).

Distribución del capital humano

El capital humano es de gran importancia para el desarrollo económico de las regiones y municipios y se forma a través de los sistemas escolarizados o la capacitación técnica en el trabajo (Lucas, 1988; Storper y Scott, 2009). En el presente estudio se evaluó el nivel promedio de escolaridad y el número de profesionistas por municipio como indicadores de su capital humano. Es importante señalar que se reporta el número de profesionistas que habitaban en 2005, por ser el último censo reportado por el INEGI (2016). También se evaluó el número de personas con posgrado (2010), pero su tendencia no fue muy diferente al de los profesionistas 2005, por lo que no se reporta este dato en el presente estudio. La tasa de personas

con posgrado varió de 0 a 2% dependiendo de las ciudades, con una tendencia de la distribución de profesionistas.

Tamaulipas es un estado con alto nivel educativo en su población en general. La tasa de analfabetismo de la población de 15 años ó más es de 3.61, por debajo de la media nacional que es de 6.88, ubicando al estado en el vigésimo cuarto lugar del país. El nivel promedio de escolaridad para este sector poblacional es de 9.1 años, por encima de la media nacional, que es de 8.6 años, ocupando el noveno lugar (INEGI, 2016). Sin embargo, como puede observarse en la Figura 2B, la distribución del nivel de escolaridad de la población en el estado no es homogénea. Los municipios con mayor nivel de escolaridad (superior a 10), en orden decreciente fueron: Victoria en la región centro, Tampico y Madero en la región sur. Los municipios de Matamoros, Laredo y Reynosa, ubicados en la región fronteriza, presentaron niveles de escolaridad de 9 o superior. Estos seis municipios fueron los que presentaron el mayor nivel de escolaridad y al mismo tiempo la mayor tasa de población. Los municipios de Altamira y El Mante presentaron un nivel de escolaridad promedio por encima de la media nacional (8.6 años). Por otro lado, 35 de los 43 municipios del estado presentaron un promedio de escolaridad inferior a la media nacional (5.3 a 8.4 años).

El análisis de la relación existente entre el número de habitantes y el nivel de escolaridad promedio de los municipios se muestra en la Figura 4. Se puede observar que no existió correlación entre ambas variables ($R^2 = 0.498$). Sin embargo, en los municipios con población cercana o superior a los 200 000 habitantes el nivel de escolaridad promedio fue superior a 8.6 que es el promedio de escolaridad nacional.

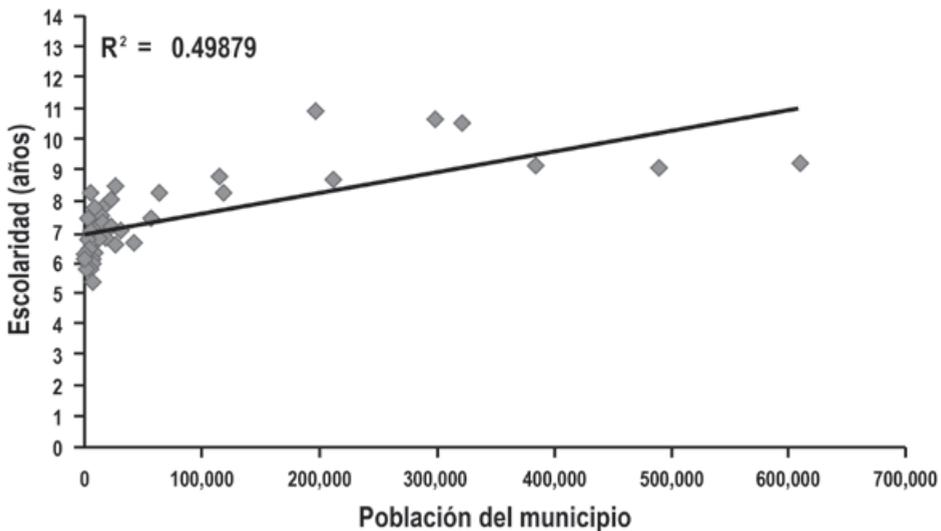
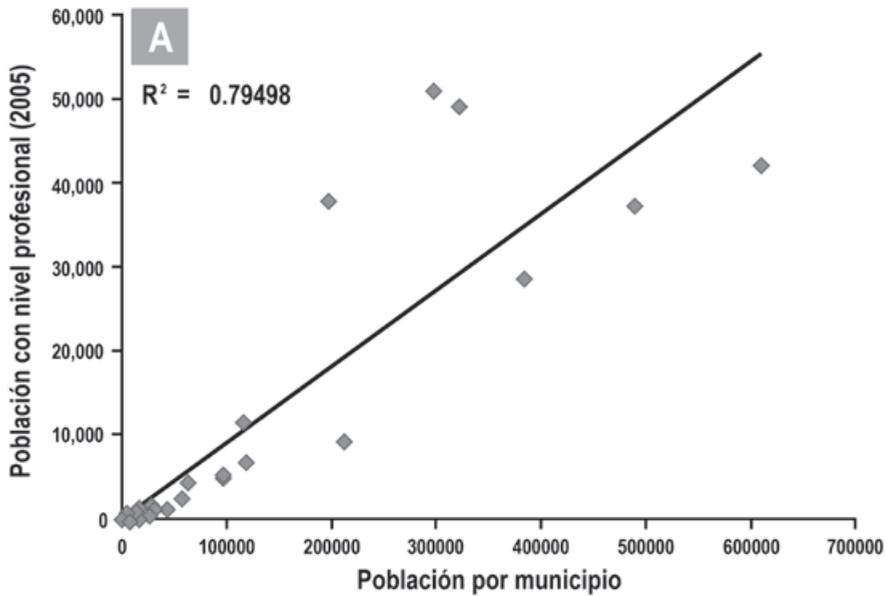


Figura 4. Asociación entre el número de habitantes y el nivel de escolaridad promedio por municipio. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de INEGI (2013).

En 2005, Tamaulipas contaba con 292 296 habitantes con nivel profesional (INEGI, 2016). El análisis de esta población mostró una correlación positiva ($R^2 = 0.795$), entre el número de habitantes y el número de profesionistas por municipio (Figura 5A). En general, al incrementar el número de habitantes por municipio, aumentó el número de profesionistas. Sin embargo, al analizar el porcentaje de profesionistas por municipio, no se encontró una relación directa entre ambas variables ($R^2 = 0.336$) (Figura 5B), lo que indica que existen otros factores, adicionales al tamaño de la población, influyendo en el número de profesionales que habitan en un municipio o ciudad. La dispersión de la población con formación profesional en el estado se muestra en la Figura 2C. Es posible observar que la población con nivel profesional se encuentra principalmente en las regiones Norte, Sur, Centro y El Mante. También se aprecia que los municipios costeros tienen en general un alto número de profesionistas, aunque no se analizó la causa de esta tendencia.



continúa en la siguiente página...

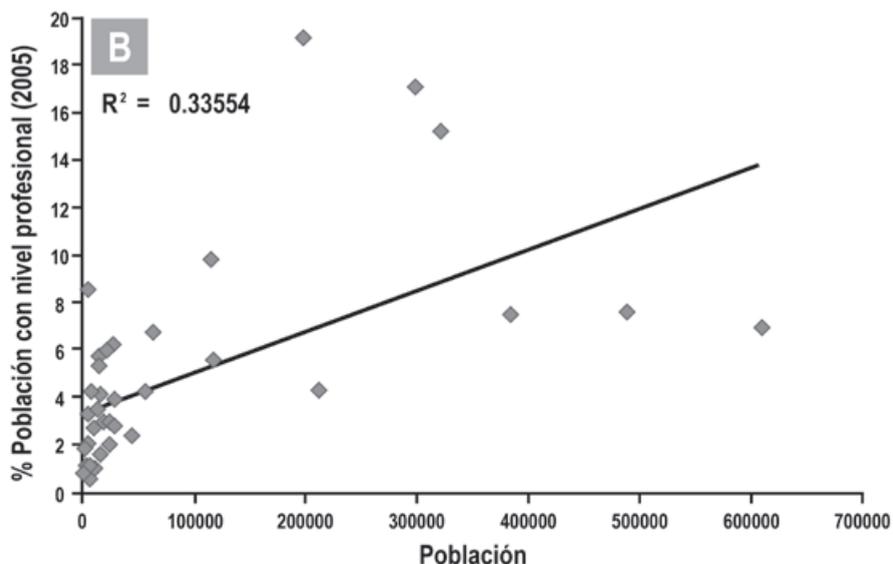


Figura 5. Asociación entre el número de habitantes y el nivel de escolaridad promedio por municipio. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de INEGI (2016).

Los municipios de Tampico, Madero y Victoria presentaron los valores más altos con relación al número y porcentaje de profesionistas, coincidiendo con los valores más altos de escolaridad promedio del estado. Entre los factores que podrían estar influenciando estas tendencias podría considerarse la demanda de profesionistas para la industria petroquímica en el sur del estado y la demanda existente para atender las funciones de gobierno estatal establecido en Victoria en el centro del estado. Un estudio realizado en México, asociando el nivel académico con respecto al ingreso recibido por personas asalariadas, mostró que en general, las personas que laboran en empresas ubicadas en las ciudades de mayor desarrollo relativo, como Tijuana y las ubicadas en la línea de la frontera norte perciben mejores salarios. En contraste, los asalariados que residen en ciudades con desarrollo relativo menor y alejadas de la frontera, reciben ingresos más bajos. El patrón entre el desarrollo de capacidades y habilidades para el trabajo y el ingreso, es similar al de la evidencia empírica proporcionada por la evidencia internacional. Esto es, a mayor preparación mejor salario. Destaca por ejemplo, que Tijuana presenta los menores ingresos, mientras que Tampico y Ciudad Victoria registraron los mayores ingresos, asociados con el nivel de escolaridad (Urciaga-García y Almendarez-Hernández, 2008). También es importante considerar la existencia de los centros universitarios Tampico-Madero y Victoria de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, y

de los Institutos Tecnológicos de Cd Madero y Cd Victoria; todos ellos con muchos años de funcionamiento en el estado. En estas ciudades existe una elevada oferta de programas de licenciatura (Cuadro 1). En esta región existen diferentes posibilidades educativas que son percibidas por los jóvenes de forma diferente en cuanto a la calidad de su oferta académica. El Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, se percibe como una institución pública económica que permite oportunidades para desarrollarse en el área de investigación, en tanto que la Universidad Autónoma de Tamaulipas es considerada por lo jóvenes como una institución que ofrece una buena relación calidad-precio. Estas dos instituciones son la primera selección para los estudiantes, principalmente por el bajo costo. Ambas IES, junto con el Instituto de Ciencias y Estudios Superiores de Tamaulipas, son consideradas las que ofrecen mayor diversidad de carreras a cursar. Por otra parte, los jóvenes consideran al Instituto de Estudios Superiores de Tamaulipas, el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey y la Universidad del Noreste, como las instituciones con mayor calidad educativa, con oportunidades de intercambio internacional y buenas oportunidades para desarrollarse en investigación. Este grupo también es percibido como el más cercano a las oportunidades de empleo al término de los estudios (Miranda-Treviño, 2005).

En la región fronteriza, se ubican los tres municipios con mayor densidad de población: Reynosa, Matamoros y Nuevo Laredo (Figura 1). Estos municipios, densamente poblados (Figura 2A), no presentaron los valores más altos con relación a nivel de escolaridad promedio (Figura 2B y 4). Estos municipios presentaron el mayor número de habitantes con escolaridad de profesional, en una asociación directa con el número de habitantes que habitan en ellos. Sin embargo, al analizar el porcentaje de profesionistas que habitan en cada ciudad, con relación a la densidad poblacional, observamos que no existe una asociación directa para estos tres municipios que presentan porcentajes inferiores al esperado (Figura 5B). Esta tendencia sugiere, que en el crecimiento poblacional de estos municipios, existieron factores externos que provocaron que la población presentara menor escolaridad en general. Entre los factores que podrían estar influyendo en esta tendencia, destaca la presencia de un importante número de empresas maquiladoras, que atraen un número considerable de obreros para sus líneas de producción, superior al de los profesionistas que contratan. No obstante que en estas ciudades se imparte un número importante de programas a nivel licenciatura (Cuadro 1).

Cuadro 1. Programas de licenciatura que se imparten por región, municipio y área del conocimiento.

Región	Municipio	Educación	Artes	Ciencias Sociales	Ciencias Naturales, Exactas y de la Computación	Ingeniería, Tecnología y Construcción	Agronomía y Veterinaria	Salud	Servicios	Total
Fronteriza	Nuevo Laredo	5	17	46	3	25	1	14	1	112
	Guerrero							1		1
	Miguel Alemán	2		2	2	6				12
	Reynosa	18	28	92	20	56	1	23		238
	Río Bravo	1	2	30	6	11				50
	Matamoros	13	40	89	9	39	1	15	1	207
	Valle Hermoso		1	14	3	2				20
San Fernando	San Fernando	1	1	6		4			12	
Centro	Victoria	10	24	54	8	28	3	18	2	147
	Güémez	1								1
	Jaumave	2								2
	Soto la Marina			1	1					2
El Mante	Mante	1	17	23	3	16	2	9		71
Sur	Altamira		3	16	5	17	1			42
	Madero	23		7	2	7		2		41
	Tampico	9	31	80	8	32	2	19	1	182
Total		86	164	460	70	243	11	101	5	1140

Fuente: Elaboración propia. Con información de COEPES, ANUIES, FIMPES e instituciones.

La industria maquiladora durante el periodo de 1998 a 2001 mostró un salario mas variable para las personas con talento (formación académica o talento creativo), pero menos flexible para personal sin capacitación laboral. Estas empresas presentaron en ese periodo, una tendencia a entrenar a sus trabajadores no calificados para reemplazar trabajadores calificados, a bajo costo para la empresa. Además, las empresas presentaron una tendencia a sustituir la mano de obra calificada, con mayor facilidad en los procesos de capital más intensivos, que requieren menos

mano de obra calificada en la producción (Atkinson e Ibarra, 2007). La fluctuación en la estabilidad del sector maquilador obliga a reconsiderar una economía regional basada en salarios bajos o en la compensación salarial para personal capacitado para trabajos específicos, sin desarrollar en el personal talento creativo o formación académica general. Es necesario centrarse en el capital humano como un componente importante de un crecimiento permanente de las regiones (Samstad y Pipkin, 2005).

La migración ha sido una de las principales causas del crecimiento demográfico en la frontera norte de México. Se estima que el 6.5% de la población que migró a la región fronteriza de Tamaulipas lo hizo durante el periodo 2000-2005. Los porcentajes de migración mas elevados se dieron en los municipios fronterizos de Reynosa (10%), Nuevo Laredo (7%) y Camargo (5%). Este fenómeno migratorio se asocia con el crecimiento económico y oferta laboral. La región fronteriza de Tamaulipas concentra cerca del 80% del empleo manufacturero y alrededor del 50% de la producción manufacturera estatal. En Reynosa, el empleo y la productividad manufacturera crecieron 43 y 82 por ciento, respectivamente, durante 1998-2003. En tanto que en el periodo 2002-2006 se incrementó un 41% el personal ocupado y el valor agregado de la industria maquiladora. En este sentido el 92.5% del empleo maquilador, y 94.2% del valor agregado se concentraron en Matamoros, Nuevo Laredo y Reynosa durante 2006 (Ibarra-Salazar y Sotres Cervantes, 2009).

Los resultados mostrados indican que las ciudades con mayor población parecen ejercer de manera natural, lo que en el contexto internacional se empieza a reportar como “la migración del talento” (King y Raghuram, 2013; Mosneaga, y Winther, 2013). Esta migración de talento al interior de las entidades federativas debe ser atendida, mediante el desarrollo de programas y acciones que permitan a los municipios con menor población atraer o retener a su población creativa, elevando con ello la posibilidad del desarrollo de actividades de emprendimiento e innovación, de la misma forma que organismos federales como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y el Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) de la Secretaría de Educación Pública, han emprendido desde hace años el programa de formación de talento en el extranjero, acompañado con programas de retención y repatriación para evitar la migración al extranjero de capital humano.

Capacidad de formación de capital humano

En el estado, la población en edad laboral, de 15 a 64 años, representa el 65.3% de la población total, lo que equivale a 2 134 365 habitantes. El 21% de este sector de la población, es decir poco mas de 440 000 habitantes, ha concluido la educación media superior y es la población que potencialmente demandará estudios profesio-

nales (INEGI, 2016). Esta población es la que potencialmente requiere ser atendida para realizar estudios universitarios y de posgrado. A este respecto, la Secretaría de Educación Pública reportó que en el ciclo escolar 2011-2012, la matrícula de licenciatura en Tamaulipas fue de 93,746 alumnos, de los cuales el 52.17% fueron hombres y el 47.83% mujeres (SEP, 2012).

La demanda de educación universitaria en Tamaulipas es atendida por 77 Instituciones de Educación Universitaria (IES) (Cuadro 2), de acuerdo con el registro de la Comisión Estatal para la Planeación de la Educación Superior (COEPES, 2013). El 38.96% son IES públicas y el 61.04% son IES particulares.

Cuadro 2. Subsistemas educativos que ofertan programas de licenciatura

Subsistema	No. de IES
IES Públicas	30
• Institutos Tecnológicos	7
• Universidad Pedagógica Nacional	5
• Escuela Náutica Mercante “Capitán de Altura Luis Gonzaga Priego González” de Tampico	1
• Universidades Politécnicas	3
• Universidades Tecnológicas	5
• Universidades Públicas	1
• Escuelas Normales	7
• Colegio San Juan del Siglo XXI	1
IES Particulares	47
Total	77

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de COEPES Tamaulipas. Fecha de Consulta 29 de Marzo 2013.

En conjunto, las 77 IES ofertan 1 140 programas de licenciatura en las diferentes áreas del conocimiento (Cuadro3), de los cuales 81 están acreditados por diversas agencias: 39 de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, 21 de los 5 institutos tecnológicos públicos, 21 de Universidades Particulares, (Instituto de Estudios Superiores de Tamaulipas, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Universidad del Noreste, Universidad Valle de Bravo). También existen 23 programas de licenciatura dictaminados como Nivel 1 por los CIEES, ubicados en cuatro instituciones: 15 en la Universidad Autónoma de Tamaulipas, evaluados entre 2000 al 2007, 4 en el Instituto Tecnológico de Matamoros en 2007 y 2012, 2 en la Benemérita Escuela Normal Federalizada de Tamaulipas en 2010 y 2 de la Universidad Politécnica de Victoria en 2012.

Cuadro 3. Áreas del conocimiento de los programas de licenciatura que se ofertan en Tamaulipas por tipo de IES

	IES Públicas	IES Particulares	Total
Educación	19	67	86
Artes	24	140	164
Ciencias Sociales	45	415	460
Ciencias Naturales, Exactas y Computación	16	54	70
Ingeniería, Tecnología y Construcción	82	161	243
Agronomía y Veterinaria	4	7	11
Salud	12	89	101
Servicios	0	5	5
Total	202	938	1140

Fuente: Elaboración propia. Con información de COEPES, ANUIES, FIMPES e instituciones.

Las IES públicas ofertan el 17.72% de los programas de licenciatura y las IES privadas el 82.28%. Las principales áreas atendidas en el estado son: Ciencias sociales (40.35%), Ingeniería, Tecnología y Construcción (21.32%) y Artes (14.39%), lo que representa el 76.05% de la oferta educativa. Es interesante observar que el porcentaje de oferta por área del conocimiento es diferente para cada tipo de institución educativa. En las IES públicas los programas de licenciatura del área de Ingeniería, Tecnología y Construcción representan el 40.59% y los programas del área de Ciencias Sociales el 22.28%; en tanto que en las IES particulares los programas del área de Ciencias Sociales representan el 44.24% y los de Ingeniería, Tecnología y Construcción el 17.16%. Los programas de artes representan el 11.88% en las IES públicas y el 14.93% en las IES privadas.

La distribución de la oferta educativa tanto en el estado como en análisis de las seis zonas económicas en las que se divide Tamaulipas, no permite apreciar su “pertinencia” con la vocaciones definidas en el Plan Estatal de Desarrollo, ni identificar una estrategia hacia la construcción de una especialización inteligente.

La vocación de la zona norte se encuentra definida hacia “el desarrollo logístico para el comercio exterior, industria generadora de energía eléctrica, hidroeléctrica de la presa internacional Falcón, industria maquiladora especializada en el sector eléctrico- electrónico, industrias de autopartes automotrices y la aeroespacial”, mientras que el 42.66% de sus programas se ubican en área de Ciencias Sociales, y sólo el 21.73% en Ingeniería, Tecnología y Construcción (Figura 9).

La vocación estatal del Valle de San Fernando, se encuentra orientada por “la cuenca de Burgos”, localizada en el valle de San Fernando. Esta región interestatal con Nuevo León y Coahuila genera uno de cada cinco metros cúbicos de gas natural en el país”. Sin embargo, la oferta educativa de la región se concentra en un 50% en Ciencias Sociales y sólo un 33.33% en Ingeniería, Tecnología y Construcción (Figura 6).

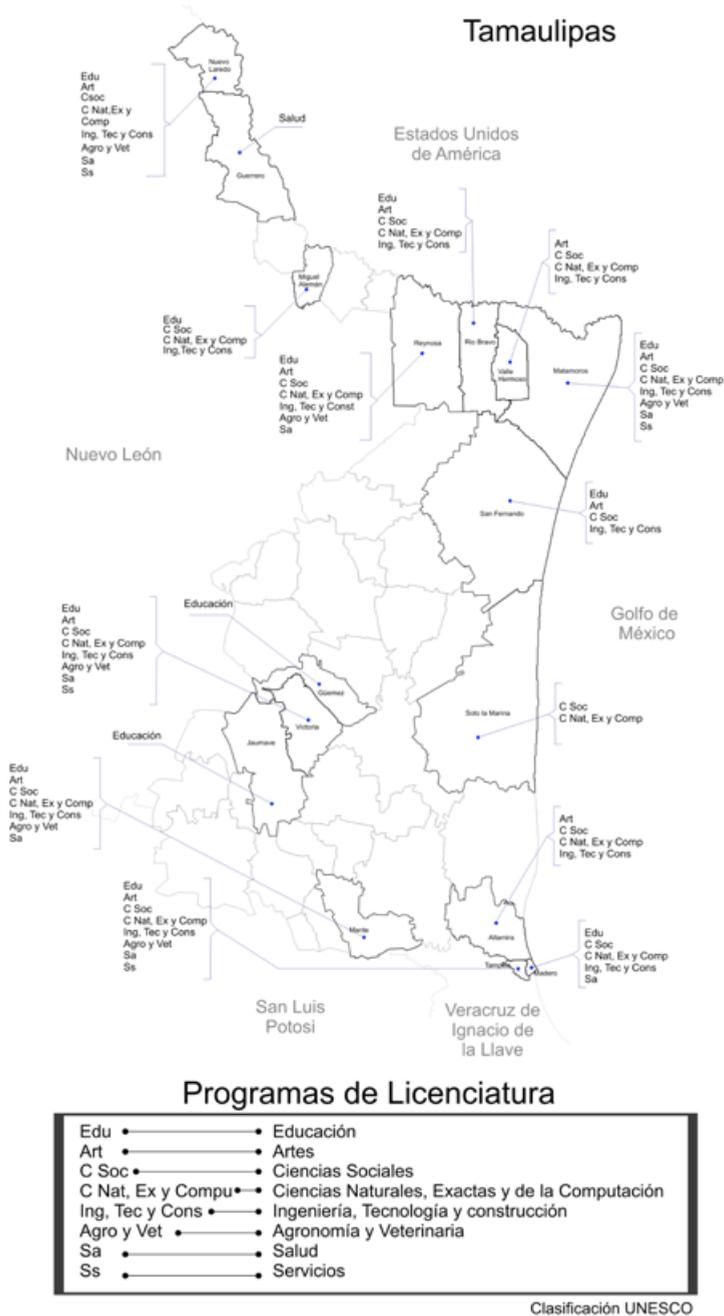


Figura 6. Mapa de Tamaulipas indicando la distribución de los programas de licenciatura que se imparten por municipio. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de INEGI (2016)

En la zona centro del estado, la vocación estatal se encuentra orientada hacia “actividades predominantemente agropecuarias, de servicios y comercio y la industria de la economía basada en el conocimiento, con empresas desarrolladoras y operadoras de tecnologías de información y el sector educativo”, en tanto que la fortaleza de su oferta educativa se concentra en el área de ciencias sociales con un 36.67%, e ingeniería, tecnología y construcción en un 18.67%.

Para la zona del altiplano se han definido como vocación básica las “actividades productivas orientadas a la agroindustria, agricultura y la ganadería”, pero la oferta educativa instalada en la zona está dirigida en un 100% hacia la formación de profesores de educación básica.

La vocación de la zona de El Mante ha sido definida como un enclave de la actividad agropecuaria, con mayor enfoque hacia la producción cañera, además de actividades agropecuarias, de servicios y comercio. Más del 50% de su oferta educativa se ubica en las áreas de Ciencias Sociales (32.4%) y Artes y Humanidades (23.94%), respectivamente y solo el 22.53% en Ingeniería, Tecnología y Construcción.

En la zona sur del estado, la integración de sus vocaciones comprende desde “actividades de manufactura, servicios, comercio, agroindustriales y agropecuaria, industria consolidada de refinación de hidrocarburos, industria petroquímica, desarrollo portuario y servicios comerciales, financieros y educativos”, pero sus programas educativos de licenciatura sólo muestran un 22.26% en armonización directa con la vocación definida.

La concentración de los programas en Tamaulipas con un 40.35% en Ciencias Sociales, 21.32% en Ingeniería, Tecnología y Construcción, 14.39% en Artes y Humanidades, 8.9% en Salud, 7.54% Educación, 6.14% Ciencias Naturales, Exactas y de la Computación, 0.96% Agronomía y Veterinaria, 0.45% Servicios, indica que existe una débil armonización entre las vocaciones, la especialización inteligente y la contribución de la oferta educativa.

En la Figura 2D, puede observarse que los programas de licenciatura se concentran en 16 de los 43 municipios del estado. Esto implica que en 27 municipios se presenta el fenómeno de migración del talento, en donde los jóvenes que tienen interés, capacidad u oportunidad para formarse académicamente, mediante una carrera profesional, deberán migrar a alguna de las grandes ciudades, con pocas probabilidades de regresar a su ciudad de origen una vez concluidos sus estudios, de acuerdo con lo mostrado en la Figura 2B. Estos municipios son precisamente aquellos que están alejados de los municipios que concentran los centros educativos y las grandes empresas generadores de empleos.

La formación universitaria es un factor importante en el desarrollo regional y local por las interacciones de sus estudiantes, profesores, administradores, servicios

que demanda, su rol de empleador y de formador de capital humano. Sin embargo este proceso influye y es influido por el entorno (Felsenstein, 1996), es por ello que debe considerarse como una de las principales determinantes en la construcción de capacidades para la adopción y/o adaptación de las tecnologías (Intarakumnerd y Chaminade, 2007; Chaminade *et al.*, 2009). Los resultados obtenidos en el presente estudio señalan que la presencia de IES públicas o privadas, es un factor determinante para el desarrollo de los municipios y las regiones en el interior de cada entidad federativa. La formación del talento humano, la competitividad de las empresas locales y la satisfacción de las necesidades sociales, está en función del andamiaje del sistema educativo en general. Es por ello que, la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) recomienda dar prioridad a la formación de profesionistas, sobre el desarrollo de la capacidad de investigación avanzada en las regiones en los que los sistemas de innovación pueden ser considerados como emergentes (Vang *et al.*, 2007).

También es importante la existencia de un sistema educativo diversificado, orientado al desarrollo y construcción de las capacidades para el aprendizaje interactivo, por lo que deben existir escuelas técnicas e institutos tecnológicos, enfocados en la educación para el trabajo (Brundenius *et al.*, 2009). A este respecto, en Tamaulipas existe una gran diversificación en las IES que permiten la formación del talento humano (Cuadro 2), así como en la oferta educativa (Cuadro 3).

Es determinante que las instancias educativas estatales y federales participen de manera mas directa en la formación, retención y atracción del capital humano para cada una de las regiones al interior de los estados, para evitar la migración del talento que actualmente se observa y que frena el desarrollo regional. La OCDE (2007) señala que el compromiso de las IES por el desarrollo regional, difiere en cada región, dentro de la misma región e incluso al interior de una misma IES, y que la mayoría de los esfuerzos de involucramiento responden a proyectos individuales más que a estrategias institucionales y que son pocas las que han diseñado estrategias claramente direccionadas para definir su contribución a la competitividad y al desarrollo.

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 1995), reconoce desde hace más de 15 años, que existen tres elementos fundamentales de la educación en este nuevo contexto: pertinencia, calidad e internacionalización; se espera que la educación superior produzca egresados que no sólo puedan ser buscadores de trabajo, sino también empresarios de éxito y creadores de empleos. Buarque, citado por (Tunnermann, 2007) señala: “Más de ocho siglos después de su fundación, la Universidad se encuentra en medio de una revolución tecnológica, en un mundo dividido, necesitando ahora hacer su propia

revolución. Por lo menos siete vectores deberán orientar esta revolución: Universidad dinámica, Universidad unificada, Universidad para todos, Universidad abierta, Universidad tridimensional, Universidad sistemática, Universidad sustentable”

El proyecto Tuning en América Latina, señala la importancia de las titulaciones atractivas y pertinentes, metodologías robustas para diseño de programas competitivos, estructuras de interface para la integración del estudiante con el mundo laboral, la participación institucional en el debate internacional como elementos fundamentales para el crecimiento, el sistema de análisis para anticipar profesiones emergentes en la sociedad y las competencias que se requieren, de un modelo de innovación social universitaria con las dimensiones y las competencias necesarias para su evaluación (Wagenaar, 2012).

J. R. Gas (citado por Bernheim, 1993) señala que “el cambio creativo de la enseñanza universitaria y la investigación exige, cada vez con mayor fuerza, un acercamiento a la enseñanza interdisciplinaria. Esto no plantea la necesaria destrucción de la enseñanza organizada por disciplinas, sino de enseñar éstas en función de sus relaciones dinámicas con otras disciplinas y con los problemas de la sociedad. El creciente costo social que representa la extrema especialización del conocimiento justificaría, por sí misma, esta concepción. La interdisciplinariedad no es una panacea que asegure por sí sola la evolución de las universidades; es un punto de vista que permite una reflexión profunda, crítica y saludable sobre el funcionamiento de la institución universitaria”.

La OCDE, define y promueve no solo la educación, sino el desarrollo de competencias consideradas esenciales para la vida de las personas y el buen funcionamiento de la sociedad. Plantea que estas competencias comprenden las habilidades para abordar demandas complejas, movilizandolos recursos psicosociales (incluyendo destrezas y actitudes) en contextos específicos, e incluyen en su logro objetivos y competencias individuales y colectivas (OCDE, 2006). Identifica tres categorías de competencias clave: (1) Competencias que permiten dominar los instrumentos socioculturales necesarios para interactuar con el conocimiento, tales como el lenguaje, símbolos y números, información y conocimiento previo, así como también con instrumentos físicos como las computadoras; (2) Competencias que permiten interactuar en grupos heterogéneos, tales como relacionarse bien con otros, cooperar y trabajar en equipo, y administrar y resolver conflictos; (3) Competencias que permiten actuar autónomamente, como comprender el contexto en que se actúa y decide, crear y administrar planes de vida y proyectos personales, y defender y afirmar los propios derechos, intereses, necesidades y límites.

Una estrategia educativa que en la última década se ha fortalecido y extendido en Tamaulipas, es el modelo de educación a distancia, en el que participan con

diferentes variantes la Universidad Autónoma de Tamaulipas y el Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. No obstante, no se ha evaluado el impacto que estos programas han tenido en la formación y retención del capital humano.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio señalan que la presencia de las Instituciones de Educación Superior públicas y privadas está asociada con la densidad de población y ejerce un efecto importante en el desarrollo de las regiones, elevando el nivel académico promedio de los municipios en donde se establecen, el número de profesionistas establecidos y de acuerdo con la literatura científica el emprendimiento y la innovación tecnológica. Sin embargo también favorecen la migración del talento de los municipios cercanos que ven a sus jóvenes partir para formarse académica y encontrar mejores oportunidades laborales. Es necesario que en el interior de las entidades federativas se desarrollen acciones para retener y atraer el capital humano hacia las diferentes regiones que muestran rezago en su desarrollo económico. Las preguntas serían: ¿Cómo se trasladan los movimientos internacionales a la oferta educativa en Tamaulipas? ¿Cómo lograr que este traslado se refleje de forma más equitativa en todas las regiones del estado impactando favorablemente en su desarrollo? Resulta importante señalar que la oferta de educación superior de las IES tanto públicas como privadas en Tamaulipas, está anclada a carreras tradicionales, como abogado, contaduría pública, administración, educación, economía, medicina, no logrando aún transitar hacia aquellas carreras asociadas con la ciencia y la tecnología, que respondan las demandas actuales y futuras de la población.

REFERENCIAS

- ANUIES (2012), Catálogo de programas de licenciatura y posgrado instituciones afiliadas a la ANUIES 2012. Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior. <http://www.anui.es.mx/content.php?varSeccionID=142> (consulta: mayo 16, 2013).
- Atkinson, Scott E., y Marilyn Ibarra (2007). “The Effect of Mexican Migration of Labor and Capital on the Mexican Maquiladora Labor Market”.
- Audretsch, David B., Marcel Hülsbeck, y Erick E. Lehmann (2012), “Regional competitiveness, university spillovers, and entrepreneurial activity”, *Small Business Economy*, vol 39, núm 3, pp. 587-601.

- Tünnermann C. (2003). “La Universidad Latinoamericana ante los retos del siglo XXI”, Unión de Universidades de América Latina, A. C. (UDUAL), México.
- Bramwell, Allison, y David A. Wolfe (2008), “Universities and regional economic development: The entrepreneurial University of Waterloo”, *Research Policy*, vol 37, núm 8, pp. 1175-1187.
- Boisier, S. (1994): Universidad, desarrollo regional e inteligencia social, *EURE*, vol. 20, No 60, Santiago de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile
- Brundenius, Claes, Bengt-Åke Lundvall, y Judith Sutz (2009), “The role of universities in innovation systems in developing countries: developmental university systems—empirical, analytical and normative perspectives, en Bengt-Åke Lundvall, K. J. Joseph, Cristina Chaminade, y Jan Vang (eds), “Handbook of Innovation Systems and Developing Countries: Building Domestic Capabilities in a Global Setting, Edward Elgar Publishing, Reino Unido, pp. 311-336.
- Chaminade, Cristina, Bengt-Åke Lundvall, Jan Vang, & K. J. Joseph (2009), “Designing innovation policies for development: towards a systemic experimentation-based approach, en Bengt-Åke Lundvall, K. J. Joseph, Cristina Chaminade, y Jan Vang (eds), “Handbook of Innovation Systems and Developing Countries: Building Domestic Capabilities in a Global Setting, Edward Elgar Publishing, Reino Unido, pp. 360-379.
- CIEES (2013). “Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior, A. C.”, en: <http://www.ciees.edu.mx/ciees/inicio.php> (consulta: Abril 6, 2013).
- COEPES (2013). “Instituciones de Educación Superior”, portal electrónico de la Comisión Estatal para la Educación Superior, Tamaulipas, en: http://coepes.tamaulipas.gob.mx/educacion_superior/escuelas/mapa.htm, (consulta: febrero 24, 2013).
- del Castillo, Jaime, Jonatan Paton (2013), “Las estrategias regionales de innovación y especialización inteligente (RIS3), nueva etapa de la política regional europea en el apoyo a la innovación empresarial”, P3T, *Journal of Public Policies and Territories*, vol, 2, núm 4, pp. 17-23.
- Felsenstein, Daniel (1996), “The university in the metropolitan arena: impacts and public policy implications”, *Urban Studies*, vol 33, núm. 9, pp. 1565-1580.
- FIMPES (2013), “Federación de Instituciones Mexicanas Particulares de Educación Superior, A.C.”, en: <http://www.fimpes.org.mx>, (consulta: marzo 28, 2013).

- HAYS y Oxford Economics (2011), “La creación de puestos de trabajo en una economía global 2011-2030”, en http://www.hays.com.mx/prd_consump/groups/hays_common/@mx/@content/documents/digitalasset/hays_503641.pdf, (consulta: septiembre 22, 2013)
- Ibarra Salazar, Jorge y Lida Sotres Cervantes (2009) “Determinantes de la recaudación del impuesto predial en Tamaulipas: Instituciones y zona frontera norte”. *Frontera Norte*, vol 21, núm 42, pp. 165-192 .
- INEGI (2016). “Página del Instituto Nacional de Geografía y Estadística. México en cifras, información por entidad federativa y municipios: Tamaulipas”. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=28>, (consulta: junio 25 de 2013).
- Intarakumnerd, Patarapong, Cristina Chaminade (2007), “Strategy vs practice in innovation systems policy: the case of Thailand”, *Asian Journal of Technology and Innovation*, vol. 15, núm 2, pp. 197-213.
- Takayama K 2013 *Journal of Curriculum Studies*, 2013. Abingdon, England: Routledge, Taylor y Francis, 2013. *Special issue: The end of schooling as we know it?* 0022-0272; 1366-5839 (online) pp. 67-80
- King, Russell, y Parvati Raghuram, (2013), “International student migration: mapping the field and new research agendas”. *Population, Space and Place*, vol 19, núm 2, pp. 127-137.
- Lucas Jr., Robert E. (1988), “On the mechanics of economic development”, *Journal of Monetary Economics*, vol. 22, núm1, pp. 3-42.
- Miranda-Treviño, Nélida (2005). “Las instituciones educativas de nivel superior en México: posicionamiento y preferencias de los estudiantes en torno area Tampico, Madero y Altamira. *Innovar*, vol 15, núm 26, pp. 33-42.
- Mosneaga, Ana, y Lars Winther (2013), “Emerging talents? International students before and after their career start in Denmark”, *Population, Space and Place*, vol. 19, núm 2, 181-195.
- OECD (2006). *Las competencias clave para el bienestar personal, económico y social* (1a ed. en español, 2006)
- OECD (2007), “Higher Education and Regions: Globally Competitive, Locally Engaged”, Paris, *OECD Publishing*.
- OECD (2013), “Higher education in regional and city development: Sonora, Mexico”. *OECD Publishing*, 281 pp.

- Popescu, Alina-Irina (2011) “The University as a Regional Development Catalyst: Frameworks to Assess the Contribution of Higher Education to Regional Development” *European Economic Recovery and Regional Structural Transformations*. Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=1875874>.
- Qian, Haifeng (2010), “Talent, creativity and regional economic performance: the case of China”, *The Annals of Regional Science*, vol 45, núm 1, pp. 133-156.
- Rodríguez-Pérez, Reyna Elizabeth y David Castro-Lugo (2012) “Efectos del cambio tecnológico en los mercados de trabajo regionales en México”. *Estudios Fronterizos, nueva época*, vol 13, núm 26, pp. 141-174.
- Samstad, James G., y Seth Pipkin (2005). “Bringing the firm back in: Local decision making and human capital development in Mexico’s maquiladora sector.” *World Development*, vol. 33, núm. 5, pp. 805-822.
- SEP (2012), “Sistema Educativo de los Estados Unidos Mexicanos, principales cifras, ciclo escolar 2011-2012”. Secretaría de Educación Pública, en: http://www.dgfp.sep.gob.mx/Estadi/principales_cifras_2011_2012.pdf. (Consulta: Agosto 23, 2013)
- Schultz, Theodore W. (1961). “Investment in human capital”. *The American economic review*, vol 51, núm 1, pp. 1-17.
- Storper, Michael y Allen J. Scott (2009), “Rethinking human capital, creativity and urban growth”. *Journal of Economic Geography*, vol. 9, núm. 2, pp. 147-167.
- Talwar, Rohit y Tim Hancock (2010). “Fast Future Research Possible New Careers Emerging from Advances in Science and Technology (2010 – 2030)”, en: http://fastfuture.com/wpcontent/uploads/2010/01/FastFuture_Shapeofjobstocome-FullReport1, (Consulta: Octubre 20, 2013).
- Tunnermann B C. La problemática de la Universidad contemporánea.
- Tunnermann B C. (2007). La Universidad necesaria para el siglo XXI. Managua: Editorial Hispamer.
- UNESCO (1995). Documento de política para el cambio y el desarrollo de la educación superior, París, Francia.
- Urciaga García, José y Marco Antonio Almendarez Hernández (2008). “Salarios, educación y sus rendimientos privados en la frontera norte de México: Un estudio de capital humano”. *Región y sociedad*, vol. 20, núm 41, pp. 33-56.
- Vang, Jan, Cristina Chaminade, y Lars Coenen (2007), “Learning from the Bangalore experience: The role of universities in an emerging regional innova-

tion system”, *New Asian Dynamics in Science, Technology and Innovation*, artículo no 2007/4. En: http://www4.lu.se/upload/CIRCLE/workingpapers/200704_Jan_et_al.pdf

Varela Llamas, Rogelio y Arturo Retamoza-López (2012), “Capital humano y diferencias salariales en México, 2000-2009”, *Estudios Fronterizos, nueva época*, vol. 13, núm. 26, pp. 175-200.

Wagenaar, Robert (2012). “New Degree Profiles for new Societies”, en: http://www.tuningal.org/es/publicaciones/cat_view/46-presentaciones-de-la-sesion-qtuning-in-the-worldq (Consulta: Octubre 19, 2013)

CIENCIAS AGROPECUARIAS

Jorge Alva Pérez



Es Médico Veterinario y Zootecnista egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México, generación 1999-2003. Realizó sus estudios de maestría y doctorado en Ciencias de la Producción y Salud Animal, también en la UNAM, durante los años 2006 al 2013. Ha trabajado en los últimos 10 años en el diagnóstico y fisiopatología de la brucelosis animal. Es Profesor de Tiempo Completo de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, integrante del Cuerpo Académico de Sanidad Animal. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores como candidato. Es autor del artículo científico: “*The invA gene of Brucella melitensis is involved in intracellular invasion and is required to establish infection in a mouse model*” en la revista científica *Virulence*. Actualmente es responsable técnico de dos proyectos de investigación.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

Diagnóstico, fisiopatología y prevención de las enfermedades de los animales domésticos y silvestres.

Diagnóstico de la brucelosis en hatos caprinos del altiplano tamaulipeco

Jorge Alva Pérez

RESUMEN

La brucelosis caprina es una enfermedad zoonótica de gran importancia causada por bacterias intracelulares del género *Brucella melitensis*, principalmente. En la actualidad existen pocos estudios sobre el estado epidemiológico de la enfermedad en Tamaulipas, y se desconoce en la zona del altiplano tamaulipeco. El conocimiento de esta enfermedad cobra importancia ya que la caprinocultura es la principal actividad pecuaria de la región. El objetivo de este proyecto fue detectar la presencia de *B. melitensis* en ganado caprino de la zona del altiplano en Tamaulipas (municipios de Tula, Miquihuana, Bustamante y Jaumave), México. Se realizó un muestreo transversal en dos etapas para la población caprina, obteniéndose un total de 678 muestras de suero sanguíneo. Para el análisis de los factores de riesgo asociados a la presencia de *Brucella* spp. se realizó una encuesta a los caprinocultores que participaron en este proyecto. Se realizó la prueba serológica de tarjeta al 3% (aglutinación con antígeno teñido con rosa de Bengala) y la prueba de inmunodifusión radial con hapteno nativo (IDR-HN) para la detección de anticuerpos contra *Brucella melitensis*. Los resultados indican una extremadamente baja presencia de *Brucella melitensis* en el ganado caprino de la zona del altiplano en Tamaulipas. De las pruebas realizadas únicamente dos muestras fueron positivas a la prueba de tarjeta. Para identificar si la positividad se debía a cepa vacunal o cepa de campo se realizó la prueba de IDR-HN, obteniéndose un resultado negativo. Esto indica que los anticuerpos circulantes son resultado de vacunación. No fue necesario el aislamiento bacteriológico. Se concluye que la baja presencia de anticuerpos es debido a las condiciones de manejo principalmente, como la baja tasa de intercambio de vientres en la zona. Otros factores a considerar son las condiciones geográficas y ambientales que no favorecen la dispersión del patógeno.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la presencia de la brucelosis en hatos caprinos seleccionados del altiplano tamaulipeco, a través de pruebas serológicas y posterior confirmación con aislamiento bacteriológico y caracterización bioquímica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la presencia de reactores positivos a través de la prueba de tarjeta.
2. Discriminar reactores positivos de vacunación a reactores positivos de infección con cepa de campo a través de la prueba de inmunodifusión radial con hapteno nativo.
3. Realizar la identificación de las cepas de *Brucella* spp. a través del aislamiento bacteriológico y caracterización bioquímica, tanto en animales reactores a las pruebas serológicas, como en animales que presenten semiología clínica sugere a brucelosis.

IMPACTO CIENTÍFICO

De esta investigación se deriva un artículo que será publicado en el *Preventive Veterinary Medicine*. Aunado a ello, se expuso el trabajo en la LII Reunión Anual de Investigación Pecuaria celebrada a fines del 2016 en Querétaro. Además, se publicará un texto que muestre las condiciones socioeconómicas actuales de la región.

IMPACTO ACADÉMICO

Del presente proyecto se originan dos tesis, una de maestría y otra de licenciatura.

TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO

Como parte del desarrollo del presente proyecto se realizó el contacto con los caprinocultores de la región del altiplano. Esto contribuyó al conocimiento de las condiciones sanitarias, de manejo y socioculturales de la población. Aunado a ello existió una retroalimentación con los productores, de forma que pudieron identificar soluciones a problemas que se presentan en el rebaño. De manera importante, los médicos veterinarios que integramos este proyecto ayudamos a establecer la edad de las cabras, que en muchas unidades de producción no se conocían. Esto es importante ya que al aumentar el número de hembras de más de 4 partos disminuye la fertilidad del rebaño. A pesar de que el proyecto tuvo un objetivo claro, sirvió para dar asesoría a los productores acerca de los riesgos de la brucelosis y del manejo integral del hato.



Figura 1. Entrega de resultados de las pruebas de diagnóstico serológico de brucelosis a un productor.



Figura 2. Obtención de muestra sanguínea para análisis



Figura 3. Rebaño caprino en el altiplano tamaulipeco. Como puede observarse la población de cabras es heterogénea, observándose una cruce híbrida de diferentes razas. Sin embargo, puede notarse encaste de Boer, Saanen y Toggenburg.

INTRODUCCIÓN

La brucelosis es una enfermedad infectocontagiosa producida por bacterias del género *Brucella* spp. Se trata de una enfermedad de importancia en salud pública debido al potencial zoonótico que posee. De distribución mundial, en México esta enfermedad se encuentra bajo vigilancia epidemiológica tanto en salud pública, como en la salud animal. Las especies del género *Brucella* poseen un amplio rango de hospedadores. Se han reportado infecciones en el ganado común (bovinos, porcinos, caprinos etc), animales de vida silvestre y animales marinos. En el ganado las principales especies que los afectan son *B. abortus*, *B. melitensis* y *B. suis*. Estas tres especies son capaces de producir enfermedad en el ser humano, en donde el riesgo ocupacional (granjeros, veterinarios, personal que labora en rastro) es importante. Sin embargo, la vía de transmisión del ser humano ocurre principalmente por el consumo de productos lácteos sin pasteurizar, ya que la bacteria puede diseminarse por la leche. En animales la vía de transmisión más importante es la venérea, sin embargo, cualquier mucosa epitelial es un portal de entrada del patógeno. En animales la enfermedad se manifiesta a través de aborto espontáneo en hembras gestantes (principalmente en el tercer tercio de gestación) y en machos se observa orquitis e infertilidad. Por otro lado, una buena proporción de animales infectados no aborta y mantienen una fertilidad normal, si acaso apenas por debajo de lo esperado. No hay signos característicos de depresión o anorexia, aunque la infección puede convertirse en crónica y producir microgranulomas que pueden derivar a problemas circulatorios, endocarditis, osteortritis etc. Debido a su naturaleza intracelular, las bacterias del género *Brucella* spp. se mantienen residentes en el sistema retículoendotelial, en donde pasan desapercibidas del sistema inmunológico, por lo que no hay una eliminación completa y eficaz del patógeno. En el ser humano se observan cuadros febriles recurrentes, principalmente postpandriales. Las complicaciones por la infección por estas bacterias en los seres humanos pueden llegar a ser comunes, observándose osteoartritis, complicaciones gastrointestinales de diferente severidad hasta problemas neurológicos que se observan en un porcentaje bajo de casos confirmados. En México se cuenta con una norma oficial (NOM-041-ZOO-1995) que establece las condiciones de campaña para controlar y erradicar la brucelosis en nuestro país. Bajo esta norma en regiones donde la prevalencia de brucelosis es alta (fase de control) los animales se vacunan. Para el control de la brucelosis caprina se utiliza la cepa atenuada *B. melitensis* Rev1, que protege a las cabras del aborto. Uno de los principales problemas de la vacunación es la generación de anticuerpos que resultan indistinguibles de anticuerpos de infección de cepa de campo. Para ello se han establecido varias estrategias diagnósticas cuyo objetivo es diferenciar animales vacunados de infectados. En el caso de zonas con

baja prevalencia de brucelosis se opta por eliminar a los animales reactivos y evitar la vacunación.

Debido al potencial en cuanto al impacto en la salud pública y a la pérdida económica debido a una baja producción de cabritos y baja producción láctea, es importante conocer el estado epidemiológico de esta enfermedad en el estado de Tamaulipas. Actualmente se conoce el estado de la brucelosis bovina en el país, la información acerca de la brucelosis caprina es escasa y se ha centrado en algunos estados de manera regional. Debido a la importancia de la caprinocultura en la región del altiplano tamaulipeco se propone analizar la presencia de estas bacterias en la población caprina, aunado al conocimiento de los probables factores de riesgo que contribuyan a la presencia de la enfermedad.

Contribución a la generación de conocimiento

Del proyecto se obtuvo una prevalencia bastante baja de la enfermedad (sólo dos muestras resultaron positivas a la prueba de tarjeta al 3%). La presencia de anticuerpos circulantes contra *B. melitensis* fueron del tipo vacunal (ya que no se detectaron anticuerpos por infección en la prueba de IDR-HN). Las bajas detecciones de estos anticuerpos durante el año 2015 indican, probablemente, una vacunación deficiente. Es importante recalcar que las condiciones de pastoreo, así como una población caprina híbrida (encaste con varias razas) y la baja tasa de recambio de vientres (se encontraron hembras de hasta seis partos, con una edad que sobrepasaba los seis años) contribuyeron definitivamente a una diseminación baja de patógenos, especialmente de *Brucella* spp. De manera adicional se encontraron datos relevantes acerca de la población humana en esta región, principalmente dividida en ejidos y colonias. La principal actividad económica es la agricultura y la caprinocultura. Por las características de la región (clima semiárido) la producción es estacionaria y de temporal. No se ha terminado aún el análisis de la información generada en las encuestas, mismo que se planea publicar en breve.

CONCLUSIONES

La baja prevalencia de brucelosis caprina observada en este trabajo da cuenta de una población caprina con características de manejo muy particulares. La baja tasa de recambio de vientres, el manejo del semental, población caprina con potencial híbrido, así como las condiciones ambientales favorecen un ambiente de baja prevalencia de *Brucella* spp. Para comprobar que la baja incidencia de brucelosis es debido a estos factores será necesario realizar un segundo muestreo, posterior a la

vacunación, para establecer incidencia. Es importante recalcar que la prueba de tarjeta al 3% debió registrar la presencia de anticuerpos por vacunación. Es probable que exista una falla en la vacunación. La baja prevalencia aparente puede ser un buen indicador para lograr un estatus de “fase de erradicación”. La inmunidad del hato será crucial para evitar reinfecciones, por lo que se tendrá que reforzar la vigilancia epidemiológica.

RECOMENDACIONES

Se promoverá repetir este muestreo para establecer incidencia. Será importante realizar pruebas de potencia a la cepa vacunal que se aplica en la región del altiplano para evaluar su efectividad. El mejoramiento de las condiciones sanitarias y de alimentación podrá ser clave para lograr un estatus libre de brucelosis caprina. Será imperante estar en contacto con los productores para que, aunado al mejoramiento de las condiciones antes descritas, promuevan entre sus agrupaciones el control de la entrada de animales (hembras o sementales) que sean libres de brucelosis.

REFERENCIAS

- Aparicio-Bahena, A., Díaz-Aparicio, E., Hernández-Andrade, L., Pérez-González, R., Alfonseca-Silva, E., & Suárez-Güemes, F. (2003). Evaluación serológica y bacteriológica de un hato bovino con brucelosis y revacunado con dosis reducida de *Brucella abortus* cepa 19. *Técnica Pecuaria*, 41(2), 129–140.
- Banai, M. (2002). Control of small ruminant brucellosis by use of *Brucella melitensis* Rev.1 vaccine: laboratory aspects and field observations. *Veterinary Microbiology*, 90(1–4), 497–519.
- Corbel, M. J. (2006). *Brucellosis in humans and animals*. Genova, Suiza: World Health Organization.
- Díaz-Aparicio, E. (2000). Pruebas diagnósticas en brucelosis caprina. En: E. Díaz-Aparicio, L. Hernández, G. Valero, y B. Arellano-Reynoso (Eds.), *Diagnóstico de brucelosis animal*. México: INIFAP.
- Moreno, E. (2014). Retrospective and prospective perspectives on zoonotic brucellosis. *Frontiers in Microbiology*, 1–18. <http://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00213>
- OIE, O. M. de S. A. (2012). Brucelosis caprina y ovina (no debida a *Brucella ovis*). En *Manual de las pruebas y de las vacunas para los animales terrestres* (7a edición).

ción). Obtenido de http://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahm/2.07.02_CAPRINE_OVINE_BRUC.pdf

Oseguera Montiel, D., Bruce, M., Frankena, K., Udo, H., van der Zijpp, A., & Rushton, J. (2015). Financial analysis of brucellosis control for small-scale goat farming in the Bajío region, Mexico. *Preventive Veterinary Medicine*, 118(4), 247–259.

Solorio-Rivera, J. L., Segura-Correa, J. C., & Sánchez-Gil, L. G. (2007). Seroprevalence of and risk factors for brucellosis of goats in herds of Michoacan, Mexico. *Preventive Veterinary Medicine*, 82(3–4), 282–90. <http://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2007.05.024>

Rafael Delgado Martínez



Estudió la carrera de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México, la maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales en la Universidad Autónoma del Estado de México y el doctorado en Ciencias en Botánica en el Colegio de Postgraduados.

Es Profesor de Tiempo Completo en la Facultad de Ingeniería y Ciencias, con perfil deseable PRODEP y es candidato del Sistema Nacional de Investigadores.

Líder del cuerpo académico de Sistemas de Producción de Frutales y Hortalizas, evaluado como en consolidación por la Dirección de Superación Académica. En su trayectoria académica ha dirigido y formado parte de 3 proyectos de investigación con financiamiento externo por parte del CONACYT, SEP, UAT. Ha publicado 6 artículos científicos tanto en revistas internacionales como nacionales y capítulos de libro, así como titulado a 3 alumnos de licenciatura y actualmente dirige 2 tesis de maestría y 3 tesis de licenciatura. Ha participado como ponente en congresos de carácter Internacional y Nacional.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

Fisiología y nutrición de cultivos; uso y manejo del agua; y biotecnología vegetal.

Rendimiento y rentabilidad del cultivo de girasol, en función de la fertilización nitrogenada, zona centro de Tamaulipas

Rafael Delgado Martínez

RESUMEN

La necesidad de maximizar la productividad de la tierra es cada vez más evidente, debido a la alta presión demográfica y otras actividades humanas que compiten con la agricultura por la limitada disponibilidad de suelo. Dentro de la estrategia de reconversión y productividad para dar sustentabilidad a la producción de granos y oleaginosas en el estado de Tamaulipas, el cultivo de girasol forma parte de dicha estrategia, además de que en la actualidad se ubica entre los cultivos productores de aceite más importantes, debido a su alta calidad, contenido de proteína alto, utilización de todas las partes de la planta y moderados requerimientos de producción. Sin embargo, respecto a las prácticas de manejo para esta zona geográfica, la información sobre este cultivo es limitada, por lo que el objetivo de este trabajo fue: evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada, sobre el rendimiento de girasol. Se sembró girasol en el ciclo Primavera-Verano del 2015 en la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Se utilizó un cultivar adaptado a esta región. Se utilizó un diseño de bloques completos y cuatro repeticiones, las cuales estuvieron constituidas por cuatro surcos separados entre sí 0.80 m y una longitud de 4 m. Dentro de las variables evaluadas se registraron: Elementos del clima, Fenología del cultivo, Unidades Calor y Evapotranspiración del cultivo, Rendimiento biológico (RB), Rendimiento de grano g (RG), Eficiencia agronómica del N (EAN), Eficiencia en el uso del agua (EUA) y Rentabilidad del cultivo. Dentro de los principales resultados se muestran, la manera en que se presentaron los elementos del clima siendo estos factores determinantes en el desarrollo del cultivo, Así mismo, tanto la cantidad de agua requerida (400 mm) por el cultivo como la cantidad de calor (2450 °C) que necesitó para completar su ciclo. El incremento en el rendimiento fue de 53% en comparación cuando se aplicó la más alta cantidad de nitrógeno (100 kg de N /ha), que cuando no se aplicó (0 kg de N /ha), mostrando así que cuando se aplica o incorpora un insumo para beneficio del cultivo se modifica positivamente su productividad. La rentabilidad económica o evaluación de costos que se aplica a un cultivo es un factor determinante en la toma de decisiones de los productores ya que de ello depende que se adopte o no este tipo de tecnología o de prácticas culturales.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el nivel de fertilización, sobre el rendimiento de girasol, en la zona centro de Tamaulipas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar si el manejo de la fertilización nitrogenada limita el rendimiento del girasol en siembra intercalada.
- Evaluar las condiciones climáticas bajo las cuales se condujo el estudio.
- Evaluar la rentabilidad económica de este cultivo con respecto a la fertilización nitrogenada.

IMPACTO CIENTÍFICO

Generar información enfocada en las prácticas de manejo que mejoren la productividad y rendimiento de girasol.

Difusión de resultados de evaluaciones (congreso).

Difusión de resultados de evaluaciones (artículo científico).

IMPACTO ACADÉMICO

Formación de recursos humanos (Tesis).

TRASFERENCIA DEL CONOCIMIENTO

Fortalecer la productividad académica, a través de la vinculación con el sector educativo y social.

INTRODUCCIÓN

En el país, el 70% de la superficie agrícola es sembrada bajo condiciones limitantes de agua, y fertilidad principalmente, (bajo condiciones de temporal), al determinar qué prácticas agrícolas incrementan el rendimiento por unidad de superficie, se intenta promover como una alternativa de manejo del cultivo, buscando que sean adoptados con mayor facilidad por los agricultores, al estar más orientados a su realidad.

Ante los actuales cambios en los regímenes de precipitaciones, y la evapotranspiración asociada a la temperatura que conlleva el calentamiento global, es necesario generar alternativas de sistemas de producción que respondan de forma efi-

ciente al cambio climático. La búsqueda de la estabilidad del rendimiento a través de localidades, años y sistemas de producción, mediante la mayor capacidad de respuesta a condiciones ambientales limitantes, ha sido uno de los objetivos principales del mejoramiento genético y en el futuro esta estrategia para el desarrollo de cultivares mejorados será de gran importancia, ante los cambios climáticos que se pronostican (GeneFlow, 2007), así como por la proporción cada vez mayor de áreas marginales ocupadas por el cultivo.

El girasol (*Helianthus annuus L.*) juega un papel importante, ya que es un cultivo que se adapta a diferentes ambientes, presentando características deseables para este tipo de condiciones cálidas, y que puede desarrollarse con facilidad. Es uno de los cultivos oleaginosos más importantes para la producción de aceite, ya que el cantidad de ácidos grasos que presenta obtiene mayores beneficios para la salud, por su alto contenido de grasas poliinsaturadas (Werteker *et al.*, 2010). Así mismo, presenta otros usos, como la elaboración de alimentos concentrados para la ganadería y la avicultura (Escalante, 1999) y como subproducto en la elaboración de jabones, cosméticos, pinturas, barnices y en la manufactura de plásticos entre otros, igualmente, el aceite de girasol crudo en proporciones de 50% con aceite diésel, puede utilizarse como lubricantes de motores (Qadir *et al.*, 2006).

Es por ello, que en México en los últimos años ha tomado importancia debido a que es una oleaginosa con gran potencial. Desde el año 2010 se ha incrementado en un 43% la superficie sembrada de este cultivo (SIAP, 2014). Siendo los estados de Baja California, Durango, Jalisco, Zacatecas, Sonora y Tamaulipas los principales productores de este cultivo, con una superficie de 12 500 ha y una producción de 8 750 t, esto es un rendimiento de 700 kg ha⁻¹ (SIAP, 2015). Tamaulipas es una región cálida y seca, donde el principal problema es el temporal irregular que causa bajos rendimientos. Debido a esto los agricultores utilizan altas dosis de fertilización nitrogenada en sus cultivos para incrementar el rendimiento (Escalante, 1999), aspecto que además de contaminar el ambiente, representa una inversión de alto costo y riesgo para los agricultores de la región. Por lo tanto debido al alto costo de los fertilizantes y la contaminación ambiental que estos generan, se recurre a estrategias de manejo del cultivo que pueden sustituir al menos en parte a estos agroquímicos y mantener una producción sustentable en el cultivo. Además, el clima tiene impacto significativo en el crecimiento y desarrollo de los cultivos. La mayor temperatura y el menor contenido de agua, generan un ambiente que afecta la disponibilidad de nitrógeno para los cultivos (Escalante, 1995). Tanto el agua como el nitrógeno deben estar bien provistos en cantidad y oportunidad para asegurar un estado fisiológico óptimo al momento de la floración momento alrededor del cual se determina el rendimiento (Andrade *et al.*, 1996). Por lo que, es necesario generar información sobre el manejo del cultivo y su comportamiento en diferentes condiciones ambientales que promuevan su siembra y producción. Mediante el uso de prácticas agrícolas como la fertilización nitrogenada que provee en los cultivos

las condiciones favorables para la expresión de un mayor rendimiento (Escalante y Rodríguez, 2010). Estas evidencias sugieren que mediante el manejo del nitrógeno se puede lograr un uso agronómico más eficiente del nitrógeno disponible en el suelo, y en consecuencia tener una mayor producción de biomasa total y rendimiento de grano.

Contribución a la generación del conocimiento (Principales Resultados)

Elementos del clima y fenología del cultivo del girasol en clima cálido

El ciclo del cultivo de girasol varía según la precocidad del cultivar, en algunos casos va desde 120 días hasta 150 días y dependiendo del tipo de clima. La ocurrencia de las etapas fenológicas en el girasol cv. Cobalto no se modificó por la aplicación de los tratamientos de fertilización nitrogenada, pero sí estuvo condicionada por la oscilación de los elementos del clima (Figura 1.), en este caso la frecuencia de precipitaciones fluctuó considerablemente (de 3 a 103 mm), lo que pudo provocar cambios en el buen desarrollo del cultivo ya que en la etapa reproductiva fue donde se observó una mayor disminución o nula presencia de lluvias (2da y 3ra semana de Julio), aunado a este tipo de eventualidades, las altas tasas de evaporación (74 mm) durante la etapa de floración (R-5) provocadas por las altas temperaturas (37 °C) reportadas para este ciclo, pudieron provocar disminuciones en la producción de biomasa, afectando o disminuyendo el rendimiento de este cultivo.

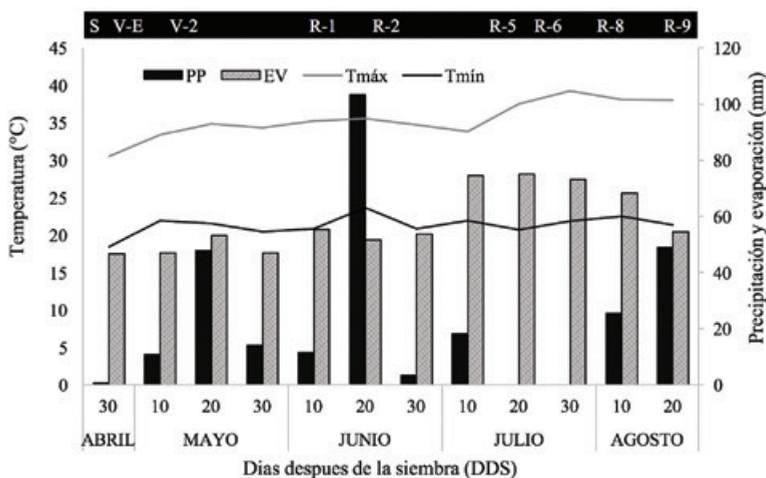


Figura 1. Fenología, suma decenal de la precipitación (PP) y evaporación (Ev), promedio decenal de la temperatura máxima (T.máx.), mínima (T.mín.) durante el desarrollo del experimento. S: Siembra, V-E: Emergencia, V-2: Primer par de hojas verdaderas, R-1: Iniciación floral, R-2: Aparición del botón floral, R-5: Capitulo abierto, R-6: Pétalos secando, R-8: Madurez fisiológica, R-9: Madurez comercial. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. 2015.

Unidades calor y evapotranspiración del cultivo del girasol en clima cálido

La acumulación de unidades calor (UC), como la necesidad térmica que requiere un cultivo para poder desarrollarse, y la evapotranspiración acumulada (ETC) como la cantidad de agua que necesita para crecer a lo largo de su ciclo se presenta en la Figura 2. El requerimiento térmico de girasol varió según la época y etapa fenológica del cultivo para la etapa V-E fue de 181 UC, 380 UC necesitó para la formación de su segunda hoja desplegada V-2 y 900 UC para R-1 o iniciación floral, para llegar a madurez fisiológica (R-8) se necesitaron de 2000 UC y para completar su desarrollo o llegar a madurez comercial se necesitaron 2400 UC. Por otra parte, la evapotranspiración del cultivo de girasol (ETC) o las necesidades hídricas que requirió el cultivo para llegar a madurez comercial fue de 400 mm distribuidos en cada una de sus etapas y requiriéndola de dos formas a lo largo ciclo, tanto por evaporación como transpiración, para V-2 fue de 24 mm, debido a que en esta etapa el desarrollo del dosel vegetal es muy limitado, se estima que la mayor parte de la ETC o consumo de agua es evaporación directa del suelo, a inicio de R-1 (iniciación floral), la ETC aumentó 31% (125 mm) respecto al total, consumiendo 400 mm a lo largo de su ciclo. Se observa que la acumulación de UC y ETC durante el ciclo del cultivo, se ajustó a una ecuación lineal con cambios en 20 °C y 3.7 mm por día desde la S a R-9.

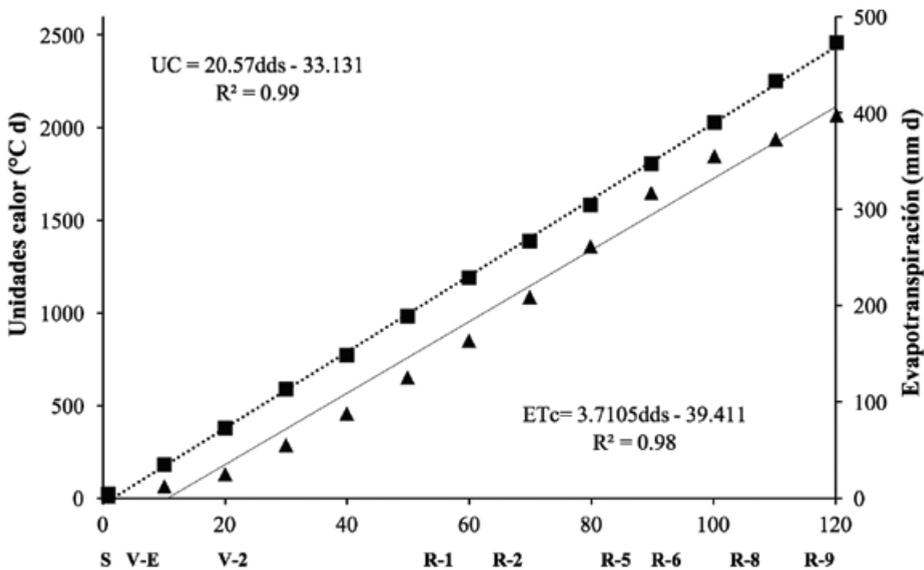


Figura 2. Unidades calor y evapotranspiración acumulada en girasol cv. Cobalto durante el ciclo del cultivo verano 2015. S: Siembra, V-E: Emergencia, V-2: Primer par de hojas verdaderas, R-1: Iniciación floral, R-2: Aparición del botón floral, R-5: Capitulo abierto, R-6: Pétalos secando, R-8: Madurez fisiológica, R-9: Madurez comercial. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

Rendimiento de grano en el cultivo del girasol en condiciones cálidas

El rendimiento de grano (RC) y sus componentes, presentaron diferencias por efecto de la fertilización nitrogenada (Cuadro 1). En cuanto al efecto de la aplicación de fertilizantes nitrogenados, se observa que se obtiene una mayor eficiencia agronómica de este elemento es decir que se incrementa el rendimiento económico de un cultivo por unidad de fertilizante aplicado, así mismo la eficiencia en el consumo de agua es mayor, provocando que el cultivo lo aproveche más y en consecuencia se modifiquen positivamente los componentes del rendimiento incrementando el DM, AC, PGC y P100G y por consiguiente obteniendo un mayor rendimiento. Y en general las diferencias en los componentes del rendimiento y el rendimiento mismo, así como en las eficiencias, se relacionan con la variabilidad en los elementos del clima, particularmente con la distribución de la precipitación.

Cuadro 1. Rendimiento de grano, componentes, Eficiencia Agronómica del Nitrógeno y Eficiencia en el Uso del Agua en el cultivo de girasol en función de la fertilización nitrogenada en Ciudad Victoria, Tamaulipas. Verano 2015

	RGG	DM	AC	PGC	P100G	EAN	EUA
kg de N/ ha	g / m ²	cm	cm ²	g	g	g g ⁻¹ N	g m ⁻² mm
0	118	10	79	29,5	2,92	----	3,7
60	152	11	95	38,0	4,02	7,08	4,7
80	174	13	133	43,5	4,66	8,46	5,3
100	220	14	154	55,0	4,94	12,75	6,8

RGG: Rendimiento de grano girasol; DM: diámetro del capítulo, AC: área del capítulo, PGC: peso de grano por capítulo, P100G: peso de cien granos, ean: eficiencia agronómica del nitrógeno, EUA: eficiencia en el uso del agua.

Rentabilidad económica del cultivo de girasol en clima cálido

El análisis económico para los diferentes tratamientos muestra que la tasa de retorno (TR) fue un indicador de la factibilidad económica para este cultivo, dicha ganancia fue mayor en el tratamiento de 100 kg de N por ha (Cuadro 2), por lo que la fluctuación de precios que se presentó entre tratamientos, respecto a los costos de producción y precio de venta de grano fue factor determinante en dicha variación (SIAP, 2014; SIAP, 2015), además de la diferencia en los rendimientos. Por lo que, la TR es el criterio más importante para que los agricultores definan el éxito de sus cultivos. Para el tratamiento o la nula aplicación de fertilizante (0 kg de N por ha), la

ganancia económica es relativamente alta, pues se obtienen ganancias de 2.5 pesos por peso invertido, en función de los costos de producción e igualmente la más alta con 100 kg de N por hectárea presentó una ganancia económica de una relación 1:2.5 que quiere decir que por cada peso invertido se ganaron dos y medio pesos. Esto debido al mayor rendimiento que se obtuvo con dichos tratamientos, además de los costos de manejo del cultivo y el precio del grano al momento de venta. Cabe señalar que la venta de grano de girasol también varía, en función del comprador.

Cuadro 2. Análisis económico y tasa de retorno del cultivo de girasol en función de la fertilización nitrogenada en Ciudad Victoria, Tamaulipas. Verano 2015

	RGG	CF	CV	CT	IT	IN	TR
kg de N/ ha	kg / ha	\$	\$	\$	\$	\$	
0	1,475	2,500.00	0.00	2,500.00	8,850.00	6,350.00	2,5
60	1,900	2,500.00	1,266.00	3,766.00	11,400.00	7,634.00	2,0
80	2,152	2,500.00	1,688.00	4,188.00	12,912.00	8,724.00	2,0
100	2,750	2,500.00	2,110.00	4,610.00	16,500.00	11,890.00	2,5

RGG: Rendimiento de grano girasol; CF: Costo fijo; CV: Costo variable; CT: Costo total; IT: Ingreso total; IN: Ingreso neto; TR: Tasa de retorno.

CONCLUSIONES

En ambiente cálido seco:

El rendimiento de grano del cultivo de girasol se incrementó cuando se le aplicó fertilizante.

El rendimiento más alto se obtuvo con la aplicación de 100 kg de N por hectárea, con lo que se puede observar que el aporte de este insumo al suelo aumenta la productividad de este cultivo.

La mayor ganancia económica se obtuvo con la incorporación de altas dosis de Nitrógeno al suelo, generando un incremento en el rendimiento de grano que por consecuencia se ve reflejado en el ingreso neto y principalmente en el bolsillo del productor.

La tasa de retorno es un indicador factible para que los productores se interesen en la apropiación de este tipo de tecnología.

REFERENCIAS

- Andrade, F., A. Cirilo, S. Uhart, M. E. Otegui. (1996), *Ecofisiología del cultivo de maíz*. Editorial La Barrosa y Dekalb Press. Buenos Ares, Argentino. pp. 292.
- Díaz-López, Ernesto; Morales-Rosales, E. Jesús; Medina-Arias, Norma; Morales Morales, E. Javier; Guerrero-De la Cruz, Mario; Cruz-Luna, A. Josefina. (2015), Tasa de asimilación neta y rendimiento de girasol en función de urea y urea de liberación lenta. *Agrociencia* pp.163-176.
- Escalante E., J.A. (1995), Aprovechamiento del recurso agua en cultivos de secano. pp. 28-32. In: *Agroproductividad*. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx.
- Escalante-Estrada, J.A. (1999), Área foliar, senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual en función del nitrógeno. *Terra* 17 pp. 149-157.
- Escalante E. J.A. and Rodríguez G. M.T. (2010), Sunflower biomass distribution and seed yield in saline soil of Mexico highlands. *HELIA* 33(52) pp. 127-134.
- GeneFlow, (2007), Introduction to the special section: Biodiversity and climate change. A publication about agricultural biodiversity. GeneFlow. Bioversity International (ed) pp. 19-31.
- Loomis, R. S. y D.J. Connor. (2002), *Ecología de cultivos. Productividad y manejo de sistemas agrarios*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. pp. 591.
- Mollashahi M., Ganjali H., Fanaei H. (2013), Effect of different levels of nitrogen and potassium on yield, yield components and oil content of sunflower. *Int J Farm & Alli Sci*. Vol., 2 (5): pp. 1237-1240.
- Nasim W., Ahmad A., Bano A., Olatinwo R., Usman M., Khaliq T., Wajid A., Hammad H. M., Mubeen M., Hussain M. (2012), Effect of Nitrogen on Yield and Oil Quality of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Hybrids under Sub Humid Conditions of Pakistan. *American Journal of Plant Sciences*, 3, pp. 243-251.
- Qadir, G., S. Ahmad, F. U. Hassan & M. Cheema. (2006), Oil and fatty acid Accumulation in sunflower as influenced by temperature variation. *Pakistan Journal of Botany*. 38(4), pp. 1137-1147.
- Skoric, D. (1992), Achievements and future directions of sunflower breeding. *Field Crops Research* 30: pp. 231-270.
- SIAP (Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera). (2014), *Producción agrí-*

cola de cultivos cíclicos y perennes. *www.siap.gob.mx*

SIAP (Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera). (2015), Producción agrícola de cultivos cíclicos y perennes. *www.siap.gob.mx*

Volke H., V. H. (1982), Optimización de insumos de la producción en la agricultura. Colegio de Posgraduados. Centro de Edafología. pp. 61.

Vega M. R., Escalante E. J. A., Sánchez G. P., Ramírez G. A., Cuenca A. E. (2001), Asignación de biomasa y rendimiento de girasol con relación al nitrógeno y densidad de población. *Terra*. vol.19. núm. 001. pp. 75-81.

Werteker M., Lorenz A., Johannes H., Berghofer E & Findlay C. S. (2010), Environmental and Varietal Influences on the Fatty Acid Composition of Rapeseed, Soybeans and Sunflowers. *J. Agronomy & Crop Science*. Austrian Agency for Health and Food Safety, 196: pp. 20–27.

Santiago Joaquín Cancino



Estudió la carrera de Ingeniero Agrónomo especialista en Zootecnia en la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), la maestría y doctorado en Ciencias Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería con énfasis en Producción de Forrajes en el Colegio de Postgraduados (CP), Campus Montecillo.

Es Profesor de Tiempo Completo en la Facultad de Ingeniería y Ciencias, actualmente tiene el nombramiento como Nuevo Profesor de Tiempo Completo (NPTC) otorgado por PRODEP.

Es miembro del Cuerpo Académico Mejoramiento, Biotecnología y Sistemas de Alimentación evaluado como consolidado por la Dirección de Superación Académica. Además, funge como Secretario de la Academia de Ciencias Pecuarias.

En su trayectoria profesional ha participado en proyectos productivos con dependencias como SAGARPA, FIRA, Secretaría de Desarrollo Rural-Puebla. Ha publicado diversos artículos en revistas científicas y dirige tesis a nivel licenciatura, maestría y doctorado.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

Sistemas de alimentación animal y manejo de recursos forrajeros en zonas tropicales y forrajes y sistemas de alimentación animal.

Comportamiento productivo de gramíneas forrajeras tropicales a diferente frecuencia de corte

Santiago Joaquín-Cancino^{1}, Edwin Rafael Alvarado Ramírez¹, Andrés G. Limas-Martínez¹, Benigno Estrada-Drouaillet¹, Javier Hernández-Meléndez¹*

RESUMEN

La alimentación del ganado en pastoreo depende del forraje obtenido en praderas y pastizales cuya producción varía durante el año como consecuencia de las condiciones ambientales y manejo del pastoreo. El presente estudio se realizó en condiciones de temporal en la Posta Zootécnica de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, localizada en el km 23 carretera Cd. Victoria- Monterrey, municipio de Güémez, Tamaulipas. Las coordenadas geográficas son 23° 56' 26.5" N y 99° 05' 59.9" O, a 193 msnm. El objetivo de estudio fue evaluar el comportamiento productivo de pasto buffel cv. H-17 manejado bajo condiciones de temporal. Se utilizaron áreas destinadas a la producción de forraje para corte y pastoreo, donde se instalaron de manera permanente estaciones de muestreo (transectos) de 10 m de longitud distribuidos al azar y donde se midió el rendimiento de forraje (kg MS ha⁻¹) y cobertura basal (%) de pasto buffel. Los datos se analizaron mediante el ANDEVA, correlación, mediante el procedimiento GLM de SAS. El modelo de regresión y el coeficiente de determinación fueron altos con valores de $R^2 > 0.86$ y $R^2 > 0.98$ para las variables estudiadas. El rendimiento de forraje total y cobertura basal se incrementaron con la edad de rebrote, hasta alcanzar el máximo valor en el octavo muestreo ocurrido durante el mes de octubre (otoño), con rendimientos de hasta 3,600 kg MS ha⁻¹ y 65% de cobertura basal. Se concluye que la producción de forraje en praderas de pasto buffel bajo condiciones de temporal, será variable de acuerdo a las condiciones ambientales, principalmente de precipitación y temperatura.

PALABRAS CLAVE: Producción, cobertura, buffel, temporal, pastoreo continuo.

¹ Universidad Autónoma de Tamaulipas. Facultad de Ingeniería y Ciencias, Centro Universitario "Lic. Adolfo López Mateos", Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, C.P. 87149.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento productivo de una pradera de pasto buffel cv. H-17 bajo condiciones de temporal en la zona centro de Tamaulipas.

OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Determinar el rendimiento de forraje estacional y acumulado de pasto buffel cv. H-17 bajo condiciones de temporal en la zona centro de Tamaulipas.
- Determinar la cobertura basal de la pradera bajo condiciones de temporal.

IMPACTO CIENTÍFICO

Como parte de los resultados obtenidos durante la presente investigación, se redactó un artículo científico y se participó en un congreso.

IMPACTO ACADÉMICO

Durante la presente investigación, se desarrollaron recursos humanos de los que da fe el título de Ingeniero Agrónomo del C. Edwin Rafael Alvarado Ramírez. Además, este artículo fue considerado como parte del libro “Nueva generación de investigadores. Nuevos profesores de tiempo completo”.

TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO

Como complemento de los resultados obtenidos durante la presente investigación, se impartió el curso “Establecimiento y manejo de praderas de temporal” a ganaderos de la Asociación Ganadera Local de San Fernando, Tamaulipas, un tema relacionado con el proyecto ejecutado. Es importante mencionar que dichos productores quedaron muy interesados en el tema, a tal grado de que se realizará una segunda fase la cual consistirá en la parte práctica.

INTRODUCCIÓN

En las regiones tropicales existen diversos ecosistemas de praderas, con gran variedad de pastos forrajeros (cultivados y nativos), que se caracterizan por presentar di-

ferencias morfológicas como hábito de crecimiento, nivel de exposición de los meristemas de crecimiento a la defoliación, órganos de reservas y presencia o ausencia de estolones y rizomas. Estas características determinan diferencias en la capacidad de rebrote y en la producción de forraje para cada especie y deben ser consideradas en la toma de decisiones de manejo cuando se pretenda obtener el mayor rendimiento económico por hectárea (Cruz y Boval, 2000). Para lograr lo anterior es importante conocer la dinámica de crecimiento de las especies a explotar.

La defoliación consiste en la remoción total o parcial de la parte aérea de las plantas. En una pradera, las plantas sufren defoliaciones intermitentes, cuya intensidad y frecuencia (o su inverso, el intervalo de defoliación) dependen de los animales en pastoreo, la densidad de carga y el manejo del pastoreo (Wade y Carvalho, 2000), ó en su caso, del régimen de corte empleado. En praderas en pastoreo, las defoliaciones no afectan solamente a una planta, sino también a las plantas vecinas, por lo que la defoliación, puede considerarse como un evento que elimina la competencia por luz; por ello, la respuesta general de una planta a la defoliación parece ser un mecanismo complejo que depende no sólo de la intensidad y frecuencia de defoliación sufrida por la planta en sí, sino también, del patrón de defoliación de las plantas vecinas (Lemaire, 2001). Así, dependiendo del comportamiento de pastoreo selectivo de los animales por diferentes especies de plantas y diferentes estructuras morfológicas de las plantas, la habilidad de competencia de diferentes plantas dentro de una pradera en pastoreo, puede ser fuertemente influenciada por el manejo del pastoreo (Crawley, 1983; Louda *et al.*, 1990; citados por Lemaire, 2001).

El manejo de la defoliación influye en la velocidad de crecimiento, producción, composición, calidad y persistencia de la pradera (Hernández-Garay *et al.*, 1997); por lo que es importante conocer las interrelaciones entre las prácticas de manejo de la defoliación (frecuencia, intensidad y momento de la defoliación) y la respuesta de las plantas (crecimiento, acumulación de forraje, etc.), para fundamentar la planeación y desarrollo eficientes, de estrategias para el manejo de praderas (Da Silva, 2004).

PRINCIPALES RESULTADOS

Rendimiento de forraje

La producción de materia seca a través del tiempo en pasto buffel cv. H-17 se observa en la Figura 1. El modelo de regresión y el coeficiente de determinación fue alto con valor de $R^2 > 0.86$ para la variable estudiada. El rendimiento de forraje total se incrementó con la edad de rebrote, hasta alcanzar el máximo rendimiento en el octavo muestreo ocurrido durante el mes de octubre (otoño), con rendimientos

de hasta 3.6 ton ha⁻¹ de materia seca acumulada; sin embargo, se observó un menor rendimiento durante los meses iniciales, los cuales coincidieron con la estación de primavera, con rendimientos de 0.2 ton ha⁻¹ (Figura 1). Resultados similares se observaron en lo realizado por Hernández (2013) quien evaluó el establecimiento de especies de gramíneas forrajeras en la zona centro de Tamaulipas, donde obtuvo valores de 3.0, 4.2 y 6.4 t MS ha⁻¹ para pasto buffel Común, Bermuda Tifton 68 y Guinea, respectivamente. Al respecto, en un estudio Silva *et al.* (1987) realizando cortes durante el período de lluvias en los años 1980 a 1983, encontraron un rendimiento promedio de 4,130 kg ha⁻¹ año⁻¹ de materia seca en pasto buffel cv. Gayndah. Al evaluar cortes en diferentes épocas del año en buffel cv. Molopo y Biloela, Silva y Faria (1995) encontraron rendimientos promedio de 6 455 kg MS ha⁻¹ año⁻¹.

En crecimiento del pasto buffel H-17 mostró la tendencia a ser una curva clásica de crecimiento, tipo sigmoideal. Esta tendencia en el crecimiento, es semejante a la obtenida por Bircham y Hodgson (1983) y Chapman y Lemaire (1993), quienes al estudiar la dinámica de crecimiento en pastos templados, observaron que la acumulación neta de forraje se reduce, una vez que la planta alcanza el IAF óptimo, momento a partir del cual, el sombreo en capas inferiores se incrementa.

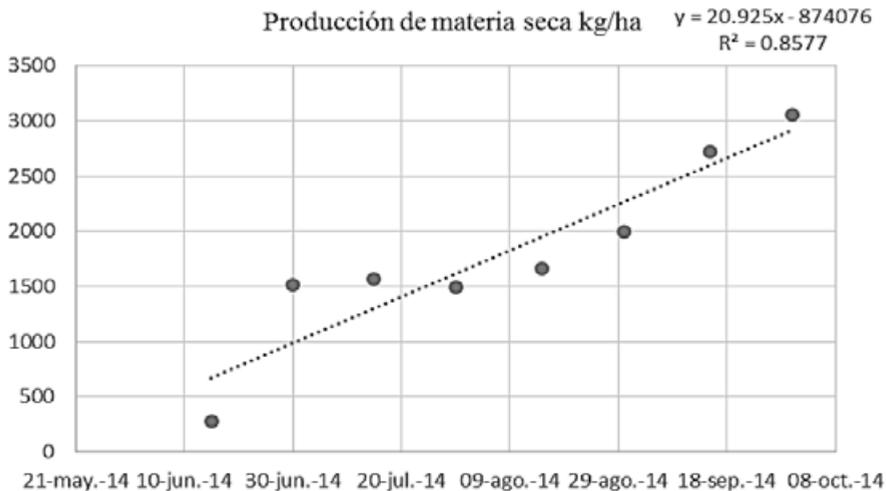


Figura 1. Rendimiento de forraje (kg MS ha⁻¹) de pasto Buffel cv. H-17 bajo condiciones de temporal, año 2015.

Cobertura basal

Los resultados obtenidos para la cobertura basal de pasto buffel se muestran en la Figura 2. El modelo de regresión y el coeficiente de determinación fue alto con

valor de $R^2 > 0.98$ para la variable estudiada. Al respecto, se puede observar un incremento mensual de $Y = 0.35111x + 4646$ durante el periodo comprendido de mayo a septiembre, lo cual coincide con el periodo de mayor temperatura y precipitación. La respuesta anterior coincide con lo reportado por Zárate (1995) quien al evaluar el establecimiento y producción de forraje en gramíneas tropicales, obtuvo valores del incremento de la cobertura de 30, 45 y 60% durante los meses de agosto a septiembre para pasto buffel cv. Nueces, *Cynodon spp.* cv. Tifton 68 y Tifton 85, evaluados bajo condiciones de riego y temporal. Al evaluar la cobertura de gramíneas y leguminosas se encontró que *Panicum maximum* CIAT 36000, *Brachiaria brizantha* cv. Toledo y *Brachiaria dictyoneura* cv. Llanero, alcanzaron 100% de cobertura a los 328 días después de emergencia y que coincidió con los mayores rendimientos de forraje, en comparación a otras especies (Orduz-Rodríguez *et al.*, 2011). Sin embargo, si no existen las condiciones adecuadas y de manejo, posteriormente esta cobertura tiende a disminuir, como sucede en las praderas de buffel donde se realizó el estudio.

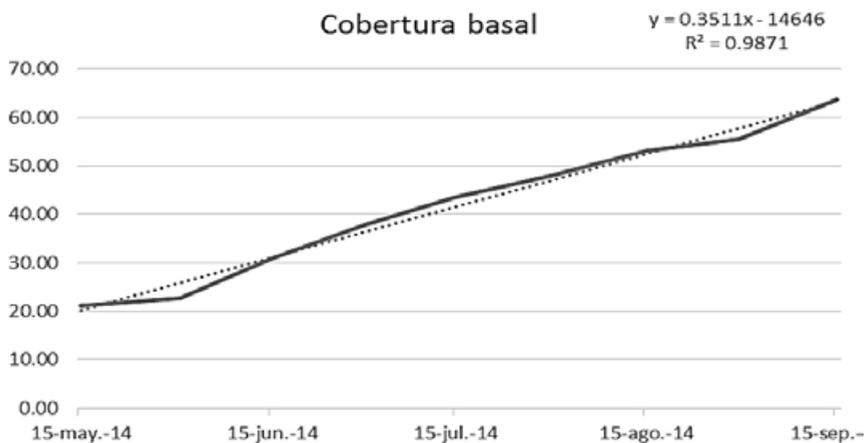


Figura 2. Incremento de la cobertura basal (%) de pasto buffel cv. H-17 bajo condiciones de temporal.

Se obtuvieron coberturas cercanas al 20% al inicio de la evaluación y tendió a incrementar hasta llegar a 65% al final del estudio, valor obtenido durante la época de mayor precipitación (Figura 2). En este sentido, existen estudios sobre evaluación de infiltración de agua en praderas de buffel comparado contra un pastizal nativo. Al respecto, al inicio de un estudio Velásquez *et al.* (2014) encontraron coberturas de 31.6% (mala) a 34.4% (buena) en pasto buffel, sin embargo; en el pastizal nativo se encontraron valores superiores al 50% compuesto por malezas, grava o roca y al final de la evaluación, obtuvieron valores de 62.8% (mala) y 89.45% (buena) de cobertura del suelo.

CONCLUSIONES

El rendimiento de forraje se incrementa con la edad del rebrote, hasta alcanzar el máximo en la octava semana durante primavera y otoño y en la séptima en verano y sexta durante el invierno.

La mayor cobertura de la especie deseada, en este caso pasto buffel impedirá la presencia de especies no deseadas (malezas o arvenses), además; se verá reflejada en mayor rendimiento de forraje.

La producción de forraje en praderas de pasto buffel bajo condiciones de temporal, será variable de acuerdo a las condiciones ambientales, principalmente de precipitación y temperatura.

RECOMENDACIONES

Se sugiere continuar con este tipo de investigaciones, ya que las condiciones ambientales varían de un año a otro, por lo que durante un periodo de evaluación no sería muy apropiado realizar una recomendación. Sin embargo, se puede resaltar que el pasto buffel es una de las pocas gramíneas forrajeras introducidas que llegó para quedarse, ya que su comportamiento productivo ha sido muy apropiado para las condiciones ambientales de la región, por lo que es y seguirá siendo una de las principales opciones forrajera.

De acuerdo a la naturaleza de este tipo de investigaciones, sujetas a las condiciones ambientales, muchas veces resulta un tanto complicado ajustarse a los tiempos. Además, es importante mencionar que éste es un primer avance de todo un proyecto integral, por lo que se siguen y seguirán realizando evaluaciones para generar mayor cantidad de productos.

REFERENCIAS

- Bircham, J. S., and Hodgson, J. (1983), The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. *Grass and Forage Science*. 38:323-331.
- Chapman, D. F., and Lemaire, G. (1993), Morphogenic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: Baker, M. J. (Ed.). *Grasslands for our world*. Wellington: SIR. chap. 3, pp. 55-64.
- Cruz, P., y Boval, M. (2000), Effect of nitrogen on some morphogenetic traits of temperate and tropical perennial forage grasses. In: Lemaire, G., Hodgson, J., Moraes, A., Nabinger, C. and Carvalho, F.P.C. *Grassland Ecophysiology*

- and Grazing Ecology. CABI Publishing. UK. pp. 101-126.
- Hernández, G. A., Matthew, C., Hodgson, J. (1997), Effect of spring grazing management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures. 1. Tissue turnover and herbage accumulation. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 40: 25-35.
- Hernández, N J. A. (2012), Comportamiento forrajero de gramíneas tropicales bajo condiciones de manejo intensivo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería y Ciencias. Universidad Autónoma de Tamaulipas, pp. 80.
- Lemaire, G. (2001), Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. In: Gomide, J. A., Mattos, W. R. S., Da Silva, S. C. (Eds). Proceedings of the XIX International Grassland Congress, São Pedro, São Paulo, Brasil. pp. 29-37.
- Orduz-Rodríguez, J. O., Calderón, M. C. L., Bueno, G., Baquero, P. J. E. (2011), Evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras como coberturas y su influencia en el control de malezas en el establecimiento de cítricos en el piedemonte del Meta. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 12(2):121-128.
- Silva, C. M. M. de S., y De Faria, C. M. B. (1995), Seasonal variation in nutrient content and nutritive value of tropical forage plants. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 30: 413-420.
- Silva, C. M. M. S., De Oliveira, M. C., De Albuquerque, S. G. (1987), Avaliação da produtividade de treze cultivares de capim buffel, na região semi-árida de Pernambuco. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 22(5):513-520.
- Velásquez, V. M. A., Sánchez, C. I., Gutiérrez, L. R., Muñoz, V. J. A., Macías, R. H. (2014), Impacto hidrológico del cambio de uso del suelo de un pastizal nativo a praderas de zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.). *Revista Chapingo, Serie Zonas Áridas*. 13(2):47-58.
- Wade, H. M., and Carvalho, F. P. C. (2000), Defoliation patterns and herbage intake on pastures. In: Lemaire, G., Hodgson, J., Moraes, H., Nabinger, C., Carvalho, P. F. (eds). Grassland ecophysiology and grazing ecology, CAB International. Wallingford, UK. pp. 233-248.
- Zárate, F. P. (1995), Establecimiento, producción y valor nutritivo del forraje de ocho variedades de zacate bermuda bajo riego en Güemez, Tamaulipas. Tesis Maestría en Ciencias Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 150 p.

José Octavio Merino Charrez



Estudió la carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Dr. Norberto Treviño Zapata de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, la maestría en Ciencias Veterinarias y Zootécnicas en la misma institución y obtuvo la mención *cum laude* y doctorado internacional en su doctorado en Investigación Básica Aplicada a Recursos Cinegéticos en el Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos perteneciente a la Universidad de Castilla-La Mancha en Ciudad Real España. Es Profesor de Tiempo Completo en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, pertenece al Sistema Nacional de Investigadores nivel 1, es distinguido con perfil PRODEP y forma parte del cuerpo académico de Sanidad Animal, además de ser miembro del Panel de Expertos en Investigación por la Comisión de Salud Fronteriza México-Estados Unidos. Durante su trayectoria académica ha publicado 12 artículos científicos en revistas internacionales, ha participado en más de 10 proyectos de investigación nacionales e internacionales de los cuales ha dirigido 3 (PRODEP, UAT y CONACYT), ha producido tres tesis de licenciatura dos de nivel maestría y dos de doctorado.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

Diagnóstico, fisiopatología y prevención de enfermedades en animales domésticos y silvestres; estudio de hemoparásitos y control de garrapatas.

Identificación serológica y biomolecular de la enfermedad epizootica hemorrágica de los venados en Tamaulipas

José Octavio Merino Charrez

RESUMEN

La Enfermedad Epizootica Hemorrágica de los Venados (EHDV) es una enfermedad no contagiosa causada por un virus clasificado dentro del género *Orbivirus*, perteneciente a la familia *Reoviridae* que se transmite mediante mosquitos del género *Culicoides* y afecta principalmente a ruminantes dentro de los que se encuentra el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*). Recientes reportes indican la presencia de anticuerpos en venados de México y su presencia ha sido confirmada en distintos estados del sudeste de los Estados Unidos de América. Sin embargo, en México y más aun en Tamaulipas no se han realizado estudios que reflejen el estatus sanitario referente a esta enfermedad, por lo que en esta investigación se propuso la identificación del virus por medio de serología y técnicas de biología molecular así como la geolocalización de los puntos de incidencia de EHDV. Los resultados muestran que al menos 9 de los animales muestreados resultaron positivos a EHDV mediante la técnica de RT-PCR y 12 resultaron positivos a la técnica de ELISA. Éste es el primer reporte de amplificación directa EHDV en venados en nuestro país y representa información de gran relevancia para el país y para los productores cinegéticos. El objetivo es identificar mediante ELISA y RT-PCR la presencia de la enfermedad epizootica hemorrágica de los venados en Tamaulipas.

Se obtuvieron tejidos y sangre de venado durante un año en ranchos cinegéticos y Unidades de Manejo Animal (UMA) presentes en Tamaulipas. El análisis para la identificación serológica de EHDV se realizó mediante la medición del título de anticuerpos contra el virus a partir de la medición de la absorbancia obtenida en el espectrofotómetro a 450nm de longitud de onda (iMark, Bio-Rad). Para la obtención de ARN se tomaron las muestras de tejidos y sangre obtenidas y se procesaron mediante los Kits TRIzol-Reagent (Life technologies. Cat Num: 15596.026) y QIAamp RNA Blood Mini Kit (QIAGEN Cat Num: 52304) respectivamente. Una vez obtenido el ARN de las muestras y usando los primers específicos dirigidos para EHDV se llevo a cabo la detección y cuantificación de la infección mediante RT-PCR utilizando los Kits GoTaqRFLexi DNA Polymerase (Cat Num: M829) y SYBR Green

Quantitative RT-qPCR Kit (Cat Num: QR0100-1KT) de acuerdo a los protocolos establecidos anteriormente por Clavijo *et al.*, 2010. Los resultados obtenidos permitieron establecer que al menos 9 de los animales muestreados resultaron positivos y presentaron un amplicon de la talla esperada. Los resultados de la prueba de ELISA permitieron confirmar el contacto de al menos 12 animales con EHDV, aunado a esto se pudo establecer que los parámetros ideales para llevar a cabo la electroforesis son mediante la aplicación de una carga de 90 voltios y con una duración aproximada de 35 min.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de esta investigación fue la identificación serológica y biomolecular de la enfermedad epizootica hemorrágica de los venados en Tamaulipas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar mediante análisis serológico los animales que han estado en contacto con EHDV
- Diagnosticar mediante biología molecular RT-qPCR los animales que sean portadores de EHDV
- Con base en los resultados obtenidos, generar un mapa de incidencia de EHDV en Tamaulipas.

IMPACTO CIENTÍFICO

La investigación llevada cabo en este proyecto ha sido enviada para su publicación en un journal y representa el primer reporte de la enfermedad epizootica hemorrágica de los venados en México mediante las técnicas RT-PCR y ELISA. Dicha información representa un descubrimiento de suma importancia epidemiológica para la producción cinegética del Estado y en general del país.

IMPACTO ACADÉMICO

El presente trabajo sirvió para la elaboración de dos tesis la primera de nivel licenciatura elaborada por el alumno Juan Diego Vidales Guevara y lleva por nombre “Estandarización de la técnica de RT-PCR para la detección de la Enfermedad Epizootica Hemorrágica de los Venados (EEHV) en Tamaulipas” dicha tesis permitió estandarizar los parámetros técnicos para la identificación de ácido nucleico de EHDV y sirvió como parte fundamental para la realización de la segunda tesis de nivel Maestría la cual se elaboró por el MVZ Genaro Galván de León y se denomina

“Identificación serológica y biomolecular de la Enfermedad Epizootica Hemorrágica en venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en Tamaulipas”.

TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO

Este proyecto pretende inducir el desarrollo y utilización de tecnologías inmunológicas y moleculares en los estudiantes, ampliar sus competencias para el futuro desempeño profesional e incrementar la inserción de estudiantes en la investigación. También se pretende consolidar la investigación multidisciplinaria del cuerpo académico mediante la interacción de los diferentes actores relacionados con la investigación como investigadores, estudiantes y el sector industrial.

Fortalecer la institución mediante investigación de calidad que presente resultados de interés para los médicos veterinarios y la sociedad en general contribuyendo así con el desarrollo social. Elevar la calidad de la educación para que los estudiantes mejoren su nivel de logro educativo, cuenten con medios para tener acceso a un mayor bienestar y contribuyan al desarrollo nacional.

Promover la investigación institucional mediante la gestión de proyectos de investigación asociados a medicina veterinaria con participación estudiantil, formando a su vez profesionales con valores y competencias que permitan la superación personal y profesional.

INTRODUCCIÓN

La Enfermedad Epizootica Hemorrágica de los Venados (EHDV) es una enfermedad no contagiosa causada por un virus clasificado dentro del género *Orbivirus*, perteneciente a la familia Reoviridae que se transmite mediante mosquitos del género *Culicoides*, afectando principalmente a la mayoría de los rumiantes tanto salvajes como domésticos. Aunque en ganado bovino y ovino la sintomatología cursa normalmente de forma asintomática, en ciervos cola blanca puede presentarse en forma crónica, aguda e hiperaguda caracterizada por presentar fiebre alta, anorexia, debilidad, problemas respiratorios, edema rápido severo de la cabeza y cuello, inflamación de la lengua y la conjuntiva. Los animales afectados generalmente mueren al cabo de 8-36 horas, pudiendo aparecer muertos con pocos síntomas clínicos. Debido a su patogenicidad y gran poder de transmisión, forma parte de las enfermedades de la Lista de la OIE (Organización Mundial de Sanidad Animal) y en la Lista de enfermedades de declaración obligatoria de la Unión Europea (Breard *et al.*, 2013; Clavijo *et al.*, 2010).

En los últimos años la Enfermedad Epizootica Hemorrágica de los venados ha estado presente en poblaciones de ciervos de América del Norte y periódicamente

ha causado problemas de epidemias en poblaciones de ciervos silvestres. Algunos de estos virus pueden llegar a causar problemas en ganado, aunque normalmente cursan de forma asintomática y raramente producen mortalidad, y suelen estar asociados a epidemias en animales silvestres (Stallknecht 1995; Biek R.2007; Martínez, A; Allison *et al.* 2010).

Actualmente el comité de taxonomía viral indica que existen 8 serotipos de virus causantes de enfermedad epizootica hemorrágica de los venados. Sin embargo, reciente información indica que el serotipo EHDV-3, presenta reacción cruzada con el serotipo EHDV-1 lo cual indica que pertenecen al mismo serotipo identificado.

Cambios recientes en la incidencia de padecimientos causados por arbovirus entre los que se encuentra EHDV ponen en riesgo animales que interactúan en áreas consideradas anteriormente libres de los distintos patógenos. Dichos cambios hacen necesaria la correcta identificación y caracterización de los animales infectados con EHDV con el fin de tomar medidas de control que permitan minimizar el riesgo de contagio entre los animales (Maclachlan and Guthrie, 2010).

CONTRIBUCIÓN A LA GENERACIÓN DEL CONOCIMIENTO

Principales resultados

Los resultados arrojados por la prueba serológica permiten constatar que 12 de 122 muestras resultaron positivas a la prueba de ELISA (Ver tabla 1) de estas 12 muestras una pertenece al municipio de Cruillas, dos pertenecen a Méndez, 7 a Nuevo Laredo y dos más a Victoria.

Municipio	Número de muestras	Machos	Hembras	Positivos a ELISA	Positivos a RT-PCR
Burgos	4	4	0	0	0
Cruillas	9	9	0	1	1
Jiménez	1	1	0	0	0
Llera	2	1	1	0	0
Méndez	34	0	34	2	1
Nuevo Laredo	58	3	55	7	5
Padilla	1	1	0	0	0
San Carlos	1	0	1	0	1
Victoria	12	11	1	2	2
Total	122	30	92	12	10

Tabla 1. Resultado de los análisis a la prueba de ELISA y RT-PCR

Una vez realizada la Reacción en Cadena de la Polimerasa con Transcripción Inversa se procedió a correr un gel de agarosa al 1%, bajo las condiciones mencionadas anteriormente, los resultados obtenidos permitieron establecer que al menos 9 de los animales muestreados amplificaron un producto de la talla esperada (Ver imagen 1). Aunado a esto se pudo establecer que los parámetros ideales para llevar a cabo la electroforesis son mediante la aplicación de de una carga de 90 voltios y con una duración aproximada de 35 min.

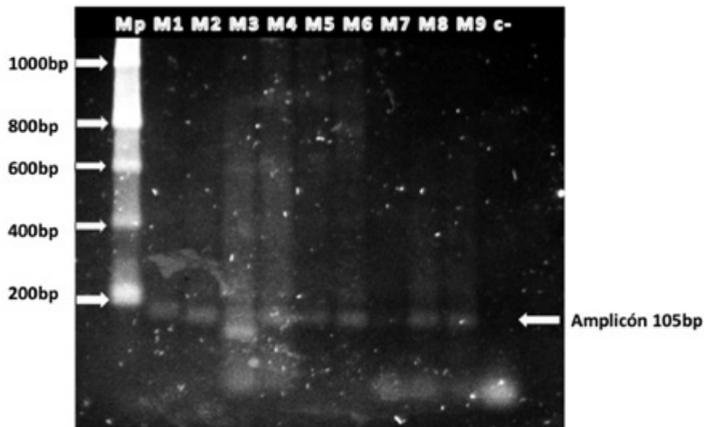


Figura 1. Gel de agarosa al 1% teñido con Diamond

Como se puede observar en el número 1, solo nueve del total de los animales muestreados amplificaron una banda del tamaño esperado. Estos representan un 10.9% del total de los venados muestreados.



Grafico 1. Porcentaje de animales muestreados con resultados

Dichos hallazgos permitieron establecer las áreas más susceptibles de contagio de EHDV en venados, cabe hacer mención que los municipios en los cuales se encontraron animales positivos a cualquiera de las dos técnicas diagnosticas están representados en la imagen 2.

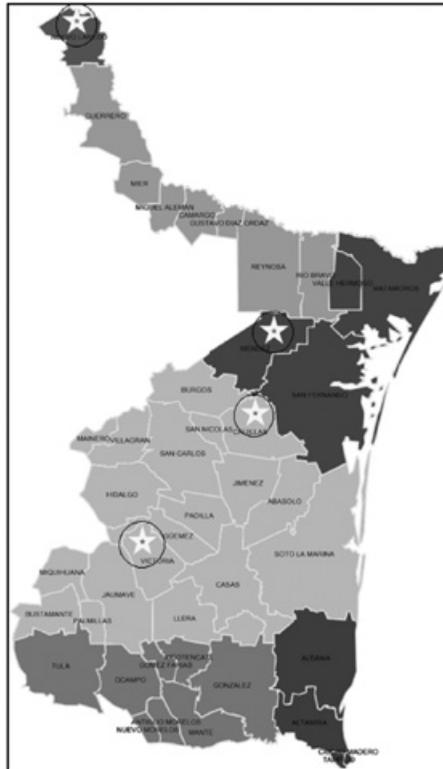


Figura 2. Mapa de incidencia de EHDV en Tamaulipas

CONCLUSIONES

El presente trabajo, muestra las condiciones para la identificación del Virus de la Enfermedad Epizootica Hemorrágica de los venados mediante RT-PCR; sin embargo existen algunas pequeñas modificaciones en la temperatura y tiempo que incrementan la calidad de los productos obtenidos.

Basados en las metodologías utilizadas en esta investigación podemos decir que la amplificación de un segmento genómico del Virus de la Enfermedad Epizootica Hemorrágica de los venados, permitió la detección de la enfermedad en nuestro país; esto concuerda con lo establecido en Manual de la OIE sobre animales terres-

tres, el cual menciona que la RT-PCR es hasta la fecha la prueba prescrita para el comercio internacional. Sin embargo, menciona también que el diagnóstico basado en la RT-PCR debe interpretarse con cuidado pues la RT-PCR detecta ácido nucleico específico de virus, pero ello no necesariamente indica la presencia del virus infeccioso.

Los resultados obtenidos en este trabajo, demuestran que el número de animales positivos EHDV utilizando la técnica de RT-PCR es bajo, dichos hallazgos son similares a los obtenidos en el estado de Nuevo León en el año 1999; no obstante es necesario mencionar que a diferencia de esta investigación, el trabajo presentado por Martínez se basa en la identificación de anticuerpos generados contra el virus y no en un fragmento de su información genética como lo hace el presente trabajo de investigación.

De acuerdo a lo puntualizado, además de estandarizar los perfiles térmicos de la RT-PCR, esta investigación permite fincar las bases para futuras investigaciones que generen información básica sobre el estatus sanitario de la fauna silvestre en Tamaulipas y aunado a los hallazgos publicados por Lozano Rendón para el estado vecino Nuevo León incrementan de manera convincente las evidencias de la presencia del virus en nuestro país. En México éste es el primer reporte en el que se amplifica un fragmento del contenido génico de la Enfermedad Epizootica Hemorrágica de los venados.

RECOMENDACIONES

Es necesario llevar a cabo mas investigaciones que permitan afianzar dichas aseveraciones y conlleven a un diagnóstico oficial con la única finalidad de prevenir la dispersión de la enfermedad en zonas donde no existe estabilidad enzoótica e implementar programas de control o erradicación en las zonas en las que sí se encuentre el patógeno.

REFERENCIAS

- A. B. Allison., V. H. Goekjian., A. C. Potgieter., W. C. Wilson., D. J. Johnson., P. P. C. Mertens and D. E. Stallknecht. (2010), Detection of a novel reassortant epizootic hemorrhagic disease virus (EHDV) in the USA containing RNA segments derived from both exotic (EHDV-6) and endemic (EHDV-2) serotypes. *Journal of General Virology*, 91, 430–439.

- A. Martinez, A. Salinas, F. Martinez, A. Cantu, and D. K. Miller (1999), Serosurvey for Selected Disease Agents in White-tailed Deer from Mexico. *Journal of Wildlife Diseases*: October 1999, Vol. 35, No. 4, pp. 799-803.
- Biek R. 2007. Evolutionary dynamics and spatial genetic structure of epizootic hemorrhagic disease virus in the eastern United States. *Infection, Genetics and Evolution* Vol. 7, Issue 5, Pages 651–655.
- Clavijo Alfonso, Feng Sun, Thomas Lester, Dane C. Jasperson, William C. Wilson. (2010), An improved real-time polymerase chain reaction for the simultaneous detection of all serotypes of Epizootic hemorrhagic disease virus. *J Vet Diagn Invest* 22:588–593
- Clavijo A., Sun F., Lester T., Jasperson D., Wilson W. (2010), Development of PCR-based tests for the identification of North American isolates of epizootic haemorrhagic disease virus. *J VET Diagn Invest* 22: 588
- Emmanuel Breard., Guillaume Belbis., Cyril Viarougea., Mickael Rioud., Alexandra Desprat., Joël Moreaud., Eve Laloye., Guillaume Martind., Pierre., Sarradind., Damien Vitour., Carrie Battenc., Virginie Doceul., Corinne Sailleau., Stéphan Zientara. 2013. Epizootic hemorrhagic disease virus serotype 6 experimentation on adult cattle. *Research in Veterinary Science* 95 (2013) 794–798.
- G. Savini., A. Afonso., P. Mellor., I. Aradaib., H. Yadin., M. Sanaa., W. Wilsong., F. Monaco., M. Domingo. (2011), Epizootic haemorrhagic disease. *Research in Veterinary Science* 91 1–17
- N. J. Maclachlan., A. J. Guthrie. (2010), Re-emergence of bluetongue, African horse sickness, and other Orbivirus diseases *Vet. Res.* 41:35
- Stallknecht, D.E., Nettles, V.F., Rollor, E.A., Howerth, E.W., 1995. Epizootic hemorrhagic-disease virus and bluetongue virus serotype distribution in white-tailed deer in Georgia. *J. Wildlife Dis.* 31, 331–338.

Eduardo Osorio Hernández



Estudió la carrera de Ingeniero Agrónomo Parasitólogo y la maestría en Ciencias en Parasitología Agrícola en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, campus Saltillo y el doctorado en Ciencias en Fitosanidad-Fitopatología en el Colegio de Postgraduados, campus Montecillo. Es Profesor de Tiempo Completo de la Facultad de Ingeniería y Ciencias, es miembro de Sistema Nacional de Investigadores nivel candidato. Perteneció al cuerpo académico manejo, conservación y mejoramiento de los recursos fitogenéticos, en estado consolidado. Dirige un proyecto financiado por PRODEP como Nuevo Profesor de Tiempo Completo y colabora en 3 proyectos externos financiados por SAGARPA, CONACYT y Fundación Produce. Ha publicado 8 artículos en revistas nacionales e internacionales y actualmente dirige dos tesis de licenciatura y una tesis de doctorado.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

Manejo de enfermedades de plantas, interacción de los cultivos con factores bióticos y abióticos, manejo y mejoramiento de recursos fitogenéticos de interés agrícola.

Fitopatógenos asociados en la base del tallo y raíz de la sábila (*aloe barbadensis*) en el estado de Tamaulipas

Eduardo Osorio Hernández

RESUMEN

La sábila (*Aloe barbadensis* Miller) es un cultivo de importancia agrícola e industrial a nivel mundial. El estado de Tamaulipas ocupa el primer lugar en la producción de este cultivo. Sin embargo, las zonas productoras de sábila presentan un problema por *F. oxysporum*, caracterizada por la podredumbre de la base, amarillamiento y marchitamiento de las hojas, limitando la cantidad y la calidad de hojas de *A. barbadensis* Miller. *Trichoderma* spp., posee diversos mecanismos de acción como la secreción de enzimas hidrolíticas, antibiosis, inducción de resistencia, además de competencia por nutrientes y por espacio. Por lo anterior, el objetivo fue identificar y caracterizar los fitopatógenos y antagonistas en el cultivo de la sábila. Para ello se realizaron muestreos de suelo y material vegetal en cinco municipios de Tamaulipas (Victoria, Padilla, Llera, Jaumave y Xicoténcatl, un lote de cada municipio), para el aislamiento de los patógenos y antagonistas. Para el aislamiento del patógeno y antagonistas se realizaron diluciones de suelo y cortes de material vegetal de 5 mm (previamente desinfectada con Hipoclorito de sodio al 2%) y se puso en cajas de Petri con medio Papa Dextros Agar y Agar Nutritivo. Los aislados se identificaron utilizando claves taxonómicas (Leslie y Summerell, 2006; Watanabe, 2010). De las cuales se identificó a *Fusarium* spp., y *Trichoderma* spp. Para evaluar el efecto antagónico de *Trichoderma* spp., se realizaron confrontaciones (antagonista vs fitopatógeno por cada localidad), empleando la técnica de cultivo dual en cajas de Petri con PDA y la determinación de la clase de antagonismo con base a la escala de Bell *et al.*, (1982). El antagonismo se evaluó registrando las siguientes variables: porcentaje de inhibición de crecimiento radial y día de contacto. Así mismo se realizaron pruebas *in vivo*, en la cual se utilizaron macetas con sustrato peet most® y lobricomposta, donde se colocó una planta de sábila de un año de edad. Se establecieron seis tratamientos con cinco repeticiones, utilizando aislados de *Trichoderma* (T2 y T3) y *Fusarium* (F1) provenientes de Victoria, Tamaulipas, y un testigo (T0) nativos de suelos cultivados de sábila. Las variables evaluadas fueron altura (cm), número de hojas, peso de la raíz (gr), incidencia y las unidades formadoras de colonias (UFC) de *Fusarium* y *Tri-*

choderma. Los datos obtenidos se les aplicó un análisis estadístico y la comparación de medias con el programa SAS versión 2. Los resultados mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos, destacando el aislado de *Trichoderma* perteneciente a la localidad Victoria 2 (V2), con un porcentaje de inhibición de 86% sobre *Fusarium* y un crecimiento micelial mayor comparado con los demás tratamientos. Según la escala de Bell *et al.* (1982) el tratamiento V2 se clasifica como nivel 1, debido a que el antagonista ocupa completamente la superficie del medio, cubriendo en su totalidad al patógeno. Para el caso se la evaluación en macetas el análisis estadístico mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos, donde el tratamiento T2 mostró mayor altura, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el número de hojas. Por otra parte las plantas sembradas en el sustrato lombricomposta presentaron diferencias significativas en el peso de raíz con una media de 1424.6 en comparación a las sembradas en *peat moss*® con una media de 727.3. Las UFC mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el crecimiento de *Trichoderma* y *Fusarium* provenientes del sustrato lombricomposta donde fue mayor el crecimiento de *Trichoderma* (T3 y T2) con una media de 9.778 a comparación de *Fusarium* con una media de 3.667. En el sustrato *peat moss*® no se encontraron diferencias significativas respecto al crecimiento del antagonista y el fitopatógeno. El aislado T3 mostró su efectividad en invernadero debido a que se presentó la incidencia de *Fusarium* en plantas de sábila un 3.33% en el sustrato lombricomposta, y 5.26% en *peat moss*®. Los aislamientos de cepas nativas de *Trichoderma* son agentes promisorios en el control de *Fusarium*. Por lo anterior, se sugiere la implementación del aislado T3 en campo.

OBJETIVO GENERAL

Determinar los principales fitopatógenos y antagonistas presentes en el cultivo de la sábila en el estado de Tamaulipas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.-Identificar y caracterizar a nivel morfológico y molecular los principales fitopatógenos en el cultivo de la sábila. 2.-Estimar la incidencia de la enfermedad en la sábila en las principales zonas productoras de sábila. 3.-Identificar y caracterizar morfológicamente y molecular los principales antagonistas relacionados en el cultivo de la sábila. 4.-Determinar el efecto antagónico de los microorganismos nativos contra los patógenos relacionados a la sábila.

IMPACTO CIENTÍFICO

Se presentarán dos resúmenes en el congreso de la Sociedad Mexicana de Fitopatología titulados “Antagonismo *In vitro* de *Trichoderma* spp. contra *Fusarium oxysporum* y efectividad de *Trichoderma* contra *Fusarium* en plantas de sábila”. Además está en revisión el artículo titulado “*Trichoderma* spp., como alternativa en el manejo de fitopatógenos”.

IMPACTO ACADÉMICO

En este proyecto se integraron 2 estudiantes de licenciatura y una estudiante de doctorado.

TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO

El proyecto está vinculado con los productores que lo ven una alternativa para el manejo de enfermedades.

INTRODUCCIÓN

La sábila (*Aloe* spp.) se ha convertido en un cultivo con excelente perspectiva de crecimiento, por ello Tamaulipas es uno de los estados de la república mexicana que más procesa esta planta. Además cuenta con una superficie superior a las 4 734 hectáreas sembradas. Los principales municipios productores de este producto son: González, Mante, Llera, Padilla y Jaumave (SIAP, 2013). En el ámbito nacional, Tamaulipas ocupa el primer lugar con una producción anual de poco más de 200 mil toneladas las cuales se exportan al mercado de Estados Unidos de América y Europa. La sábila contiene 95-96% de agua y más de 75 otros constituyentes que incluyen vitaminas, minerales, enzimas, azúcares, compuestos fenólicos, saponinas, aminoácidos, etc. (Hamman, 2008). Debido a estos componentes de la planta es muy empleado en las industrias de medicina y cosméticos profesionales (Daodu, 2000). Sin embargo, una de las principales limitantes para la producción de este cultivo son las enfermedades causadas por *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Phythium ultimum*, *Aspergillus verocosa*, *Plectosphaerella cucumerina*, *Mammertia ehinobotryoides* y *Torula herbarium* (Ayodele y Ilondu, 2008; Kawuri *et al.*, 2012), además de *Pectobacterium chrysanthemi* (Mandal y Maiti, 2005). En Tamaulipas, las zonas productoras de sábila tienen un problema muy serio de una enfermedad, cuyo agente causal no ha sido identificado. En países como Nigeria y China se mencionan que están relacionados con *F. oxysporum*, *F. solani* y *P. chrysanthemi* (Ilondu, 2013; Ma *et al.*, 2007).

Estos patógenos causan podredumbre de la base, y esto limita la cantidad y la calidad de hojas de plantas de *Aloe vera*. La infección aparece en la base de las hojas más viejas o maduras que muestran la podredumbre marrón amarillenta. Bajo infección severa, las hojas se inclinan y se caen. Esto puede conducir a la defoliación parcial o completa de la planta en función de la gravedad de la infección (Kamuri *et al.*, 2012). A veces, la infección severa puede conducir a la muerte prematura de la planta. Considerando el valor medicinal y económico de la sábila, se carece de información sobre los patógenos asociados con la enfermedad de la pudrición de la base de la planta en México (Ayodele y Ilondu, 2008). El uso de microorganismos antagonistas nativos es una alternativa para el manejo de fitopatógenos del suelo. Se ha demostrado el efecto de antagonistas tales como *Bacillus* spp. (Vega, 2001), hongos como *Trichoderma* spp. (Anees *et al.*, 2010; Bell *et al.*, 1982; García *et al.*, 2005) y actinomicetos (*Streptomyces* spp.) (Ezziyyani *et al.*, 2004) contra diversos fitopatógenos como *F. oxysporum* y *Phytophthora* parasítica (Osorio *et al.*, 2014). Dado lo anterior este estudio pretende proporcionar información de la patogenicidad de la microflora asociada con la pudrición de tallo y raíz, además de los antagonistas presentes en el suelo con plantas de sábila. Se espera que el conocimiento de los agentes etiológicos ayude al manejo de la enfermedad.

CONTRIBUCIÓN A LA GENERACIÓN DEL CONOCIMIENTO

Se obtuvo un género de *Trichoderma* con efecto contra *Fusarium* y es una alternativa para el manejo del marchitamiento en el cultivo de la sábila. Este conocimiento realizará la transferencia a los productores.

CONCLUSIONES

Trichoderma mostró efecto inhibitorio contra *Fusarium* sp., bajo condiciones *in vitro* y se requiere realizar más pruebas a nivel campo. *Trichoderma* es una alternativa para el manejo de pudrición de la sábila.

RECOMENDACIONES

Se sugiere llevar a cabo pruebas en invernadero y campo (repetirlas dos veces) de los diferentes aislados de *Trichoderma* y de todos los municipios donde se aislaron los antagonistas.

REFERENCIAS

- Anees, M., Tronsmo, A., Edel-Hermann, V., Hjeljord, L. G., Héraud, C., y Steiberg, C. (2010), Characterization of field isolates of *Trichoderma* antagonistic against *Rhizoctonia solani*. *Fungal Biology*. 114: 691-701.
- Ayodele, S. M. y E. M. Ilondu. (2008), Fungi associated with base rot disease of aloe vera (*Aloe barbadensis*). *African Journal of Biotechnology* 7 (24), 4471-4474.
- Bell, D.K., H. D. Wells y C. R. Markham. (1982), In vitro antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. *Ecology and Epidemiology*. 72: 379-382.
- Daodu T (2000), Aloe vera, the miracle healing plant. Health Field Corporation, Lagos, p. 36.
- Ezziyyani, M., C. P. Sánchez, M. E. Requena, L. Rubio y M. E. Candela,. (2004), Biocontrol por *Streptomyces rochei* –Ziyani–, de la podredumbre del pimiento (*Capsicum annum L.*) causada por *Phytophthora capsici*. *Anales de Biología*, 26: 69-78.
- García, R., J. Salas, R. C Riera, Zambrano, A. Maggiorani y A. García,. (2005), Uso del antagonista *Trichoderma harzianum* para controlar tres enfermedades fungosas del suelo. *INIA Divulga*, 4: (8-14).
- Hamman, J. H. (2008), Composition and Applications of Aloe vera Leaf Gel. *Molecules*, 13: 1599-1616.
- Ilondu, E. M. (2013), Pathogenicity of mycoflora of tip-rot disease of Aloe vera (*Syn Aloe barbadensis* Miller), a common medicinal plant In Abraka, Delta State, Nigeria. *African Journal of Microbiology Research*, 7(33):4271-4275.
- Kawuri, r., D. N. Suprapta, y. Nitta y T. homma. (2012), Destructive Leaf Rot Disease Caused by *Fusarium oxysporum* on *Aloe barbadensis* Miller in Bali. *Agricultural Science Research Journal* 2(6):295-301.
- Leslie, J. F., y B. A. Summerell. (2006), *The Fusarium laboratory manual* (1st ed.): Blackwell Publishing.
- Ma, B., M. E. Hibbing, H.-S. Kim, R. M. Reedy, I. Yedidia, J. Breuer, J. D., Glasner, N. T., Perna, A. Kelman and A. O, Charkowski,. (2007), Host range and molecular phylogenies of the soft rot enterobacterial genera *Pectobacterium* and *Dickeya*. *Phytopathology* 97:1150- 1163.
- Mandal, K. y S. Maiti, (2005), Bacterial soft rot of aloe caused by *Pectobacterium*

- chrysanthemi: a new report from India. *New Disease Reports*, 11,1. Immunopharmacology, Vol: 4, 1745–1755.
- Osorio-Hernández, E., J. Hernández-Morales, V. Conde-Martínez, A. C. Michel-Aceves, J. Cibrián-Tovar and H. Vaquera-Huerta. (2014), Biocontrol of *Phytophthora parasitica* and *Fusarium oxysporum* by *Trichoderma* spp. in *Hibiscus sabdariffa* plants under field and greenhouse conditions. *African Journal of Agricultural Research*, 9(18):1398-1345.
- SIAP. 2013. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2013), Cierre de la producción agrícola por cultivo. México. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo>.
- Vega, O. F. L. (2001), Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*, 62: 96-100.

Luz Yosahandy Peña Avelino



Estudió la carrera de Ingeniera Agrónoma Zootecnista en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, la maestría en Ganadería en el Programa de Recursos Genéticos y Productividad, del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo y el doctorado en Ciencias Ambientales en el área de Recursos Naturales en los Programas Multidisciplinarios de Posgrado en Ciencias Ambientales de la UASLP. Realizó una estancia Internacional en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Costa Rica, en el área de Ganadería Sostenible. Es Profesor de Tiempo Completo en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores de Nivel Candidato. Colabora en el Cuerpo Académico Mejoramiento y Biotecnología y Sistemas de Alimentación de la Facultad de Ingeniería y Ciencias evaluado como consolidado por la Dirección de Superación Académica. Ha dirigido 1 proyecto de investigación financiado por la SEP. Ha publicado 3 artículos y un capítulo en una serie técnica internacional.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

Sistemas de alimentación animal y manejo de recursos forrajeros en zonas tropicales; ganadería sostenible, bienestar animal y calidad de los productos pecuarios.

Valoración de dietas integrales basadas en de mezquite para cabritos en crecimiento

Luz Yosahandy Peña Avelino

RESUMEN

Las vainas de mezquite pueden reemplazar ingredientes convencionales de forma parcial. Esto disminuye los costos por concepto de alimentación y con el aprovechamiento de este recurso adaptado a la región, se ofrecerían nuevas alternativas de alimentación. Este trabajo valora dietas con niveles crecientes de mezquite en la respuesta productiva de cabritos criollos del Altiplano. La inclusión de 60% de vainas de mezquite en la dieta de los animales no produce diferencias significativas en la ganancia de peso de los cabritos con respecto a dieta convencional. Sin embargo, la genética que prevalece en el Altiplano Tamaulipeco limita las ganancias de peso esperadas de 300g/d. Por lo anterior se recomienda realizar estudios de mejoramiento genético.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la composición química y la calidad nutrimental de las vainas de mezquite que prospera en el Altiplano Tamaulipeco y evaluar el comportamiento productivo de cabritos alimentados con dietas integrales que estarán constituidas en forma sustancial (60%) con las vainas de mezquite

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el comportamiento productivo, el rendimiento de la canal, fermentación ruminal y de química sanguínea en cabritos, alimentados con dietas integrales con mezquite.
- Evaluar la composición química y de la carne del *Longissimus thoracis et lumborum* de los cabritos alimentados con las dietas experimentales.

IMPACTO CIENTÍFICO

Generar información de relevancia y actualizada que permita la elaboración de un artículo científico que será enviado a una revista indexada en el *Journal Citations Reports*.

IMPACTO ACADÉMICO

Revisar la literatura y desarrollar la estructura metodológica para un tema de investigación de licenciatura y otro para nivel de maestría, que permitirá la formación de recursos humanos de alta calidad profesional.

TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO

Generar un informe técnico dirigido a los productores que participan en el Comité Sistema Producto Caprino de Tamaulipas, para que conozcan la tecnología desarrollada y las áreas de oportunidad al adoptarla, debido a que el desarrollo del conocimiento científico que implica este proyecto influirá sobre el desarrollo de nuevos productos alimentarios para rumiantes, bajo un aprovechamiento de recursos naturales locales hoy en día subutilizados.

INTRODUCCIÓN

La producción nacional no satisface la demanda actual de alimentos y las proyecciones de la FAO para el año 2050, indican que se tendrá que prever un incremento del 70% a nivel global. Una alternativa, es la valoración de recursos naturales adaptados a las zonas áridas, uno de ellos es el mezquite. El uso de las vainas de mezquite, como alternativa en la alimentación de animales, permite ahorrar el gasto hídrico empleado en la producción de granos convencionales, además reduce los problemas de salinidad ocasionados por abatimiento de acuíferos y la competencia por ingredientes energéticos como el maíz y trigo de usados en la alimentación humana. En el estado de Tamaulipas, existen 1 500 129 ha con potencial óptimo para establecer plantaciones comerciales de mezquite, (Sampayo, 2011); pero en la zona Altiplano del estado es un recurso natural espontaneo que no ha sido del todo valorado por ejemplo el suministro o abastecimiento de fruto (vaina), disponible para recolección o forraje, alcanza rendimientos de 4.5 a 5.0 t/ha. Se estima que la producción de goma es 2 kg/ha/año (Sampayo, 2011).. Los antecedentes de las características químicas de las vainas de mezquite de las cuatro especies que se establecen en Tamaulipas son escasos. Lo anterior toma importancia debido a que la alimentación de los rumiantes en explotaciones estabuladas representa alrededor del 70% de la inversión total. Por lo que la búsqueda de alimentos alternativos que mejoren la productividad y el rendimiento de los animales a un menor costo mejorarían la rentabilidad de la explotación, el acceso de alimentos cárnicos y lácteos y por tanto la nutrición humana sería favorecida.

La evaluación de las vainas de mezquite en animales rumiantes no ha sido sencilla por ejemplo, Mahgoub *et al.* (2004) señalan que las ovejas alimentadas con

un 30% de vainas ganaron peso, pero no las alimentadas con 45%. Estos autores mencionan que los efectos negativos se presentaron después de seis semanas de alimentación. En tanto, corderos alimentados con niveles crecientes de vaina de *P. glandulosa Torr.* y complementados con pellets de alfalfa durante 12-14 días, los efectos se muestran a partir del nivel 60% con una disminución en el consumo y heces; sin embargo, los metabolitos en suero se mantienen normales. Mahgoub *et al.* (2005) usaron dietas completamente mezcladas con frutos de *P. juliflora* en la alimentación de cabras y mencionan que un consumo superior (300g/día) disminuye el consumo, a lo cual, suponen que el contenido de sustancias antinutricionales como taninos u otros compuestos fenolicos son responsables. Ravikala *et al.*, (1995) mencionan que la inclusión del 15% de vainas de *P. juliflora* en dietas para corderos en finalización, tiene una mayor eficiencia, sin observar efectos negativos en las variables respuesta, por lo que concluyen que las vainas mejoran los costos de alimentación. Lo anterior concuerda con Obeidat *et al.* (2008) quienes mencionan que el uso de 200 g/kg⁻¹ de vainas de *P. juliflora* en corderos de finalización alimentados con dietas completamente mezcladas tienen una mejor respuesta en variables productivas. Indican que como ingrediente alimenticio tiene potencial y podría resultar en un beneficio económico. Mahgoub *et al.*, (2005) afirman que elaborar un concentrado con vainas de *P. juliflora*, mostró valores comparables a los animales alimentados con un concentrado comercial, sin afectaciones en los parámetros hematológicos y con un beneficio económico por usar productos naturales que no implican costos de manufactura y transporte.

CONTRIBUCIÓN A LA GENERACIÓN DEL CONOCIMIENTO

El uso de vainas de mezquite contribuye de forma positiva en la alimentación de las cabras. No se observaron diferencias significativas en la respuesta productiva y la dieta resulta más económica respecto al precio de los granos convencionales.

CONCLUSIONES

Se concluye que las vainas de mezquite son un ingrediente con gran potencial en la alimentación de pequeños rumiantes que puede favorecer la nutrición de los animales.

RECOMENDACIONES

Es necesario realizar otros estudios que involucren el mejoramiento genético de las cabras con el objeto de incrementar la eficiencia de uso de los alimentos ofrecidos.

REFERENCIAS

- Mahgoub, O., I.T. Kadim, D.S. Al-Ajmi, N. M. Al-Sagry, A. S. Al- Abri, and A. R. Ritchie. 2004. The effects of replacing Rhodes Grass (*Chloris gayana*) hay with Ghaf (*Prosopis cineraria*) pods on the performance of Omani native sheep. *Trop. Anim. Health Prod.* 36: 281-294.
- Mahgoub, O., I.T. Kadim, H. E. Johnson, A. Srikandakumar, N. M. Al-Saqui, A. S. Al- Abri, and A. Ritchie. 2005a. The use of a concentrate containing Meskit (*Prosopis juliflora*) pods and date palm by- products to replace commercial concentrate in diets of Omani sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 120: 33-41.
- Mahgoub, O., I. T. Kadim, N. E. Forsberg, D. S. Al-Ajmi, N. M. Al-Sagry, A. S. Al- Abri, and K. Annamalai. 2005b. Evaluation of Meskit (*Prosopis juliflora*) pods as a feed for goats. *Anim. Feed Sci. Technol.* 121: 319-327.
- Ravikala, K., A. M. Patel, K. S. Murthy, and K. N. Wadhvani. 1995. Growth efficiency in feedlot lambs on *Prosopis juliflora* based diets. *Small Ruminant Research.* 16: 227-231.
- Sampayo, S. M. (2011), Establecimiento de plantaciones comerciales de mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr. en Tamaulipas). In INIFAP (Ed.), (Vol. 14). Rio Bravo, Tamaulipas: FOMIX Conacyt- Gobierno del Estado de Tamaulipas y el Patronato para la Investigación, Fomento y Sanidad Vegetal.

CIENCIAS DE LA SALUD

Rosa Mariana Montiel Ruiz



Estudió la licenciatura en Biología en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y la maestría en Farmacia en la misma institución. Es doctora en Investigación en Medicina con especialidad en Farmacología del Instituto Politécnico Nacional. Formó parte de la planta académica de la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán de la Universidad Autónoma de Tamaulipas como Profesor de Tiempo Completo (categoría D) (2013-2016) y donde también fue responsable del Laboratorio de Productos Naturales. Es Investigadora Asociada E1 del Centro de Investigación Biomédica del Sur, del Instituto Mexicano del Seguro Social. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde el 2013 (SNI, Nivel 1). Ha dirigido 2 proyectos de investigación con financiamiento externo por parte del CONACYT y la SEP. Su producción académica consta de la publicación de 8 artículos científicos en revistas internacionales de alto impacto y 2 artículos arbitrados; así como la dirección de 5 tesis de licenciatura y 2 de maestría.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

Estudio de la actividad farmacológica a nivel de sistema nervioso central de plantas medicinales; determinación de los mecanismos de acción de nuevos fármacos de origen natural para el tratamiento del dolor e inflamación; y estudio fitoquímico de plantas con potencial terapéutico.

Determinación de la actividad neurofarmacológica y toxicológica de plantas medicinales en modelos experimentales

Rosa Mariana Montiel Ruiz

RESUMEN

La búsqueda de nuevos principios activos basada en el uso popular de determinadas plantas, es una alternativa para el tratamiento de diversas enfermedades. Sin duda alguna, el perejil (*Petroselinum crispum*) es una planta mundialmente reconocida, no solo porque se utiliza en la preparación de platillos en el arte culinario, sino también por sus propiedades medicinales que se le han atribuido. Diversos estudios indican que *Petroselinum crispum* posee actividades farmacológicas entre las que se pueden destacar: antioxidante, hepatoprotector, antidiabético, espasmolítico, antiplaquetario, estrogénico, diurético, antihipertensivo, antimicrobiano y antifúngico. Sin embargo, se requieren mayores esfuerzos en la determinación de sus propiedades a nivel de sistema nervioso central, así como elucidar las posibles acciones toxicológicas de esta especie. Por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la administración del extracto hidroalcohólico de *Petroselinum crispum* sobre la actividad motora, ansiolítica, sedante-hipnótica, antinociceptiva y anticonvulsiva; así como la determinación de la toxicidad aguda utilizando el bioensayo de toxicidad en *Artemia salina* y en ratones mediante la prueba de Lorke. Los resultados sugieren que *Petroselinum crispum* no muestra efectos significativos sobre la actividad del sistema nervioso central, ni tampoco se observan efectos toxicológicos a nivel sistémico en ratón ni en organismos invertebrados, como la *Artemia salina*. Con base en esto, se puede concluir que, el perejil es una planta segura para su uso terapéutico, sin embargo se sugiere ampliar los estudios en este aspecto.

OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de la administración del extracto hidroalcohólico de *Petroselinum crispum* sobre la actividad motora, ansiolítica, sedante-hipnótica y analgésica, así como la determinación de su toxicidad aguda en ratones.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la actividad en el sistema nervioso central del extracto de *Petroselinum crispum* mediante la evaluación de la conducta exploratoria, la actividad ansiolítica, sedante-hipnótica, anticonvulsiva y analgésica en ratón.
- Determinar la dosis letal 50 (DL_{50}) del extracto de *Petroselinum crispum* mediante la prueba de toxicidad aguda, utilizando el Método de Lorke en ratón.
- Determinar la concentración letal 50 (CL_{50}) del extracto de *Petroselinum crispum* utilizando el bioensayo en *Artemia salina* L.

IMPACTO CIENTÍFICO

El desarrollo de proyectos apoyados y financiados por el sector educativo ha generado resultados que se presentaron en un congreso internacional organizado por la Asociación Mexicana de Investigación en Productos Naturales, A.C. (AMIPRONAT), durante la 12ª Reunión Internacional de Investigación en Productos Naturales. En dicho evento se participó con tres trabajos en la modalidad de cartel. Además, de la elaboración de tres tesis de Licenciatura de Químico Farmacéutico Biólogo (QFB) y el desarrollo de una tesis de Maestría en Análisis Clínicos. También, gracias a la dirección y el diseño experimental de dichas tesis de licenciatura se generó la redacción de artículos científicos que se encuentran en preparación para su posterior remisión a revistas de alto impacto científico.

Cabe señalar, que a pesar del amplio uso ancestral de plantas en la medicina tradicional de nuestro país, los estudios científicos aún son escasos y aislados. Además, en el estado de Tamaulipas, hasta el momento no existían laboratorios de investigación adecuadamente equipados, donde se pudiera evaluar simultáneamente el perfil farmacológico y la identificación de los compuestos químicos de plantas medicinales. La adquisición de materiales y equipos, a través de los financiamientos otorgados, ha permitido crear una nueva Línea de Generación de Conocimiento para el estudio de las plantas medicinales en la Unidad Académica Campus Reynosa-Aztlán de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), lo cual generará una capacitación integral de recursos humanos en el área de la investigación preclínica. Específicamente, en este laboratorio se podrán evaluar los efectos farmacológicos a nivel de sistema nervioso central (ansiedad, depresión, trastornos del sueño, dolor y afectación sobre la actividad motora), así como patologías relacionadas con el proceso inflamatorio y enfermedades crónico-degenerativas. Los resultados obtenidos en este laboratorio serán la base en el campo de investigación en la búsqueda de fármacos de origen natural, los cuales se han establecido como alternativas terapéuticas eficientes y confiables en el tratamiento de diversas enfermedades.

IMPACTO ACADÉMICO

La formación integral de recursos humanos de alta calidad es vital para las mejoras de los programas educativos de pregrado y posgrado. Con los apoyos obtenidos de este proyecto se ha logrado la formación de recursos humanos en el manejo de los modelos animales y el diseño experimental para la determinación del efecto de extractos de plantas medicinales sobre el sistema nervioso central. En el proyecto, trabajaron alumnos de pregrado desarrollando el modelo experimental y estandarización de la cuantificación de las conductas. Además, se ha logrado beneficiar al programa de Maestría en Análisis Clínicos (dentro del PNPC, Nivel en Consolidación) y al Cuerpo Académico de la Ciencias de la Salud (UAT-CA-55, Nivel consolidado) contribuyendo al fortalecimiento de la línea de investigación básica, clínica y epidemiológica de enfermedades crónicas degenerativas. Adicionalmente, se ha iniciado la colaboración con profesores del programa de Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos (dentro del PNPC) de esta institución, donde se podrán caracterizar y/o determinar efectos de los metabolitos relacionados con distintas dietas y/o suplementos alimenticios. Parte fundamental en el estudio de las plantas medicinales es la etnobotánica, por lo que se ha establecido una activa colaboración con investigadores del Instituto de Ecología Aplicada de la UAT, con quienes se realizan la identificación y colecta de las especies de interés científico. Estas redes de colaboración, beneficiarán de manera significativa a estudiantes y académicos de nuestra universidad y mediante estas estrategias se obtengan los conocimientos y experiencia en distintas técnicas que les permitan realizar estancias científicas en centros de investigación del país y del extranjero. Incrementando así, la movilidad estudiantil y académica.

TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO

Este proyecto será la base del establecimiento de nuevas redes nacionales en el campo de la investigación en la búsqueda de fármacos de origen natural, los cuales se han establecido como alternativas terapéuticas eficientes y confiables en el tratamiento de diversas enfermedades. A pesar de la amplia diversidad biológica y el uso de los recursos naturales en la medicina tradicional de nuestro país, los estudios en plantas medicinales aún son escasos y aislados. Es por ello que el presente proyecto será una estrategia que impulse el desarrollo en las investigaciones de los efectos terapéuticos de las plantas y sus derivados.

Además, la incorporación de infraestructura para el laboratorio de Investigación en Productos Naturales ha permitido la capacitación de los alumnos en el estudio de la farmacología y el análisis fitoquímico de las plantas medicinales, lo

que favorecerá el egreso de individuos mejor preparados en esta área de la investigación preclínica.

Con la adquisición de equipo de vanguardia, la Universidad Autónoma de Tamaulipas podrá contar con profesores-investigadores que generen nuevos conocimientos en el estudio de las plantas medicinales y que puedan ser de gran valor científico enfocados a solucionar problemáticas de salud que impacten a nivel regional, nacional e internacional.

Los resultados de este proyecto han generado una estrategia que impulsará el desarrollo en las investigaciones de los efectos terapéuticos de las plantas y sus derivados, lo cual nos ha permitido establecer colaboraciones con otros investigadores nacionales que ayuden en la obtención y generación de datos experimentales. En la actualidad, se ha establecido la colaboración con la Facultad de Farmacia de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y el Centro de Investigación Biomédica del Sur, del Instituto Mexicano del Seguro Social. Esto se ha reflejado en la participación de dos alumnos integrantes del laboratorio que realizaron estancias de investigación en dichas instituciones.

Antecedentes

El uso de las plantas medicinales es una práctica común en el tratamiento de diversas enfermedades y que ha sido el resultado de la experiencia e íntimo contacto con la naturaleza que el hombre ha acumulado por generaciones (Velázquez y cols., 2005). Hoy en día, la medicina tradicional constituye una alternativa importante en los servicios de atención primaria de la salud. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha estimado que en el mundo cerca del 80% de la población recurre al uso de las plantas medicinales (OMS, 2014). Tan solo en México, el número de pacientes que recurre a la medicina alternativa es de 20% del total de la población (Heinrich y cols., 2014). Por ello, es importante que se realice la investigación científica para determinar los efectos farmacológicos y toxicológicos de las plantas medicinales, con el objetivo de garantizar la seguridad de su uso.

El sistema nervioso es una red compleja de estructuras especializadas que tienen como misión controlar y regular el funcionamiento de los diversos órganos y sistemas, coordinando su interrelación y la relación del organismo con el medio externo. Varias plantas son capaces de afectar el comportamiento, las funciones cognitivas y otras actividades relacionadas con el sistema nervioso, cuyo efecto es el resultado de una combinación de los principales metabolitos que las componen (particularmente flavonoides y compuestos fenólicos) (Carlini, 2003; Gomes y cols., 2009).

Petroselinum crispum, comúnmente conocido como perejil, es una hierba de la familia Apiaceae, originaria de la región del Mediterráneo. Sin embargo, es amplia-

mente cultivada en el mundo debido a que se utiliza como condimento. Esta planta tiene un enorme uso en la medicina tradicional de nuestro país y varios estudios han mostrado su potencial efecto terapéutico a varios niveles en el organismo.

Los efectos benéficos de *Petroselinum crispum* en el tracto gastrointestinal que se describen en la medicina tradicional de varios países se han demostrado mediante la evidencia del efecto espasmolítico, gastroprotector y la determinación de los mecanismos involucrados en el efecto laxante (Al-Howiriny y cols., 2003; Kreydiyyeh y cols., 2001). Además, la actividad diurética de *Petroselinum crispum* ha sido utilizada como evidencia en el tratamiento de padecimientos en el tracto urinario (Kreydiyyeh y cols., 2002) o su efecto hipotensor (Brankovic y cols., 2008).

El uso tradicional de *Petroselinum crispum* en la amenorrea y dismenorrea puede estar relacionado con la determinación de su efecto antiplaquetario, anticoagulante (Gadi y cols., 2009), así como su actividad estrogénica (Yoshikawa y cols., 2000). Varios estudios recientes han demostrado que *Petroselinum crispum* puede actuar como inmunomodulador (Yousofi y cols., 2012), hepatoprotector (Bolkent y cols., 2004; Ozsoy-Sacan y cols., 2006), antidiabético (Tunali y cols., 1999; Yanardag y cols., 2003) y antioxidante (Tang y cols., 2015).

Se han aislado diversos compuestos químicos de *Petroselinum crispum*, a los cuales se les ha atribuido algunas de sus propiedades farmacológicas. Los flavonoides, son los compuestos de mayor abundancia en las partes aéreas de esta planta (Boldizar y cols., 2013; Hempel y cols., 1999). Además se han aislado otros compuestos tales como la apigenina, luteolina, isoramnetina, apiin y quercetina, mysticina, apiol y kaempterol (Chaves y cols., 2011; Hempel y cols., 1999). La apiosa es un carbohidrato aislado de las semillas, tallo y hojas de *Petroselinum crispum*, esta molécula es la que contribuye a la estructura de los flavonoides glucosilados (Chaves y cols., 2011). Por otra parte, las semillas, raíz y hojas de *Petroselinum crispum* producen una gran cantidad de aceites esenciales, entre los que destacan a-pineno, sabineno, limoneno, carotol, eugeneno y monoterpenos volátiles (Lopez y cols., 1999; Zhang y cols., 2006). A pesar de la evidencia mencionada, aun se requieren mayores esfuerzos en la identificación de sus propiedades farmacológicas, principalmente a nivel de sistema nervioso central.

Para el estudio de la acción de fármacos o compuestos químicos se cuenta con herramientas rápidas y confiables como el perfil neurofarmacológico. Dicho estudio resulta de gran utilidad para los compuestos que han sido recientemente aislados de fuentes naturales o por síntesis química y de los cuales no se tiene información precisa de su utilidad. Las pruebas que el perfil neurofarmacológico incluye son: la determinación del efecto sobre la conducta exploratoria, la evaluación de la actividad ansiolítica, el efecto sedante hipnótico, actividad analgésica y la anticonvulsiva (Martinez y cols., 2006; Montiel-Ruiz y cols., 2012).

La introducción en el mercado de un gran número de nuevos compuestos de origen natural ha tenido una doble consecuencia en nuestro entorno. Aunque mu-

chos de estos compuestos han contribuido a mejorar la calidad de vida, otros están relacionados con determinados riesgos por su toxicidad. Los estudios de toxicidad constituyen hoy en día una parte muy importante dentro de la evaluación biológica de un nuevo fármaco. El objetivo de los estudios de toxicidad es “evaluar el riesgo o peligro potencial que un agente químico o físico puede ocasionar sobre la salud humana cuando es objeto de exposiciones agudas o crónicas”. A pesar de la creciente utilización de modelos *in vitro* para investigar los efectos tóxicos de un compuesto, se requiere de la utilización de modelos *in vivo*, dado que estos pueden aportar un mayor valor predictivo frente a posibles efectos tóxicos en humanos. Son varias las pruebas toxicológicas que se pueden utilizar, sin embargo, se busca que los estudios a realizar sean fáciles, económicos, reproducibles y con el uso de pocos recursos materiales.

Estudios sugieren que una primer evaluación toxicológica pudiera llevarse a cabo con el uso de animales invertebrados, lo cual sirve como un estudio preliminar en la evaluación de la toxicidad de nuevos compuestos en mamíferos (Kazuko y cols., 2005). *Artemia salina* L. es ampliamente usada debido a que es un organismo de obtención y manutención de bajo costo. Los bioensayos en esta especie, principalmente los toxicológicos, son a corto plazo debido a su rápido crecimiento. Además, es fácil la obtención de una población homogénea en diferentes estadios del desarrollo (Victoria Barahona y cols., 2007). La prueba toxicológica en *Artemia salina* L., se basa en observar el efecto de letalidad que tiene un cierto agente químico en el organismo vivo al tener contacto con él en su ambiente (agua salina).

Los estudios de la toxicidad aguda son considerados como el primer paso en el avance de la obtención de datos para estudios toxicológicos a largo plazo. Una de las determinaciones que comúnmente se obtiene en las pruebas de toxicidad agudas es la dosis letal media (DL_{50}) definida como la dosis a la cual el 50% de la población presenta muerte (Zbinden y cols., 1981). Uno de los métodos que se utilizan para evaluar la toxicidad aguda en ratones es el denominado “método de Lorke”. Este método se basa en la administración de un intervalo de dosis diferentes del agente químico a 3 animales de experimentación, estas dosis son 10 100 y 1000 mg/kg, esta parte de prueba se considera como un preliminar, ya que los resultados que se obtengan indican si una agente químico es muy tóxico, tóxico o ligeramente tóxico (Lorke, 1983). Después el resultado obtenido se utiliza como base para la selección de dosis subsecuentes a evaluar.

Con base en estos antecedentes, existe la necesidad de identificar los compuestos de origen natural que modifiquen la fisiología del sistema nervioso central y/o que presenten efectos tóxicos. Es por ello, que el objetivo general de este trabajo fue determinar la actividad neurofarmacológica y toxicológica del extracto hidro-

alcohólico de *Petroselinum crispum*. Nuestra convicción es que con las metodologías propuestas se logre formar una nueva línea del conocimiento en farmacognosia y ayuden a fortalecer la formación integral de los estudiantes de la carrera de QFB de la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán. Así mismo, los resultados de este proyecto serán las bases científicas para el diseño de próximos ensayos clínicos y con ello se puedan determinar las acciones de los compuestos que puedan servir como alternativas terapéuticas para mejorar la calidad de vida de los millones de personas.

Principales resultados

Para lograr los objetivos planteados se utilizaron diversos modelos experimentales *in vivo*, tales como, el modelo de campo abierto, tablero perforado, cilindro de exploración, laberinto elevado en forma de cruz, la prueba del retiro de la cola por estímulo térmico, potenciación de la hipnosis por administración de pentobarbital y convulsiones inducidas por pentilentetrazol, los cuales han sido ampliamente validados por diversos laboratorios en el mundo. Los resultados muestran que la administración del extracto de *Petroselinum crispum* no genera cambios significativos en las conductas de los animales. Sin embargo, se observó en la prueba de campo abierto que la dosis más alta utilizada en este experimento reduce la actividad ambulatoria.

Se determinó mediante el Método de Lorke que la DL_{50} es >5000 mg/kg, ya que no se presentaron cambios a nivel macroscópico de los órganos vitales en ratones, ni muertes antes de los 15 días de observación; tampoco se mostraron efectos tóxicos en el bioensayo en *Artemia salina* L.

CONCLUSIONES

Se puede concluir que el extracto de *Petroselinum crispum* no produce efectos significativos sobre el sistema nervioso central, ni presenta efectos tóxicos. Estos datos pueden resultar interesantes ya que esta planta es utilizada por muchas personas en el mundo y se ha determinado científicamente que presenta diversos efectos farmacológicos. Por lo que los resultados obtenidos en este trabajo sugieren que *Petroselinum crispum* es una planta segura para su uso terapéutico.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la realización de pruebas complementarias que corroboren los efectos sobre la coordinación motora en otros modelos de experimentación. Además de realizar otros estudios de toxicología aguda y crónica, así como su evaluación a nivel macro y microscópico.

REFERENCIAS

- Al-Howiriny T, Al-Sohaibani M, El-Tahir K, Rafatullah S (2003). Prevention of experimentally-induced gastric ulcers in rats by an ethanolic extract of “Parsley” *Petroselinum crispum*. *Am J Chin Med* 31(5): 699-711.
- Boldizsar I, Fuzfai Z, Molnar-Perl I (2013). Characterization of the endogenous enzymatic hydrolyses of *Petroselinum crispum* glycosides: determined by chromatography upon their sugar and flavonoid products. *J Chromatogr A* 1293: 100-106.
- Bolkent S, Yanardag R, Ozsoy-Sacan O, Karabulut-Bulan O (2004). Effects of parsley (*Petroselinum crispum*) on the liver of diabetic rats: a morphological and biochemical study. *Phytother Res* 18(12): 996-999.
- Brankovic S, Djosev S, Kitic D (2008). Hypotensive and negative chronotropic and inotropic effects of the aqueous and ethanol extract from parsley leaves. *J Clin Lipidol* 2(5): S191, S408.
- Carlini EA (2003). Plants and the central nervous system. *Pharmacol Biochem Behav* 75(3): 501-512.
- Chaves DS, Frattani FS, Assafim M, de Almeida AP, de Zingali RB, Costa SS (2011). Phenolic chemical composition of *Petroselinum crispum* extract and its effect on haemostasis. *Nat Prod Commun* 6(7): 961-964.
- Gadi D, Bnouham M, Aziz M, Ziyat A, Legssyer A, Legrand C, y cols. (2009). Parsley extract inhibits in vitro and ex vivo platelet aggregation and prolongs bleeding time in rats. *J Ethnopharmacol* 125(1): 170-174.
- Gomes NG, Campos MG, Orfao JM, Ribeiro CA (2009). Plants with neurobiological activity as potential targets for drug discovery. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 33(8): 1372-1389.
- Heinrich M, Frei Haller B, Leonti M (2014). A perspective on natural products research and ethnopharmacology in Mexico: the eagle and the serpent on the prickly pear cactus. *J Nat Prod* 77(3): 678-689.
- Hempel J, Pforte H, Raab B, Engst W, Bohm H, Jacobasch G (1999). Flavonols and

- flavones of parsley cell suspension culture change the antioxidative capacity of plasma in rats. *Nahrung* 43(3): 201-204.
- Kazuko AM, Encarnación-Dimayuga R, Cortés A (2005). Evaluación toxicológica de productos naturales usando microtécnicas. *Rev Mex de Ciencias Farm* 36(1): 11-17.
- Kreydiyyeh SI, Usta J (2002). Diuretic effect and mechanism of action of parsley. *J Ethnopharmacol* 79(3): 353-357.
- Kreydiyyeh SI, Usta J, Kaouk I, Al-Sadi R (2001). The mechanism underlying the laxative properties of parsley extract. *Phytomedicine* 8(5): 382-388.
- Lopez MG, Sanchez-Mendoza IR, Ochoa-Alejo N (1999). Comparative study of volatile components and fatty acids of plants and in vitro cultures of parsley (*Petroselinum crispum* (Mill) nym ex hill). *J Agric Food Chem* 47(8): 3292-3296.
- Lorke D (1983). A new approach to partial acute toxicity testing. *Arch Toxicol* 54: 275-287.
- Martinez AL, Dominguez F, Orozco S, Chavez M, Salgado H, Gonzalez M, y cols. (2006). Neuropharmacological effects of an ethanol extract of the *Magnolia dealbata* Zucc. leaves in mice. *J Ethnopharmacol* 106(2): 250-255.
- Montiel-Ruiz RM, Roa-Coria JE, Patiño-Camacho SI, Flores-Murrieta FJ, Déci-ga-Campos M (2012). Neuropharmacological and toxicity evaluations of ethanol extract from *Rhodiola rosea*. *Drug Development Research* 73(2): 106-113.
- OMS (2014). Estrategia de la OMS sobre medicina tradicional 2014-2023.
- Ozsoy-Sacan O, Yanardag R, Orak H, Ozgey Y, Yarat A, Tunali T (2006). Effects of parsley (*Petroselinum crispum*) extract versus glibornuride on the liver of streptozotocin-induced diabetic rats. *J Ethnopharmacol* 104(1-2): 175-181.
- Tang EL, Rajarajeswaran J, Fung S, Kanthimathi MS (2015). *Petroselinum crispum* has antioxidant properties, protects against DNA damage and inhibits proliferation and migration of cancer cells. *J Sci Food Agric*.
- Tunali T, Yarat A, Yanardag R, Ozcelik F, Ozsoy O, Ergenekon G, y cols. (1999). Effect of parsley (*Petroselinum crispum*) on the skin of STZ induced diabetic rats. *Phytother Res* 13(2): 138-141.
- Velázquez D, Bermúdez A, Oliveira-Miranda MA (2005). La investigación etno-botánica sobre plantas medicinales: una revisión de sus objetivos y enfoques actuales. *Interciencia* 30(8): 453-459.

- Victoria Barahona M, Sanchez-Fortun S (2007). Protective effect induced by atropine, carbamates, and 2-pyridine aldoxime methoiodide *Artemia salina* larvae exposed to fonofos and phosphamidon. *Ecotoxicol Environ Saf* 66(1): 65-73.
- Yanardag R, Bolkent S, Tabakoglu-Oguz A, Ozsoy-Sacan O (2003). Effects of *Petroselinum crispum* extract on pancreatic B cells and blood glucose of streptozotocin-induced diabetic rats. *Biol Pharm Bull* 26(8): 1206-1210.
- Yoshikawa M, Uemura T, Shimoda H, Kishi A, Kawahara Y, Matsuda H (2000). Medicinal foodstuffs. XVIII. Phytoestrogens from the aerial part of *Petroselinum crispum* Mill. (Parsley) and structures of 6''-acetylapiin and a new monoterpene glycoside, petroside. *Chem Pharm Bull (Tokyo)* 48(7): 1039-1044.
- Yousofi A, Daneshmandi S, Soleimani N, Bagheri K, Karimi MH (2012). Immunomodulatory effect of Parsley (*Petroselinum crispum*) essential oil on immune cells: mitogen-activated splenocytes and peritoneal macrophages. *Immunopharmacol Immunotoxicol* 34(2): 303-308.
- Zbinden G, Flury-Roversi M (1981). Significance of the LD50-test for the toxicological evaluation of chemical substances. *Arch Toxicol* 47(2): 77-99.
- Zhang H, Chen F, Wang X (2006). Evaluation of antioxidant activity of parsley (*Petroselinum crispum*) essential oil and identification of its antioxidant constituents. *Food Res Int* 39(8): 833-839.

Martha Beatriz Ramírez Rosas



Estudió la carrera de Químico Farmacéutico Biólogo en la Universidad Veracruzana, la maestría y el doctorado en el área de Neurofarmacología y Terapéutica Experimental, los realizó en el Departamento de Farmacobiología del CINVESTAV-IPN. Además de haber realizado una estancia postdoctoral en el departamento de Medicina Interna de la División de Farmacología y Medicina Vascular del Erasmus Medical Center, Rotterdam. Es Profesor de Tiempo Completo en la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Axtlán. Cuenta con las distinciones de Perfil deseable PRODEP, así como del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1. Se ha incorporado como integrante del cuerpo académico de Ciencias de la Salud, nivel Consolidado. Dentro de su producción científica posee 12 artículos en revistas indizadas con estricto arbitraje a nivel internacional, además de capítulos de libros especializados. A nivel de investigación, sus intereses están enfocados en dilucidar los mecanismos de acción involucrados en las enfermedades neurovasculares, cardiovasculares y crónico degenerativas, con énfasis en determinar la caracterización farmacológica de los receptores involucrados en la regulación de la reactividad vascular.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

Investigación farmacológica básica de enfermedades cardiovasculares; búsqueda de nuevos blancos terapéuticos para la hipertensión arterial; búsqueda de los mecanismos moleculares que subyacen la aparición de osteoporosis durante la hipertensión arterial; e investigación farmacológica de los mecanismos de acción de las hormonas sexuales involucradas en la regulación del dolor.

Caracterización de la microestructura ósea en un modelo de hipertensión arterial primaria

Martha Beatriz Ramírez Rosas

RESUMEN

La hipertensión arterial (HTA) y la osteoporosis (OP) son dos de las enfermedades más importantes que afectan a la población adulta. La HTA es el principal factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, y también se ha relacionado como un factor relevante en incrementar el riesgo de desarrollar fracturas osteoporóticas. Estudios preclínicos sugieren que anormalidades en el metabolismo del calcio provocados por factores hormonales como la hormona paratiroidea, la aldosterona y componentes del sistema renina angiotensina, están involucrados de manera importante en el desarrollo de osteopenia en personas que padecen HTA. Debido a que actualmente se desconocen con exactitud los mecanismos de acción a través de los cuales ambas enfermedades convergen entre sí, el estudio de modelos experimentales altamente validados que nos permitan determinar los cambios que se presentan a nivel de la microestructura ósea bajo condiciones de HTA son herramientas importantes que nos permitirán generar conocimiento para analizar los cambios óseos y dilucidar los mecanismos subyacentes en el desarrollo de osteoporosis asociada a la HTA.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo consistió en analizar los cambios presentes a nivel del fémur, tibia y vértebra L5 en ratas macho espontáneamente hipertensas (la cepa SHR) con respecto a su control (la cepa Wistar Kyoto; WKY) a dos edades diferentes 4 y 12 meses de edad, mediante la técnica de microtomografía computarizada de Rayos X. Los parámetros evaluados a nivel del hueso trabecular fueron: BV/TV, Tb.Th, Tb.N, Tb.Sp. Con respecto al hueso cortical los parámetros evaluados fueron: Ct.Th, Ct.Ar; así como la densidad mineral ósea volumétrica.

Nuestros datos revelaron que a la edad de 12 meses, los animales SHR poseen una mejoría parcial en la microarquitectura ósea trabecular resultando en un incremento en el BV/TV y Tb. N, acompañados de una consecuente disminución de la separación trabecular en fémur y tibia. Los parámetros relacionados con la microarquitectura cortical presentaron una disminución significativa en el grupo SHR con respecto a su grupo control. Estos resultados en su conjunto nos sugieren que

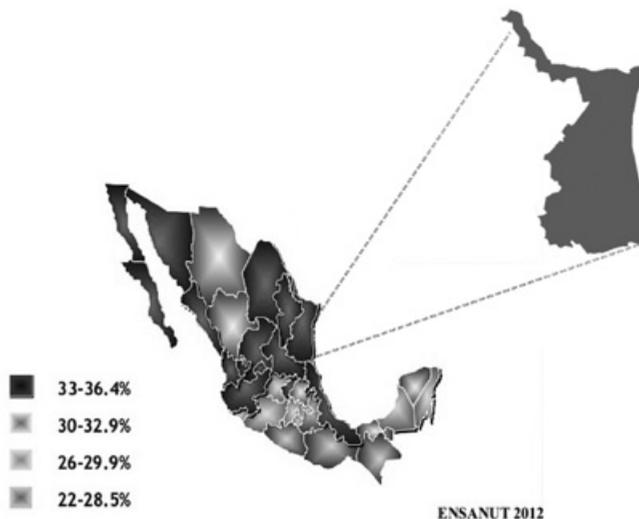
bajo condiciones de HTA pudiera existir un mecanismo compensatorio con respecto a la formación del hueso trabecular encargado principalmente de la distribución de las cargas mecánicas y proporcionar una adecuada resistencia. Sin embargo, se requiere la realización de estudios biomecánicos del hueso trabecular y cortical, para permitir determinar su fuerza, rigidez y funcionalidad; asimismo, es necesaria la realización de estudios bioquímicos que nos permitan elucidar los mecanismos moleculares involucrados a nivel del fenotipo óseo bajo condiciones de HTA.

INTRODUCCIÓN

Hipertensión arterial

La hipertensión es un problema de salud pública a nivel mundial. Actualmente es el factor de riesgo más importante para desarrollar padecimientos cardiovasculares y renales. Las enfermedades cardiovasculares son responsables de aproximadamente 17 millones de muertes, cifra que representa un 30% de los decesos a nivel mundial. Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), las comorbilidades de la hipertensión están asociadas a 9.4 millones de muertes al año, de estas, 45% están asociadas a cardiopatías isquémicas y 51% a severos accidentes cerebrovasculares [1].

La prevalencia de la hipertensión arterial a nivel mundial ha ido en aumento en los últimos años. Se estima que para el 2025 el 29.3% de la población adulta mayor de 25 años tendrá problemas de hipertensión[2].



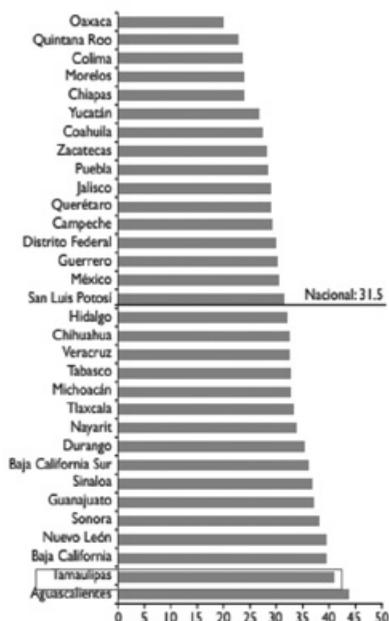


Figura 1. Prevalencia en Tamaulipas de HTA, proyección a nivel nacional. ENSANUT 2012.

Se ha identificado, que la hipertensión arterial es prevalente en países en vías de desarrollo, se presume que el motivo se asocia con problemas presentes en los sistemas de salud pública para el diagnóstico y prevención de la misma. Cerca del 80% de los casos de muerte por enfermedades cardiovasculares corresponden a países subdesarrollados. Latinoamérica y el Caribe, ocupan un alarmante primer lugar en la lista de las regiones con alta prevalencia, debido a que el 46% de la población hipertensa global se encuentra en estas regiones del mundo[1].

En México, la hipertensión arterial es una enfermedad de alto impacto y es considerada la principal causa de muerte en la población adulta con una prevalencia de aproximadamente 31.5% a nivel nacional y reportes indican que el estado de Tamaulipas se encuentra por arriba de la media nacional (33-36.4%) ocupando el segundo lugar dentro de los estados con mayor prevalencia de HTA (Fig. 1) [3].

Costos socioeconómicos de la hipertensión arterial relacionados con el riesgo de fractura y la osteoporosis

Osteoporosis e hipertensión son dos de las más importantes enfermedades crónico-degenerativas que afectan principalmente a pacientes en edad adulta. Cerca del 51% de las incapacidades de producción por enfermedad se atribuyen a problemas

cardiovasculares. En México, el gasto acumulado en pacientes hipertensos es de aproximadamente 65 mil millones de dólares a anualmente [4].

Además, se ha considerado a la HTA como un importante factor de riesgo para el desarrollo de osteoporosis, la cual se caracteriza por una disminución de la masa ósea y deterioro de la microarquitectura ósea que afecta a más de dos millones de personas en el mundo entero [5]. La presión arterial alta se asocia con incrementos significativos de la pérdida ósea, aumentando de manera importante el riesgo de fracturas [6]. En éste sentido, la fractura de cadera es una de las más importantes fracturas derivadas de la osteoporosis y su incidencia global anual es de 1.7 millones [5] y se estima que para el año 2050 incremente a un 240% en mujeres y un 310% en hombres [7]. Alrededor del mundo se estima que cada 3 segundos se produce una fractura como consecuencia de la enfermedad [8]. Particularmente en México se estima que para el año 2050 los costos generados por las fracturas osteoporóticas asciendan a más de 4000 millones de dólares [9].

Acción del sistema renina angiotensina-aldosterona sobre la regulación de la presión arterial

El sistema renina angiotensina (RAS), es considerado como uno de los más importantes reguladores del control de la presión arterial a mediano y largo plazo. Durante ya varias décadas se ha estudiado el rol de los diferentes componentes del RAS en el control de la presión arterial. Principalmente, la angiotensina II es el pilar importante que detona los diferentes mecanismos de control de la presión. La angiotensina II participa en: 1) mecanismos de control de la absorción y excreción de sodio; 2) acción directa sobre el epitelio vascular, la cual promueve la vasoconstricción a través de la estimulación de receptores AT₁; 3) activación de la actividad simpática por parte del sistema nervioso, la cual incrementa el ritmo cardíaco y la resistencia vascular periférica provocando el incremento de la presión arterial; 4) promueve la vasodilatación a través de la activación de los receptores AT₂; y 5) promueve la liberación de aldosterona por parte de las glándulas adrenérgicas, la cual, estimula la reabsorción de agua y sodio [10].

Estímulos fisiológicos como: disminución de la presión arterial, disminución en la reabsorción de sodio en el túbulo distal, disminución del volumen sanguíneo y estimulación de los receptores β_1 adrenérgicos, propician la liberación de la renina (enzima proteolítica de las células yuxtglomerulares de las arteriolas aferentes renales a la circulación renal. La renina actúa sobre el sustrato específico, el angiotensinógeno (liberado por el hígado), el resultado de esta reacción enzimática es la producción de angiotensina I, la cual es hidrolizada por la enzima convertidora de angiotensina I (ECA) localizada principalmente en el epitelio vascular de los pulmo-

nes, dando como resultado la producción de un péptido vasoactivo denominado angiotensina II (Ang II), ejerciendo efectos biológicos a través de la activación de sus receptores AT1 y AT2. Asimismo, la liberación de angiotensina II a la circulación, induce la activación de la producción de aldosterona. A diferencia de lo que se pensaba, la angiotensina II es un importante detonador de la producción de aldosterona por parte de las glándulas adrenérgicas, papel que hasta 1972 era atribuida a la hormona adrenocorticotropa (ACTH). La aldosterona juega un rol importante en la retención de líquidos y agua con lo cual incrementa el volumen de fluidos extracelulares del cuerpo, provocando un ascenso de la presión arterial. El sistema renina angiotensina-aldosterona, no solo es un importante modulador de la presión arterial a mediano plazo, sino que también, es parte esencial en la patogénesis de la hipertensión arterial [11].

Sistema renina angiotensina y hueso

El sistema clásico renina angiotensina-aldosterona, actúa como un regulador sistémico sobre múltiples funciones biológicas como la presión arterial. Además existen evidencias que indican la existencia de todos los componentes del RAS a nivel local en el hueso [12]. La angiotensina II, considerada el principal efector del RAS, e involucrada íntimamente en la patogénesis de la hipertensión, también está involucrada de manera importante en la regulación de la resorción ósea. Evidencias experimentales indican que: 1) la angiotensina II interactúa con sus respectivos receptores AT1, expresados en los osteoblastos, produciendo un incremento en la liberación de citosinas que promueven la osteoclastogénesis como el RANKL y el VEGF, propiciando de manera significativa una disminución de la densidad mineral ósea [12]; 2) la administración de inhibidores de la ECA durante el embarazo generan problemas esqueléticos en el feto, provocando particularmente malformaciones en la bóveda craneal; y 3) el uso de animales transgénicos que expresan genes humanos de renina y angiotensinógeno (THM; *Tsukuba hypertensive mouse*), componentes importantes en la regulación de la presión arterial, inducen un incremento en la resorción ósea provocando una disminución de la masa ósea originando finalmente osteoporosis [13]. Por lo que se señala, los animales que presentan altos niveles de angiotensina II a la par incrementan su actividad osteoclastogénica a través de la activación de los osteoblastos, y no de manera directa sobre los precursores de los osteoclastos, provocando interrupciones en la arquitectura trabecular de los animales. Además, Asaba *et al.*, demostraron que la osteoporosis que se desarrolla en este tipo de animales (THS), también puede ser independiente de la hipertensión arterial, debido a la expresión de los componentes del sistema RAS de manera local, lo que inicia el proceso de osteoclastogénesis. Asimismo, Gu *et al.* [14], reportaron un incremento

en la actividad de los mRNA de la renina y angiotensinógeno en ratones geriátricos, los cuales se asocian con un decremento de la arquitectura ósea en animales. Estas evidencias en conjunto nos indican la importante función del sistema RAS localizado de manera local en el hueso, como una vía alterna en los procesos de alteración de la remodelación ósea independiente de la hipertensión arterial.

Efecto del RAS sobre las principales células del tejido óseo

Los componentes del sistema renina angiotensina, como el angiotensinógeno, la renina, ECA, los receptores AT1 y AT2 están expresados en diferentes células del hueso como en la placa epifisaria de los condrocitos, indicando su participación en el crecimiento y reparación ósea [13, 15]. Además, la activación del RAS local óseo afecta el crecimiento, producción y diferenciación de células hematopoyéticas presentes en las células de la médula ósea. El receptor AT1 está presente en diferentes células de la médula ósea, linfocitos y células estromales incrementando la proliferación de las células progenitoras hematopoyéticas a través de la estimulación inducida por la Ang II, lo cual nos indica el papel del RAS en la regulación de la hematopoyesis [12]. Dentro de las células importantes del hueso, los osteoblastos y los osteoclastos son los encargados de regular el remodelado óseo a través de mantener un equilibrio entre la formación y degradación ósea [16], y un desequilibrio presente en éste proceso puede deberse a una inhibición de la actividad osteoblástica o un incremento en la actividad osteoclástica resultando en un incremento en el proceso de resorción ósea [12]. Los osteoblastos modulan la diferenciación de los osteoclastos por producir reguladores tanto positivos como negativos, como el ligando activador del factor nuclear kappa-beta (RANKL) y la osteoprotegerina (OPG) [13]. En éste sentido la Ang II incrementa de manera significativa la producción de RANK y OPG en una proporción 8/3, promoviendo la osteoclastogénesis, dichos efectos pueden ser abolidos por bloqueadores del receptor AT1, pero no por bloqueadores AT2 [12], aunque Asab *et al.*, demostró que la activación de los osteoclastos en su modelo experimental, es debida principalmente a la activación de los receptores AT2, Sin embargo, al utilizar un modelo *knockdown* del receptor AT1, se observó un incremento significativo en la formación de osteoclastos inducido por la Ang II, lo cual sugiere que el receptor AT1 puede inducir un efecto inhibitorio sobre el receptor AT2 [13].

Otro mecanismo reportado de la Ang II es a través de la activación del receptor AT1 induciendo una regulación positiva de la expresión del gen SOST en los osteocitos promoviendo la secreción de esclerostina, proteína que se encarga de inhibir la vía Wnt/ β -catenina, resultando en la inhibición de la diferenciación, proliferación y actividad de los osteoblastos, reduciéndose en consecuencia la formación del

hueso, esta vía también inhibe la diferenciación de los osteoclastos a partir de sus precursores e incrementa la expresión de la OPG [17-19]. Es importante considerar que el flujo sanguíneo desempeña un papel importante en el remodelado óseo, ya que incrementos en la presión arterial se asocian con un metabolismo anormal de calcio, propiciando una disminución de éste en el hueso e incrementando el riesgo de fracturas [20, 21]. Es importante mencionar que los microvasos que irrigan el hueso sólo poseen endotelio y carecen de músculo y tejido conectivo, por lo que la Ang II uno de sus múltiples efectos es inducir disfunción endotelial y por ende vasoconstricción arteriolar, reduciéndose el flujo sanguíneo, contribuyendo a una disminución en la densidad mineral ósea (DMO) y desarrollo de osteoporosis [22].

Estas evidencias en su conjunto nos indican cómo las principales células del hueso encargados de mantener una homeostasis del remodelado óseo son afectadas de manera significativa por el sistema renina angiotensina-aldosterona tanto a nivel sistémico como local conllevando al desarrollo de patologías que comprometen la calidad del tejido óseo como la osteoporosis.

ANTECEDENTES

Relación entre la hipertensión arterial y la osteoporosis

Existe una relación importante entre las enfermedades cardiovasculares y la fragilidad del hueso, un ejemplo claro se presenta entre la hipertensión arterial y la osteoporosis [23], es importante destacar que las enfermedades cardiovasculares se encuentran entre las causas más comunes de morbilidad y mortalidad en la población mundial y la relación existente entre las enfermedades cardiovasculares y las fracturas osteoporóticas se ven incrementadas de manera importante en la población adulta-mayor [24]. En nuestro país, la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición del 2012, indicó que la hipertensión arterial afecta al 31.5% de la población mexicana mayor a 20 años [25], y reportes indican que la hipertensión arterial incrementa en un 50% la probabilidad de presentar pérdida ósea y por ende mayor prevalencia de fracturas osteoporóticas [6, 26], mostrándose reducción significativa en la masa ósea y un importante deterioro en la microarquitectura del hueso [3, 27]. Es importante mencionar que existe una relación directa entre el incremento de la edad y el deterioro en la relajación vascular, debido a que la funcionalidad del endotelio presenta cambios durante el proceso de envejecimiento [28]. La estructura y función de los vasos sanguíneos se modifican con la edad, incrementando el riesgo de desarrollar hipertensión y por ende enfermedades cardiovasculares [29]. Se ha reportado que incrementos en la presión arterial se asocian con un metabolismo anormal de calcio, propiciando la disminución

de éste en el hueso e incrementando el riesgo de osteoporosis [26]. Sin embargo, los mecanismos responsables de la interacción entre osteoporosis e hipertensión arterial siguen sin ser esclarecidos. El sistema renina angiotensina aldosterona (RAS) regula el volumen sanguíneo circulatorio y la presión arterial sistémica, además de desempeñar un papel importante de manera local [30], por lo que se ha sugerido que una disminución en el aporte y flujo sanguíneo periférico podría tener efectos negativos sobre la salud del hueso [31]. Es importante destacar que la angiotensina II es el principal efector del RAAS, mediando sus efectos a través de la activación de los receptores tipo 1 (AT1) y tipo 2 (AT2), afectando de manera directa la regulación del flujo sanguíneo. Es importante resaltar que el hueso tiene la característica de ser una estructura altamente vascularizada, por lo que los vasos sanguíneos están íntimamente involucrados en todos los aspectos de su crecimiento, reparación y metabolismo [32]. Los vasos están localizados estratégicamente de manera que participan en el acoplamiento de formación y resorción ósea, debido a la importante asociación que presentan con el hueso trabecular [33]; de esta manera, el flujo sanguíneo en el hueso permite el intercambio de oxígeno y nutrientes así como la eliminación de desechos metabólicos, por lo que la reducción del flujo sanguíneo a través de la microvasculatura ósea podría contribuir de manera importante a la disminución de la densidad mineral ósea y al desarrollo de osteoporosis.

Mecanismos propuestos para la pérdida de hueso asociada a la hipertensión

Evidencias epidemiológicas y preclínicas sugieren que la pérdida de hueso asociada a la hipertensión era una consecuencia de problemas en el metabolismo del calcio. En 1984 Schedl *et al.*, reportaron en animales hipertensos niveles considerablemente bajos de vitamina D, acompañados por una activación significativa de hormona paratiroidea y un decremento en los niveles sanguíneos de calcio [20]. McCarron *et al.*, reportaron niveles significativamente altos de hormona paratiroidea (PTH) en pacientes con hipertensión arterial primaria, los cuales reflejaban un aumento de aproximadamente el 18.23% en comparación con sus controles normotensos [34]. Además, en el mismo estudio, se demostró que pacientes hipertensos tienen un mayor índice de hipercalciuria en función de sus contrapartes normotensos, sugiriendo que la actividad de la PTH puede reflejar una importante comorbilidad asociada a la hipertensión, misma que supone un importante vínculo con el fenómeno de osteopenia, considerando que uno de los principales mecanismos del control de presión arterial se basa en el control de fluidos y iones a nivel extracelular, no es de extrañarse que la hipercalciuria sea un importante detonante de la actividad de la glándula paratiroidea. Estudios como los de Zhao *et al.* en 1999 han demostrado

la importancia de la PTH sobre el catabolismo óseo, demostrando que la resorción ósea activada por PTH depende en gran medida de la síntesis de colagenasa [35]. Por otro lado, no existen estudios clínicos ni preclínicos que exploren la actividad ni la función de la colagenasa I (MMP-1) en condiciones de hipertensión.

Recientemente y de manera independiente a la investigación relacionada con los efectos de la PTH en condiciones de hipertensión, se ha incrementado el interés por entender la función y control del RAS en la fisiopatología de la osteoporosis asociada a hipertensión [12]. En 1997 ya se había reconocido el poder de la angiotensina II como un importante modulador de la resorción ósea. Hatton *et al.*, en experimentos *in vitro* demuestra una de las primeras evidencias de la dinámica celular ósea en respuesta a factores como la angiotensina I, en sus experimentos encontraron que la administración de angiotensina II promueve la formación de osteoclastos y un incremento en el área resortiva. Sin embargo, este efecto solo es posible en presencia de osteoblastos [36]. Sus datos sugieren que la activación de la osteoclastogénesis, así como la resorción ósea es producto de la interacción previa de factores hormonales entre osteoblastos, los cuales dan camino a la activación secundaria de la osteoclastogénesis.

Asaba *et al.* en el 2009 [13], utilizó ratones transgénicos que expresan genes humanos de renina, angiotensinógeno o ambos (cepa THM) generando las siguientes evidencias: 1) la activación del RAS funciona como un importante modulador de la actividad de los osteoclastos de manera indirecta por incrementar la expresión de RANKL y citosinas locales pro-osteoclastogénicas a partir de los osteoblastos; 2) una disminución significativa de la masa ósea en un modelo transgénico positivo solamente para la renina, indicando que la presencia de la hipertensión arterial no es un prerrequisito para el desarrollo de la osteoporosis; y 3) que los receptores AT1 y AT2 de la angiotensina, se expresan principalmente en las células del componente óseo: osteoblastos, osteoclastos, condrocitos, entre otras; lo cual nos señala la importante influencia que posee el RAS sobre la regulación de la actividad del sistema óseo, indicándonos que no sólo la participación de la hipertensión arterial sistémica es un factor de riesgo para desarrollar osteoporosis, si no que de manera directa a nivel del hueso, la expresión de los componentes locales de éste sistema se encuentran regulando e influenciado de manera importante las vías de señalización involucradas en la estabilidad de la formación ósea, sin embargo hasta la fecha no se han aclarado los mecanismos de acción que subyacen a la osteoporosis en condiciones de hipertensión arterial.

JUSTIFICACIÓN

La hipertensión arterial se considera un factor de riesgo para sufrir fracturas y desarrollar osteoporosis. La hipertensión arterial y la osteoporosis son enfermedades que afectan de manera significativa a la población adulta conforme incrementa la edad. Debido a que la expectativa de vida se ha incrementado en las últimas décadas, las proyecciones indican que ambas enfermedades crecerán de manera significativa en los próximos años siendo una de las principales problemáticas de salud que incrementarán significativamente la morbilidad y mortalidad en la población adulta afectando de manera considerable los costos socioeconómicos del paciente y familiares derivados de la atención médica. Por lo tanto, resulta de gran importancia caracterizar los cambios presentes a nivel de la microestructura ósea bajo las condiciones de hipertensión arterial en diferentes etapas del envejecimiento, para posteriormente poder determinar los mecanismos de acción que subyacen dichos cambios bajo las condiciones fisiopatológicas. Debido a que actualmente, se desconocen los mecanismos precisos en los que convergen ambas enfermedades. En años recientes el estudio de la microarquitectura ósea se ha vuelto una importante herramienta para la evaluación de la calidad del tejido óseo, pues se ha afirmado que los estudios densitométricos son capaces de predecir solo en un 50% el riesgo de fractura.

El establecimiento de modelos adecuados para el estudio de la microarquitectura ósea en condiciones de hipertensión arterial supone un importante avance en el estudio de la fisiopatología de la osteoporosis asociada a hipertensión arterial. La cepa SHR (*Spontaneous Hypertensive Rats*, por sus siglas en inglés), es una cepa especial de rata que desarrolla de manera espontánea hipertensión arterial primaria, misma que ha sido ampliamente usada en el estudio de la fisiopatología de la presión arterial alta y como modelo de padecimientos cardiovasculares y renales.

HIPÓTESIS

Las ratas machos SHR presentarán un mayor deterioro de la microarquitectura ósea a nivel de tibia, fémur y vértebra, así como una mayor disminución de la densidad mineral ósea dependiente de la edad, en comparación con su grupo control machos WKY.

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar los cambios presentes a nivel de la microarquitectura ósea en estructuras anatómicas relacionadas con un mayor riesgo de fractura a la edad de 4 y 12 meses en un modelo de hipertensión arterial primaria en ratas macho SHR y su

grupo control (WKY) mediante el empleo de microtomografía computarizada de rayos X de alta resolución (μ CT).

MATERIALES Y METODOS

Animales

Los experimentos se realizaron en un total de 24 ratas macho (250-300 g) de las cepas SHR (ratas espontáneamente hipertensas) y WKY (Wistar Kyoto) las cuales fueron donadas por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN), por el Dr. David Centurión Pacheco. Los animales fueron divididos en 4 grupos: 1) ratas SHR de 4 meses ($n=6$), 2) ratas SHR de 12 meses ($n=6$), 3) ratas WKY de 4 meses ($n=6$) y 4) ratas WKY de 12 meses ($n=6$). Los animales se alojaron en cajas de plástico a una temperatura controlada de ($22\pm 2^\circ\text{C}$, 50% humedad), con un ciclo luz-oscuridad de 12 horas, con libre acceso a agua y alimento [37].

Medición de la presión arterial

La medición de la presión arterial en las ratas se realizó a través de un pletismógrafo, el cual nos permite medir la presión arterial sistólica de manera indirecta y no invasiva, a través de un manguito de presión el cual se acopla a un transductor (sensor óptico, IITC *Life Science Inc.*, CA) y éste a su vez se encuentra acoplado a una unidad de salida de datos analógica en donde son presentados los valores de presión arterial sistólica, diastólica y media. El manguito de presión, que posee una bomba de inflación/deflación automática, se coloca en la cola de la rata para ocluir el paso de la sangre, y el transductor presente nos permite seguir la evolución del pulso a lo largo de la medición. En general este método nos permite realizar mediciones repetidas de presión arterial en el mismo animal, reduciendo de manera importante el estrés durante el proceso de medición para la generación de datos fiables. Se determinaron 3 mediciones en intervalos de 1 minuto, obteniéndose al final un promedio de las mismas. Los animales de la cepa SHR, se consideraron hipertensos cuando la presión arterial sistólica presentó valores mayores a 130 mmHg.

Extracción de tejido a nivel de fémur, tibia y vértebras L5

Una vez alcanzada la edad de 4 y 12 meses de edad en los diferentes grupos experimentales de las ratas macho tanto de la cepa SHR y WKY, fueron sacrificadas utilizando el método de la cámara de dióxido de carbono (CO_2). Primero se extrajeron de manera cuidadosa, para después continuar con la extracción las vértebras lumbares (L5) dejando como referencia la cadera de las ratas. Una vez extraídos los huesos, se procedió a remover el exceso de músculo, teniendo cuidado de no dañar el hueso, las muestras se limpiaron utilizando una solución de buffer de fosfatos (PBS) 0.1 M a un pH de 7.4 y se almacenaron en la misma solución a -20°C hasta

su posterior análisis mediante el microtomógrafo computarizado Skyscan 1272 de Bruker.

Determinación de los parámetros de hueso trabecular y cortical por microtomografía computarizada

Para determinar los cambios a nivel del hueso trabecular y cortical, los huesos obtenidos fueron colocados en tubos de plástico para analizarlos mediante tomografía computarizada. El análisis se llevó a cabo bajo los estándares propuestos por Bouxsein *et al.*, 2010 [38]. La metáfisis distal del fémur, la metáfisis proximal de la tibia y el cuerpo vertebral fueron registrados a una potencia de 80 kVp, 125 μ A en intensidad, 10 μ m tamaño de voxel, resolución de 2016 x 1344 pixeles y un tiempo de exposición de 962 ms. La reconstrucción de los datos adquiridos se realizó utilizando el software NRecon (Bruker Bélgica), se ajustaron los parámetros de reducción de anillos a 5.0, el incremento de fotones de alta energía en 30% con la finalidad de obtener imágenes tomográficas más definidas para el análisis. El análisis de microarquitectura trabecular para fémur y tibia se efectuó a 1 mm a partir de la placa de crecimiento (punto de referencia) tomando un eje vertical de 2 mm a partir del punto aplicando un algoritmo automatizado de segmentación. En hueso cortical, la región de interés se encuentra a 8 mm de la placa de crecimiento, tomando 1 mm de tejido como muestra. Para la vértebra L5 el volumen de interés fue seleccionado a partir de 0.5 mm de la placa de crecimiento, tomando 1 mm en eje vertical. El análisis tridimensional se efectuó con el software CTAn (Bruker, Bélgica). Los parámetros a considerar en las 3 estructuras fueron: Grosor trabecular (Tb.Th), Separación trabecular (Tb.Sp), Número de trabéculas (Tb.N), Porcentaje de volumen trabecular (BV/TV) y el grado de anisotropía (AD).

Análisis de densitometría volumétrica

Para evaluar los efectos de la hipertensión arterial sobre la densidad mineral ósea, el sistema SKYSCAN 1272 fue calibrado para determinar la densidad volumétrica en fémur tibia y vértebras L5. Se utilizaron 2 calibradores de hidroxapatita de 250 y 750 mg/cm³ facilitados por el fabricante (Bruker, Bélgica). El proceso de calibración consistió en la adquisición y reconstrucción de datos bajo las mismas condiciones de potencia y resolución efectuadas en las muestras. Utilizando el programa CTAn, los calibradores fueron segmentados y se determinó un volumen de interés cilíndrico cuyas dimensiones fueron 1 mm x 1 mm en diámetro y altura respectivamente. Se determinaron los cocientes de atenuación de los calibradores y estos fueron ajustados a sus respectivos valores de densidad mineral ósea. El volumen de interés previamente seleccionado para fémur, tibia y vértebra L5 fue utilizado para su determinación de densidad mineral ósea volumétrica a través de los datos de atenuación de rayos x adquiridos para cada muestra.

Análisis estadístico

Todos los datos fueron colectados en 4 grupos experimentales, con una n=6 por grupo. Los datos se representaron como la media +/- error estándar de la media. Para los datos de presión arterial y los análisis por tomografía computarizada se realizó la prueba estadística ANOVA de dos vías, seguida de una prueba post-hoc de Bonferroni para múltiples comparaciones. El valor de $p < 0.05$ fue tomado como valor de significancia estadística.

RESULTADOS

Valores de presión arterial en ratas WKY y SHR

Los resultados obtenidos de la medición de la presión arterial sistólica, diastólica y media a la edad de 4 y 12 meses en las cepas SHR (hipertensa) y WKY (normotensa), nos indican que existen diferencias estadísticamente significativas entre los animales hipertensos con respecto a los animales normotensos en los valores de presión arterial sistólica a los 4 (164.844 ± 5.376 SHR vs 113.075 ± 4.140 WKY) y 12 meses de edad (181.042 ± 1.364 SHR vs 125.389 ± 1.970 WKY), confirmándose la presencia de hipertensión en la cepa SHR. La figura 2 muestra los cambios dependientes de la edad en las cepas SHR y WKY en la presión arterial sistólica, diastólica y media.

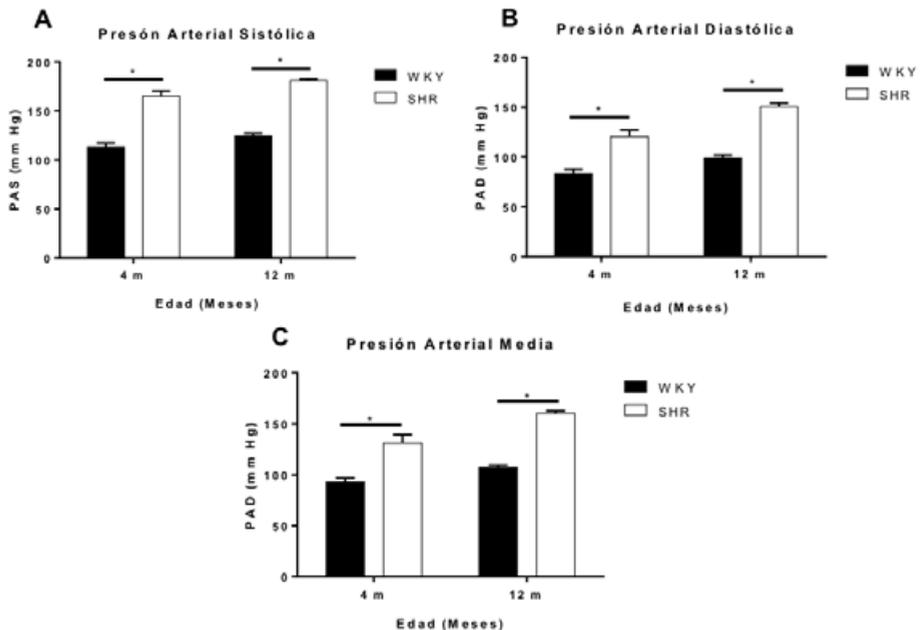


Figura 2. Curso temporal de la presión arterial sistólica, diastólica y media en ratas macho SHR y WKY. SHR: Spontaneous hypertensive rats; WKY: Wistar Kyoto. Cada barra representa la media +/- el error estándar de la media de seis animales. * $P < 0.05$

Efecto de la hipertensión arterial sobre la microestructura trabecular en ratas SHR macho de 4 y 12 meses de edad

El análisis comparativo sobre el efecto de la hipertensión arterial a nivel de la microarquitectura ósea trabecular en la metáfisis distal del fémur, la metáfisis proximal de la tibia y el cuerpo vertebral fueron analizados en las ratas macho SHR de 4 y 12 meses de edad.

Nuestros resultados indican que la microarquitectura trabecular a nivel de la metáfisis distal del fémur en las ratas macho SHR de 4 meses no presenta diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los parámetros que conforman la arquitectura trabecular. En el grupo de animales de 12 meses, los animales WKY mostraron valores significativamente menores de volumen óseo trabecular (BV/TV, -23%), número de trabéculas (Tb.N, -35.2%) y en consecuencia una mayor separación trabecular (Tb.Sp, +16%). Sin embargo, los animales SHR mostraron tener menor grosor trabecular a la edad de 12 meses (Tb.Th, -19.19%) en comparación con su grupo control normotenso (Tabla 1 y Fig. 3 y 4).

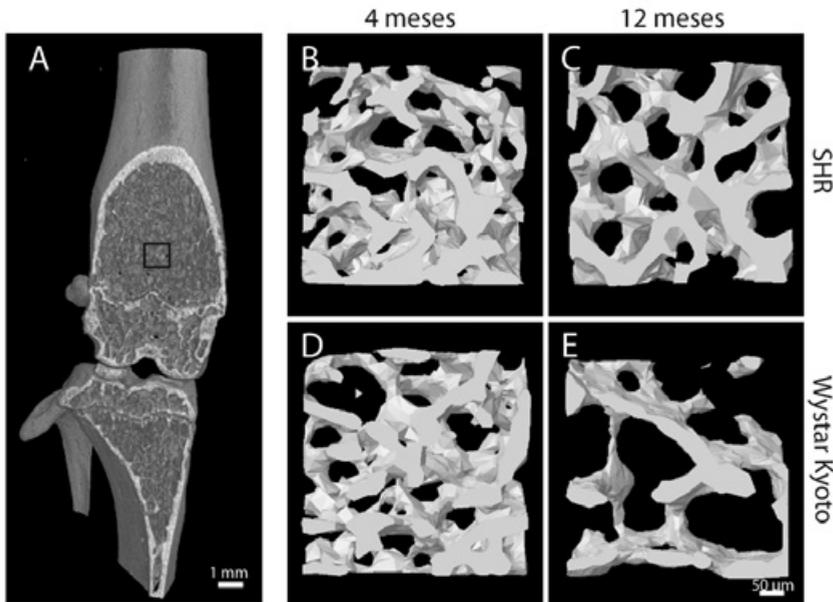


Figura 3. Estructura tridimensional de la trabécula en metáfisis distal del fémur.

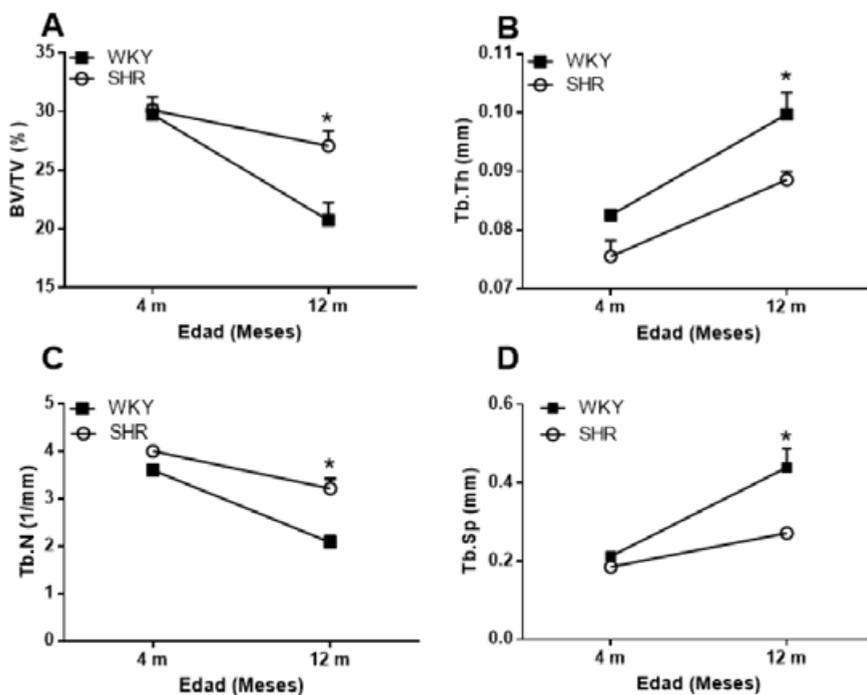


Figura 4. Curso temporal de los parámetros de la microarquitectura ósea trabecular a nivel de la metafisis distal del fémur en ratas macho SHR y WKY a los 4 y 12 meses de edad. A) BV/TV(%), B) Tb.Th (mm), C) Tb.N (1/mm), D) Tb.Sp (mm); SHR (Spontaneous Hypertensive Rats); wky (Wistar Kyoto); Cada punto representa la media +/- E.E.M; * p < 0.05 vs SHR.

Tabla 1. Resumen de los parámetros de la microarquitectura trabecular en animales.

	4 meses			12 meses		
	WKY n=6	SHR n=6	p	WKY n=6	SHR n=6	p
Fémur						
BT/TV	29.78±0.481	30.16±1.126	>0.05	20.76±1.511	27.10±1.272	<0.05
Tb.Th	0.08250±0.0009	0.07547±0.002	>0.05	0.09972±0.0036	0.08855±0.001	<0.05
Tb.N	3.606±0.09	4.005±0.11	>0.05	2.083±0.1403	3.217±0.2053	<0.05
Tb.Sp	0.1864±0.009	0.2121±0.007	>0.05	0.4394±0.04799	0.2717±0.01	>0.05
Tibia						
BT/TV	20.82±0.9	23.44±1.068	>0.05	21.55±1.136	21.89±1.321	>0.05
Tb.Th	0.07185±0.0009	0.03613±0.001	>0.05	0.1012±0.002	0.08294±0.002	<0.05
Tb.N	2.895±0.1076	3.374±0.1349	>0.05	2.131±0.1096	2.639±0.2097	<0.05
Tb.Sp	0.2440±0.020	0.2020±0.008	>0.05	0.3503±0.03	0.2724±0.02	<0.05

L5						
BT/TV	27.23±1.6020	23.34±1.561	>0.05	28.61±1.233	27.86±0.63	>0.05
Tb.Th	0.04648±0.002	0.04332±0.002	>0.05	0.05661±0.001	0.05508±0.001	>0.05
Tb.N	5.855±0.1764	5.363±0.1139	>0.05	5.065±0.2068	5.062±0.06	>0.05
Tb.Sp	0.1305±0.004	0.1299±0.003	>0.05	0.1548±0.007	0.1394±0.003	>0.05

Media ± E.E.M.;N=6

De igual forma, en la metafisis proximal de la tibia, se evaluaron los parámetros del hueso trabecular (BV/TV%, Tb.Th, Tb.N, Tb.Sp), bajo condiciones de hipertensión arterial a temprana edad (4 meses) se observó que hay un mayor número de trabéculas en las ratas SHR que en las WKY, que se mantiene a través del incremento de la edad (12 meses), sin embargo en los otros parámetros no existen diferencias entre ambas cepas a temprana edad. Se observó que con respecto al grosor trabecular este parámetro incremento en la cepa WKY de manera dependiente del tiempo, lo cual se relaciona con que tenga un menor número de trabéculas, pero de mayor grosor, las cuales se encuentran con una mayor separación entre ellas, como lo indican los resultados (Ver Fig. 5). Con respecto a los componentes trabeculares bajo condiciones de hipertensión se observó que hay un mayor número de trabéculas, con una menor separación, presentando un menor grosor trabecular, lo que indica que hay una mayor formación de hueso en condiciones de hipertensión arterial.

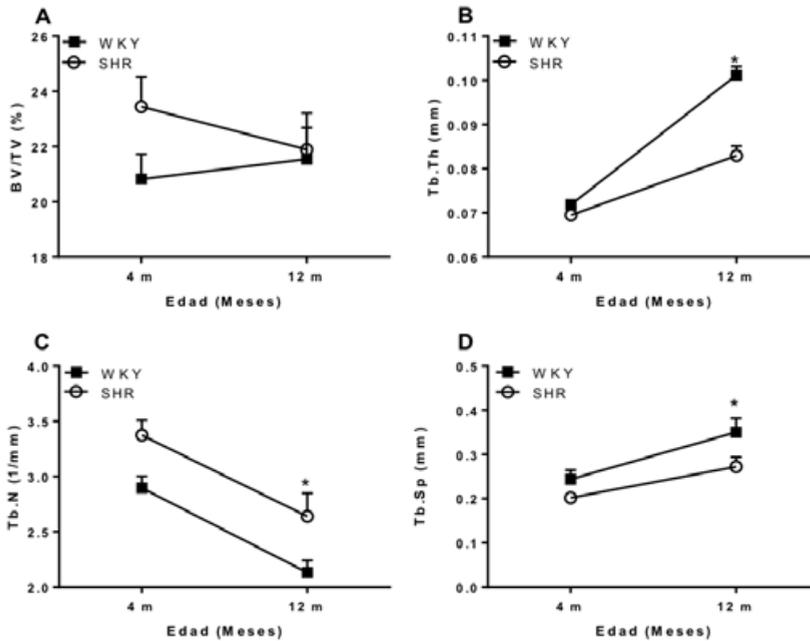


Figura 5. Curso temporal de los parámetros de la microarquitectura trabecular en la metafisis proximal de la tibia en Ratas SHR y WKY a los 4 y 12 meses de edad. A) BV/TV%, B) Tb.Th (mm), C) Tb.N. (1/mm), D) Tb.Sp (mm). SHR: Spontaneous Hypertensive Rats; WKY: Wistar Kyoto; Cada punto representa la media de 6 animales +/- E.E.M.; * $p < 0.05$.vs SHR.

A nivel de la vértebra no existen diferencias estadísticas significativas en los parámetros al comparar los resultados entre ambas cepas, por lo que la presencia de HTA no modifica dichos componentes (Tabla 1). Sin embargo, es importante mencionar que se observó un incremento significativo en el grosor trabecular dependiente de la edad en ambas cepas. En la cepa SHR se presentó un incremento significativo del volumen óseo dependiente de la edad. Con respecto al número de trabéculas, se observó una disminución significativa solamente en la cepa WKY dependiente de la edad, por lo que, en consecuencia, la separación trabecular incrementó de manera dependiente del tiempo en la cepa WKY.

Evaluación del hueso cortical en ratas SHR machos a nivel de la tibia y el fémur

El análisis del hueso cortical se realizó a nivel de la diáfisis media en el fémur y la tibia, por medio de la técnica de microtomografía computarizada, los resultados nos indican que los parámetros del hueso cortical se encuentran fortalecidos en la cepa WKY y que tanto el grosor como el área cortical se ven fortalecidos a medida

que incrementa la edad, sin embargo, en la cepa SHR, es decir en condiciones de hipertensión arterial el hueso cortical sufre un deterioro significativo dependiente de la edad en comparación con su grupo control (ver Figura 6).

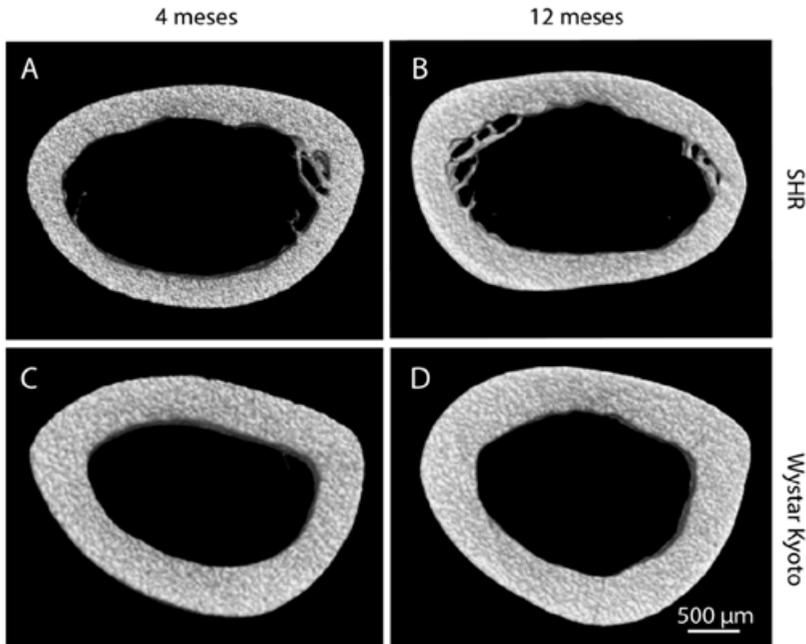


Figura 6. Imagen en 3D de la microestructura del hueso cortical a nivel de la diáfisis media del fémur en ratas hipertensas (A y B) y su respectivo grupo control (C y D) dependiente de la edad.

Evaluación de la densidad mineral ósea trabecular y cortical en Ratas SHR de 4 y 12 meses de edad

Una vez determinados los parámetros relacionados con el hueso trabecular y cortical a nivel del fémur y tibia, así como trabecular a nivel de la vértebra, procedimos a evaluar la DMO, en las cepas SHR y WKY, por medio de la microtomografía computarizada de Rayos X. Los resultados nos indican que la DMO del hueso trabecular a temprana edad (4 meses) no presenta diferencias estadísticamente significativas entre la cepa SHR y su grupo control WKY. Sin embargo, a medida que incrementa la edad y bajo condiciones de hipertensión arterial, existe una disminución estadísticamente significativa dependiendo de la ubicación anatómica, viéndose afectada principalmente la DMO a nivel del área femoral (Fig. 7; 7A)

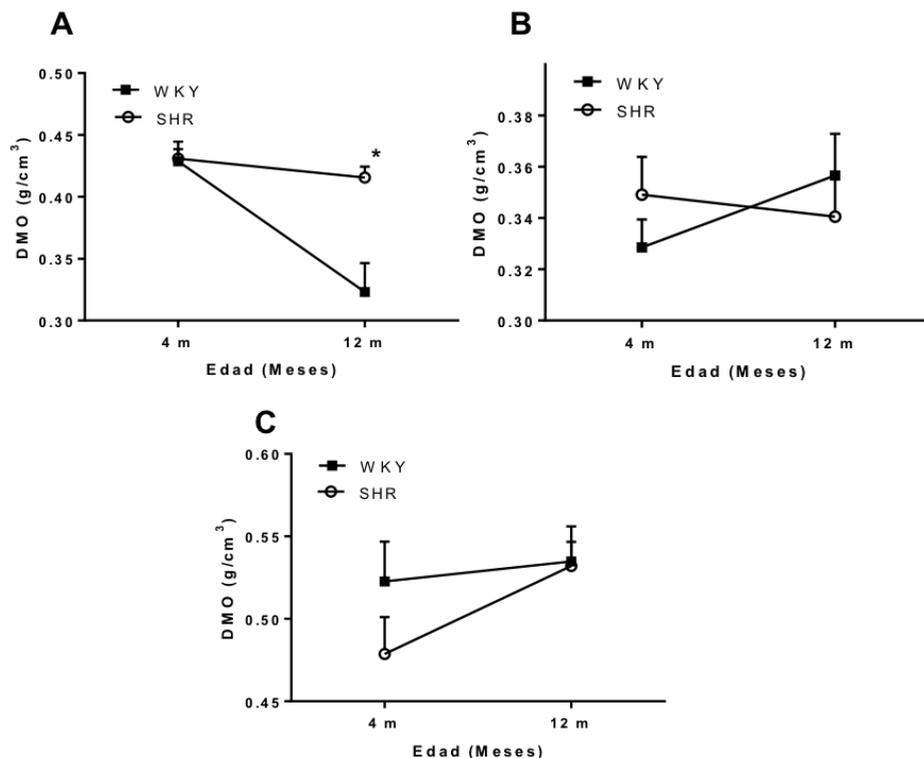


Figura 7. Curso temporal de la densidad mineral ósea trabecular a nivel del fémur, tibia y vertebra L5. (A) fémur, (B) tibia y (C) vertebra L5. Cada punto representa la media \pm E.E.M de seis animales. SHR: Spontaneous Hypertensive Rats; WKY: Wistar Kyoto; * $p < 0.05$ vs WKY.

La DMO trabecular a nivel de la tibia y la vértebra L5 no presenta diferencias estadísticas significativas dependientes del tiempo o en presencia de la hipertensión arterial. (Fig. 7B, 7C).

Se determinó la DMO del hueso cortical y se observó que a nivel del fémur en ambas cepas hay un incremento significativo dependiente de la edad, pero no existen diferencias significativas en condiciones de hipertensión arterial. Sin embargo, a nivel de la tibia bajo condiciones de hipertensión arterial, no existen incrementos significativos de la DMO dependientes de la edad, pero en su respectivo control en la cepa WKY se observa que la DMO incrementa de manera significativa, por lo que podemos decir que anatómicamente con respecto a los huesos largos, la tibia presenta menor cantidad de DMO con respecto al fémur y que en condiciones de hipertensión arterial los niveles bajos de DMO no presentan incrementos significativos (Fig. 8).

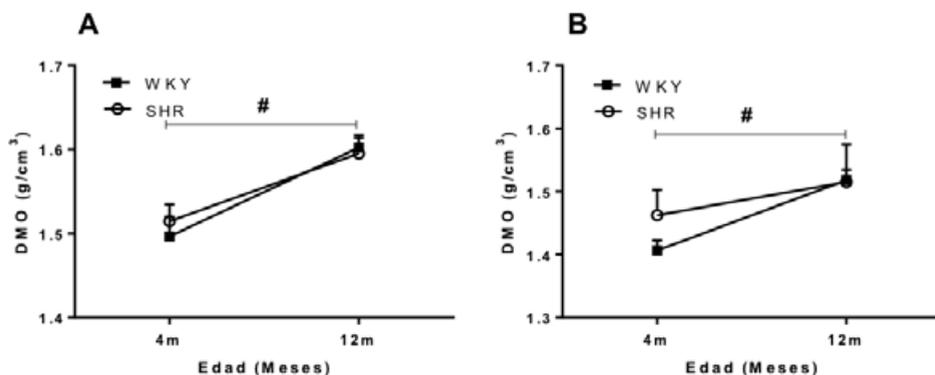


Figura 8. Evaluación de la densidad mineral ósea cortical en mid-diáfisis de fémur y tibia. (A) fémur y (B) tibia; SHR: spontaneous hypertensive rats; WKY: Wistar Kyoto; datos se representan como media \pm error estándar con una $n=6$ animales. # $p < 0.05$ WKY 4 meses vs WKY 12 meses.

DISCUSIÓN

El presente estudio intenta mostrar una perspectiva transversal del efecto de la hipertensión arterial en la arquitectura ósea. Para ello, ratas SHR y WKY de 4 y 12 meses de edad respectivamente, fueron evaluadas. El fémur, tibia y las vértebras L5 fueron las áreas anatómicas de interés, debido a que éstas son las áreas anatómicas de mayor interés para el estudio de fracturas.

Ya se habían identificado anomalías en el metabolismo del calcio en estudios preclínicos de animales en condiciones de hipertensión [20]. Wang *et al.* [39], en un estudio histomorfométrico, reveló una pobre arquitectura trabecular en ratas macho SHR de 6.5 meses de edad en comparación con su control normotenso. En su estudio, reporta un menor número de trabéculas, así como una disminución en el grosor trabecular. A la edad de 4 meses, nuestro estudio reveló una ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre los animales SHR y WKY en las 3 zonas exploradas. Estos resultados contradictorios podrían deberse a discrepancias en los métodos de medición utilizados. Si bien, la histomorfometría representó una importante herramienta para el estudio de la arquitectura trabecular en el pasado, ésta, a su vez presenta una importante limitación frente a técnicas 3D asistidas por computadora debido a que las técnicas histomorfométricas se basan en la predicción estereológica bidimensional de la arquitectura ósea, la cual discrimina una gran parte de la muestra, pues solo algunas secciones histológicas son examinadas [38].

A la edad de 12 meses, los animales SHR manifestaron un “incremento” en los parámetros óseos BV/TV, Tb.N, en fémur y Tb.N en tibia. Estos resultados pudie-

sen sugerir que la presencia de hipertensión en animales tiene un efecto protector sobre la trabécula ósea. La idea no parece del todo rara, ya que estudios clínicos previos han reportado a través de DEXA y q CT un incremento en la densidad mineral en pacientes mayores de 65 años [40, 41]. En concordancia con estos reportes, el presente trabajo reveló un aumento significativo de la densidad mineral ósea trabecular a nivel de fémur en animales SHR en comparación con el control normotenso. En conjunto, estos resultados sugieren que la hipertensión *per sé*, promueve un efecto protector en los animales SHR. Sin embargo, un importante dato que cabe destacar, es que a nivel de tibia y fémur, el grosor trabecular (Tb.Th) resultó significativamente menor en ratas SHR de 12 meses. Mitra *et al.* [42], a través de análisis de elementos finitos demostró que el SMI es uno de los más importantes parámetros de fortaleza estructural en hueso. El SMI (structural model index, por sus siglas en inglés) es un parámetro meramente estructural y determina la forma que presenta la trabécula en el modelo 3D (en forma de placa o barra, SMI= 1 y 2 respectivamente), éste, es influenciado ampliamente por el grosor trabecular, Erik Mitra sugiere en su estudio que cambios en el grosor trabecular pudiese finalmente determinar en gran medida cuan fuerte o débil es la trabécula ósea. Müller y colaboradores [43], evaluaron los cambios estructurales en esquema longitudinal a través de técnicas de tomografía *in vivo* en el modelo de ovariectomía (OVX). Sus datos revelan cambios en el SMI a la par de alteraciones en el grosor trabecular, lo cual confirma parcialmente lo que Mitra y colaboradores sugieren sobre la relación el SMI y el Tb.Th como un importante marcador de resorción ósea. En el presente estudio, el grosor trabecular indica un posible aumento en la actividad resorptiva que pudiese, en un futuro, afectar los otros parámetros estructurales en las tres regiones estudiadas, sin embargo, estudios de análisis estructurales en animales geriátricos que desarrollen hipertensión son necesarios para confirmar estas hipótesis.

Nuestro estudio, reveló una importante disminución de la arquitectura cortical en animales SHR de 4 y 12 meses de edad en comparación con su control normotenso WKY. En años recientes, se ha desviado la atención hacia el estudio de la microestructura cortical como un importante prospecto para la predicción de fracturas. Esta idea viene de estudios previos que han demostrado: 1) aproximadamente un 80% de todas las fracturas ocurren predominantemente en áreas de hueso cortical; 2) cerca del 70% de los casos de disminución de contenido mineral asociado a la edad ocurren en áreas corticales; y 3) la mayoría de los sitios de pérdida ósea, ocurren por remodelación intracortical, lo que provoca un incremento en la porosidad [44, 45]. Esta evidencia sugiere que estos cambios en el hueso cortical están influenciados directamente por la edad. En pacientes con hipertensión, el desarrollo de osteopenia se ve con más frecuencia en pacientes adultos, afectando

principalmente a las mujeres [21]. Sin embargo, estudios ulteriores que exploren la mecánica del hueso cortical bajo condiciones de hipertensión podrían determinar en qué medida la hipertensión afecta la fragilidad ósea, además, estudios bioquímicos son necesarios para elucidar que tipo de mecanismos moleculares predominan en los cambios en el fenotipo óseo en condiciones de hipertensión. Esto por supuesto, se fundamenta bajo la ausencia de cambios en la densidad mineral ósea cortical en el presente estudio, ya que parece ser que las alteraciones en el hueso tanto trabecular como cortical se deben a cambios meramente estructurales.

CONCLUSIONES

El modelo de hipertensión primaria en ratas SHR es adecuado para el estudio de la microestructura trabecular y cortical debido a: 1) si bien, la arquitectura trabecular en número y volumen favorece a los animales SHR, los resultados en el grosor trabecular en tibia y fémur sugieren a que en algún punto en edades más avanzadas, estos animales pudiesen llegar a concretar cambios verdaderamente significativos en la arquitectura ósea; 2) la arquitectura cortical en animales SHR desde muy temprana edad se ve desfavorecida, lo que pudiese generar consecuencias mecánicas bastante importantes, considerando que la mayoría de las fracturas, se ven reflejadas en áreas de hueso cortical; y 3) debido a la naturaleza fisiopatológica de la hipertensión en estos animales, los animales SHR simulan casi a la perfección los fenómenos patológicos presentes en la hipertensión esencial en seres humanos.

PERSPECTIVAS

- Evaluar las propiedades biomecánicas de los huesos en animales SHR y WKY a través de análisis de elementos finitos y estudios de compresión mecánica.
- Determinar los niveles séricos de Ang II, PTH, RANKL y OPG, y asociarlos con los parámetros trabeculares y corticales.
- Determinar la expresión de receptores AT1 y AT2 de fémur, tibia y vértebras L5.

REFERENCIAS

- Salud, O.M.d.l., Información general sobre la hipertensión en el mundo. 2013: p. 40.
- Kearney, P.M., *et al.*, Global burden of hypertension: analysis of worldwide data. *Lancet*, 2005. 365(9455): p. 217-23.

- Barquera, S., *et al.*, Hypertension in Mexican adults: results from the National Health and Nutrition Survey 2006. *Salud Publica Mex*, 2010. 52 Suppl 1: p. S63-71.
- Villarreal-Ríos, E., *et al.*, Costo de la atención de la hipertensión arterial y su impacto en el presupuesto destinado a la salud en México. *Salud Pública de México*, 2002. 44: p. 7-13.
- Reginster, J.Y. and N. Burlet, Osteoporosis: a still increasing prevalence. *Bone*, 2006. 38(2 Suppl 1): p. S4-9.
- Warburton, D.E., *et al.*, Cardiovascular disease and osteoporosis: balancing risk management. *Vasc Health Risk Manag*, 2007. 3(5): p. 673-89.
- Lampropoulos, C.E., I. Papaioannou, and D.P. D’Cruz, Osteoporosis--a risk factor for cardiovascular disease? *Nat Rev Rheumatol*, 2012. 8(10): p. 587-98.
- Wolf, A.D. and B. Pfeleger, Burden of osteoporosis and fractures in developing countries. *Curr Osteoporos Rep*, 2005. 3(3): p. 84-91.
- Clark, P., F. Carlos, and J.L. Vázquez Martínez, Epidemiology, costs and burden of osteoporosis in Mexico. *Archives of Osteoporosis*, 2010. 5(1): p. 9-17.
- Peach, M.J., Renin-angiotensin system: biochemistry and mechanisms of action. *Physiol Rev*, 1977. 57(2): p. 313-70.
- Miller, E.D., The role of the renin-angiotensin-aldosterone system in circulatory control and hypertension. *Br J Anaesth*, 1981. 53(7): p. 711-8.
- Tamargo, J., R. Caballero, and E. Delpón, The Renin–Angiotensin System and Bone. *Clinical Reviews in Bone and Mineral Metabolism*, 2015. 13(3): p. 125-148.
- Asaba, Y., *et al.*, Activation of renin-angiotensin system induces osteoporosis independently of hypertension. *J Bone Miner Res*, 2009. 24(2): p. 241-50.
- Gu, S.S., *et al.*, Involvement of the skeletal renin-angiotensin system in age-related osteoporosis of ageing mice. *Biosci Biotechnol Biochem*, 2012. 76(7): p. 1367-71.
- Kaschina, E. and T. Unger, Angiotensin AT1/AT2 receptors: regulation, signalling and function. *Blood pressure*, 2003. 12(2): p. 70-88.
- Hadjidakis, D.J. and Androulakis, II, Bone remodeling. *Ann N Y Acad Sci*, 2006. 1092: p. 385-96.
- Paszty, C., C.H. Turner, and M.K. Robinson, Sclerostin: a gem from the genome

- leads to bone-building antibodies. *J Bone Miner Res*, 2010. 25(9): p. 1897-904.
- Glass, D.A., 2nd, *et al.*, Canonical Wnt signaling in differentiated osteoblasts controls osteoclast differentiation. *Dev Cell*, 2005. 8(5): p. 751-64.
- Bai, S., *et al.*, NOTCH1 regulates osteoclastogenesis directly in osteoclast precursors and indirectly via osteoblast lineage cells. *J Biol Chem*, 2008. 283(10): p. 6509-18.
- Schedl, H.P., *et al.*, Calcium and sodium transport and vitamin D metabolism in the spontaneously hypertensive rat. *J Clin Invest*, 1984. 73(4): p. 980-6.
- Yang, S., *et al.*, Association between hypertension and fragility fracture: a longitudinal study. *Osteoporos Int*, 2014. 25(1): p. 97-103.
- Alagiakrishnan, K., *et al.*, Role of vascular factors in osteoporosis. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2003. 58(4): p. 362-6.
- Gerber, Y., *et al.*, Cardiovascular and noncardiovascular disease associations with hip fractures. *Am J Med*, 2013. 126(2): p. 169 e19-26.
- McFarlane, S.I., *et al.*, Osteoporosis and cardiovascular disease: brittle bones and boned arteries, is there a link? *Endocrine*, 2004. 23(1): p. 1-10.
- Campos-Nonato, I., *et al.*, [Hypertension: prevalence, early diagnosis, control and trends in Mexican adults]. *Salud Publica Mex*, 2013. 55 Suppl 2: p. S144-50.
- Guan, X.X., Y. Zhou, and J.Y. Li, Reciprocal roles of angiotensin II and Angiotensin II Receptors Blockade (ARB) in regulating Cbfa1/RANKL via cAMP signaling pathway: possible mechanism for hypertension-related osteoporosis and antagonistic effect of ARB on hypertension-related osteoporosis. *Int J Mol Sci*, 2011. 12(7): p. 4206-13.
- Cortes-Hernandez, D.E., *et al.*, The burden of blood-pressure-related cardiovascular mortality in Mexico. *Int J Hypertens*, 2014. 2014: p. 427684.
- Stice, J.P., J.P. Eiserich, and A.A. Knowlton, Role of aging versus the loss of estrogens in the reduction in vascular function in female rats. *Endocrinology*, 2009. 150(1): p. 212-9.
- Vestergaard, P., L. Rejnmark, and L. Mosekilde, Hypertension is a risk factor for fractures. *Calcif Tissue Int*, 2009. 84(2): p. 103-11.
- Izu, Y., *et al.*, Angiotensin II type 2 receptor blockade increases bone mass. *J Biol Chem*, 2009. 284(8): p. 4857-64.

- Whitney, C., *et al.*, Are cardiovascular disease and osteoporosis directly linked? *Sports Med*, 2004. 34(12): p. 779-807.
- Brandi, M.L. and P. Collin-Osdoby, Vascular biology and the skeleton. *J Bone Miner Res*, 2006. 21(2): p. 183-92.
- Barou, O., *et al.*, Relationships between trabecular bone remodeling and bone vascularization: a quantitative study. *Bone*, 2002. 30(4): p. 604-12.
- McCarron, D.A., *et al.*, Enhanced parathyroid function in essential hypertension: a homeostatic response to a urinary calcium leak. *Hypertension*, 1980. 2(2): p. 162-8.
- Zhao, W., *et al.*, Bone resorption induced by parathyroid hormone is strikingly diminished in collagenase-resistant mutant mice. *J Clin Invest*, 1999. 103(4): p. 517-24.
- Hatton, R., M. Stimpel, and T.J. Chambers, Angiotensin II is generated from angiotensin I by bone cells and stimulates osteoclastic bone resorption in vitro. *J Endocrinol*, 1997. 152(1): p. 5-10.
- De Aluja, A.S., *Animales de laboratorio y la Norma Oficial Mexicana (NOM-062-ZOO-1999)*. *Gac Med Mex*, 2002. 138(3): p. 295-8.
- Bouxsein, M.L., *et al.*, Guidelines for assessment of bone microstructure in rodents using micro-computed tomography. *J Bone Miner Res*, 2010. 25(7): p. 1468-86.
- Wang, T.M., *et al.*, Evidence for reduced cancellous bone mass in the spontaneously hypertensive rat. *Bone Miner*, 1993. 20(3): p. 251-64.
- Cauley, J.A., *et al.*, Factors associated with the lumbar spine and proximal femur bone mineral density in older men. *Osteoporos Int*, 2005. 16(12): p. 1525-37.
- Orwoll, E.S., L. Bevan, and K.R. Phipps, Determinants of bone mineral density in older men. *Osteoporos Int*, 2000. 11(10): p. 815-21.
- Mittra, E., C. Rubin, and Y.X. Qin, Interrelationship of trabecular mechanical and microstructural properties in sheep trabecular bone. *J Biomech*, 2005. 38(6): p. 1229-37.
- Boyd, S.K., *et al.*, Monitoring individual morphological changes over time in ovariectomized rats by in vivo micro-computed tomography. *Bone*, 2006. 39(4): p. 854-62.

Kanis, J.A., *et al.*, Intervention thresholds for osteoporosis. *Bone*, 2002. 31(1): p. 26-31.

Zebaze, R.M., *et al.*, Intracortical remodelling and porosity in the distal radius and post-mortem femurs of women: a cross-sectional study. *Lancet*, 2010. 375(9727): p. 1729-36.

CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

Leonardo Uriel Arellano Méndez



Estudió la licenciatura en Hidrobiología en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa en la Ciudad de México. Realizó estudios de posgrado en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN), Unidad Mérida, donde obtuvo la maestría en Biología Marina y el doctorado en Ciencias Marinas. Realizó dos años de posdoctorado en el Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías (ICIMAP), de la Universidad Veracruzana.

Es Profesor de Tiempo Completo en el Instituto de Ecología Aplicada y se encuentra inscrito en el Cuerpo Académico de Ecología y Conservación de Ecosistemas. Ha sido distinguido con el Perfil Deseable PRODEP y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores como Candidato a Investigador Nacional. Ha publicado 8 artículos en revistas internacionales y de alto impacto. Ha participado como asesor de 4 tesis de maestría y una tesis doctoral, y dirige dos tesis doctorales y un proyecto de investigación con financiamiento por parte de PRODEP como NPTC.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

Ecología y conservación de los recursos naturales; producción primaria de ambientes costeros; y cambio climático y carbono azul.

Distribución espacial, estructura y contenido de carbono en praderas de macrófitas sumergidas existentes en la Laguna Madre de Tamaulipas

Leonardo Uriel Arellano Méndez

RESUMEN

Las zonas costeras son límites importantes en los sistemas naturales y constituyen áreas de transición entre los ambientes terrestres y marinos. Además de los servicios que proveen, son una importante región para la realización de actividades humanas. Alrededor del 60% de la población mundial vive en áreas costeras, por lo que la presión a que se ve sometido este ambiente es a toda clase de actividades humanas debido principalmente al crecimiento poblacional. Otro tipo de presiones en estos ambientes son los ocasionados por la naturaleza, por ejemplo las tormentas tropicales y huracanes, que se han visto alterados por las actividades humanas (cambio climático mundial), provocando un aumento en su frecuencia e intensidad, los cuales impactan y alteran el margen costero. El manejo y conservación de los ecosistemas costeros requiere del conocimiento de los hábitats marinos y su asociación con las comunidades (biotopos). En parte, este requisito proviene de la necesidad de seleccionar y señalar áreas específicas de importancia para la conservación o restauración y el manejo (ecoturismo). El entender los procesos y variables que determinan la estructura de los ambientes costeros a diferentes escalas es fundamental para vigilar su estado de conservación para cuando se presenten alteraciones por impactos naturales y antrópicos. Dentro de estos sistemas y comunidades existen componentes del ecosistema marino que requieren el conocimiento de su estructura como hábitat, entre estas comunidades se encuentran las macrófitas sumergidas. Los pastos marinos son reconocidos como ambientes clave en las zonas costeras por las funciones y servicios que prestan, pero las actividades humanas alteran su distribución ejerciendo una presión directa (contaminantes, sobreexplotación de recursos, etc.) y/o indirecta (cambio climático, huracanes, etc.), por lo que es importante conocer su hábitat, y entender los procesos y variables que determinan su estructura. El objetivo de esta investigación es analizar la presencia actual de las praderas de pastos marinos, identificando sus áreas prioritarias para la conservación

y restauración y determinar sus servicios ambientales, poniendo un especial énfasis en los que prestan como almacenes de carbono. El trabajo de campo se realizó usando la técnica de Braun-Blanquet, por medio de buceo en apnea. Se tomaron datos, fotografías y videotransectos. Se tomaron muestras de la vegetación acuática sumergida con un nucleador de pvc de 8". Las muestras se mantuvieron en frío en hielo y se analizaron en laboratorio. Se identificaron las distintas especies de pastos marinos y macroalgas y se tomaron los datos de las características específicas de haz y área. Se reconocieron 5 especies de pastos marinos: *Thalassia testudinum*, *Halodule wrightii*, *Syringodium filiforme*, *Ruppia maritima* y *Halophila engelmannii*; y 13 especies de macroalgas: *Hypnea*, *Laurencia*, *Jania*, *Digenia*, *Gracilaria*, *Caulerpa*, *Polysiphonia*, *Acetabularia*, *Dictyota*, *Ceramium*, *Penicillus*, *Ulva* y *Udotea*.

INTRODUCCIÓN

El manejo y conservación de los ecosistemas costeros requieren del conocimiento de los hábitats marinos y su asociación con las comunidades (biotopos). Dentro de estos sistemas y comunidades existen componentes del ecosistema marino que requieren conocerse su estructura como hábitat, entre estas comunidades se encuentran las macrófitas sumergidas. Los pastos marinos son reconocidos como ambientes clave en las zonas costeras por las funciones y servicios que prestan, pero las actividades humanas alteran su distribución ejerciendo una presión directa (contaminantes, sobreexplotación de recursos, etc.) y/o indirecta (cambio climático, huracanes, etc.), por lo que es importante conocer su hábitat, y entender los procesos y variables que determinan su estructura (Arellano-Méndez, 2011; Arellano-Méndez, *et al.* 2011).

Los pastos marinos son reconocidos como ambientes claves dentro de las zonas costeras por sus importantes funciones como fuente primaria de redes tróficas, así como de oxigenación a aguas y sedimentos, la exportación de carbono orgánico a ecosistemas adyacentes, la estabilización de sedimentos mejorando la transparencia del agua, atenuar la acción de las olas, proteger el margen costero a la erosión, ser hábitat de microorganismos, invertebrados y vertebrados que frecuentemente se encuentran en peligro o bien son de importancia comercial (Constanza *et al.*, 1997; Hemminga y Duarte, 2000).

Actualmente crece la evidencia de que las praderas de pastos marinos están experimentando un declive mundial, debido a factores naturales (Cunha *et al.*, 2005; Arellano-Mendez, *et al.*, 2011), pero sobre todo a disturbios antrópicos, como el daño y deterioro físico directo en la calidad del agua (Short y Wyllie-Echeverría, 1996; Hemminga y Duarte, 2000). Esta pérdida de praderas de pastos marinos a nivel mundial (Waycott *et al.*, 2005), ha estimulado una activa red de investigaciones

que intentan comprender la dinámica en la estructura de las comunidades de pastos marinos (Short y Willie-Echeverria, 1996; Arellano-Méndez, 2011), como sitios captadores de carbono (Hemmimga y Mateo 1996; Kun Seop y Dunton 1997; Arellano-Méndez *et al.*, 2015) y de sedimentos (Orth *et al.*, 2006). Es necesario determinar, cuantificar y valorizar los beneficios que, como funciones y/o procesos ecológicos, prestan los pastos marinos como servicios ambientales. Además de su alta producción primaria (Menzies *et al.*, 1967; Harrison, 1989; Enríquez *et al.*, 1993; Duarte y Cebrián, 1996; Cebrián y Duarte, 1997; Duarte y Chiscano, 1999; Ochieng y Erftemeijer, 1999; Arellano-Méndez *et al.*, 2015), algunos de los servicios ambientales son: aprovisionamiento de comida a redes de sustento costeros, aprovisionamiento de oxígeno a aguas y sedimentos, aislamiento de carbono de la atmósfera, exportación de carbono orgánico a ecosistemas adyacentes, estabilización de oxígeno, prevención en la resuspensión de sedimento, mejora en la transparencia del agua, atenuación de las olas, protección del margen costero a la erosión, hábitat de microorganismos, invertebrados y vertebrados, frecuentemente en peligro o de importancia comercial, y trampa y ciclaje de nutrientes.

Por lo que la pérdida de los pastos marinos, representa una pérdida ecológica y económica de los ecosistemas costeros, y por lo tanto resulta necesario tener líneas de base, así como conocer su interacción ecológica para su cuidado, manejo y futuras acciones que permitan la conservación de sus servicios ambientales.

OBJETIVO

Todo lo anterior nos lleva a plantear como objetivo general, la necesidad de analizar la presencia y distribución actual de las praderas de pastos marinos en la Laguna Madre, identificar sus áreas prioritarias (para la conservación y restauración) y determinar sus servicios ambientales, poniendo especial énfasis en los que prestan como almacenes de carbono ante el cambio climático.

Para poder cumplir con este objetivo general, se plantearon los siguientes objetivos particulares:

- Establecer la distribución espacial de los pastos marinos las zonas seleccionadas, al Norte, Centro y Sur de la Laguna Madre, ubicando praderas en cada zona.
- Determinar la estructura de las praderas de pastos marinos en los sitios seleccionados, a través de sus características específicas de haz (número de hojas, largo máximo, mínimo y promedio, ancho máximo, mínimo y promedio y el área de hoja por haz -la suma del área de hoja por haz, cm²-); y las características específicas de área (densidad, Índice de Área Foliar -IAF, media del área de hoja por la densidad de haces, m²m⁻²-, la biomasa emergida -standing crop, gr*m⁻²- y la relación de biomasa emergida/biomasa enterrada), en las distintas zonas.

- Determinar la cantidad y tipo de sedimentos que se depositan en las praderas de pastos marinos.
- Estimar la cantidad de carbono en los sedimentos, raíces y rizomas (*below-ground*) y en las hojas (*aboveground*) de los pastos marinos.
- Determinar la estructura del paisaje por medio de índices ecológicos en las áreas seleccionados.
- Establecer los Servicios Ambientales que prestan al ANP Laguna Madre, las praderas de pastos marinos, a través de las métricas de Ecología del Paisaje.

CONTRIBUCIÓN A LA GENERACIÓN DEL CONOCIMIENTO

Con toda esta información se plantea identificar las áreas prioritarias (para la conservación y restauración) y determinar sus servicios ambientales, con un especial énfasis en los que prestan como almacenes de carbono, estableciendo un flujo de “servicios del ecosistema”, incluyendo la producción de bienes (por ejemplo, alimentos), el apoyo a procesos de la vida (por ejemplo, la calidad del ambiente), y el cumplimiento de las condiciones de vida (por ejemplo, la belleza, la oportunidad de recreación), así como la conservación de las opciones para el futuro (ejemplo diversidad genética para hacer frente a los cambios ambientales).

Las metas a mediano y largo plazo son: contribuir con el conocimiento de cómo se encuentran las praderas de pastos marinos en una de las áreas prioritarias detectadas por CONABIO en el litoral del Estado de Tamaulipas (Área Natural Protegida Laguna Madre). A partir de los resultados que se obtengan, proponer a los tomadores de decisión, mecanismos que ayuden a proteger, mitigar, recuperar las áreas donde los pastos marinos se encuentren dañados, o bien contribuir con conocimiento para que las áreas que no presenten daños continúen sin daño. Comprender y apoyar la creación de bancos de carbono ante las instancias internacionales y de esta forma captar recursos para apoyar la conservación de estos sitios.

Metodología

Se realizará sobre un transecto, el cual estará previamente geoposicionado al inicio y final, un censo por medio de la técnica de Braun-Blaquet, así como la caracterización por medio video y fotografía (Fig. 1). En los sitios 0, 5, 10, 15, 20, 25 y 30, se tomaran muestras de pastos marinos por medio de un nucleador para el análisis en laboratorio de sus características específicas de haz y área. Si es necesario, se tomarán más muestras, cuando a lo largo del transecto se observe algún cambio en la composición de la vegetación que lo amerite. Las muestras se guardan en bolsas previamente etiquetadas y se guardan en frío para su posterior análisis.

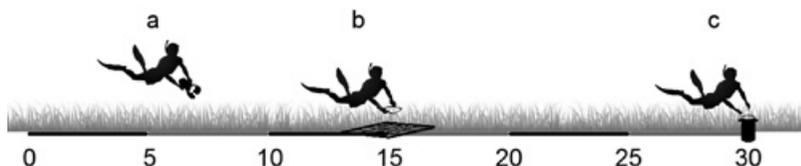


Figura 1. Muestreo de pastos marinos sobre el transecto de 30 metros. a) videotransecto y toma de fotografías; b) toma de datos por la técnica de Braun-Blanquet con un cuadrante de 1x1 m; c) toma de un núcleo de pastos marinos con un nucleador de pvc de 8".

Con respecto a los sitios que se plantea muestrear, la laguna se dividió en tres sectores, Norte, centro y Sur (Fig. 2).

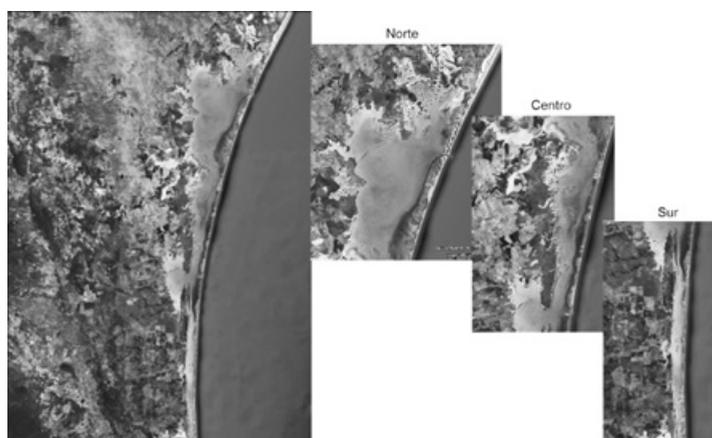


Figura 2. Área de estudio, Laguna Madre, seccionada en tres sub-áreas: Norte, Centro y Sur.

Y se presentan en los distintos sitios los polígonos donde se plantea poner las estaciones de muestreo (Fig. 3). Estos polígonos se proponen a partir del análisis de las imágenes de Quickbird de Google Earth Pro y de imágenes Landsat 8 obtenidas en la página de la USGS. Estos sitios muestran las zonas en que podrían encontrarse los pastos. Además de tomar en cuenta el conocimiento experto de los guías en cada una de las secciones, lo que podría modificar las áreas de los polígonos.

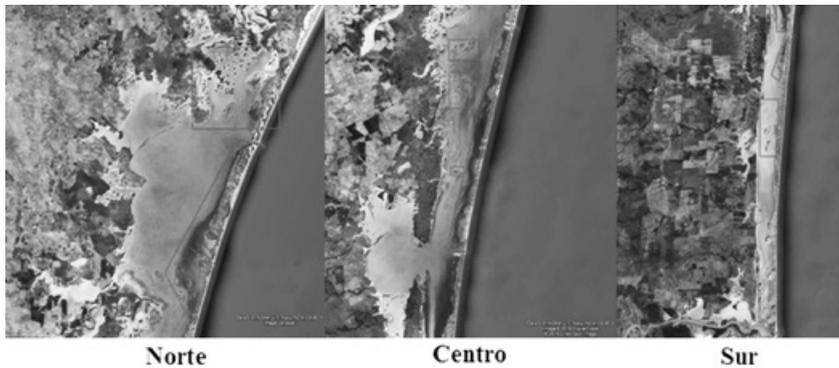


Figura 3. Polígonos propuestos a muestrearse de las distintas zonas.

El material colectado en el campo, es analizado en el laboratorio.

Ahí se separa cada muestra en los distintos componentes, macroalgas y pastos marinos (Fig. 4). A las macroalgas se les clasifica por especie y se pesan por separado, para determinar su biomasa.

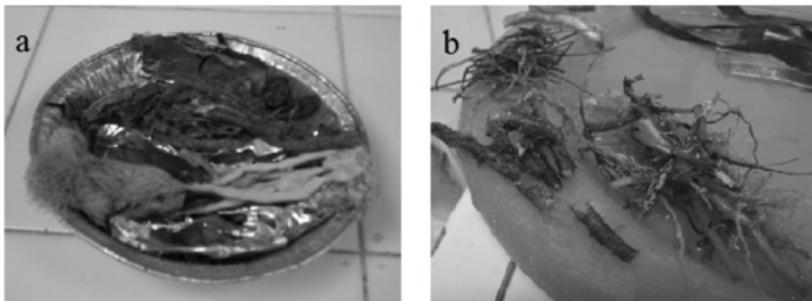


Figura 4. Análisis de las muestras de campo. Se separan los componentes de cada muestra entre macroalgas (a) y pastos marinos (b).

A los pastos marinos se les separa por especies, a cada especie se le separan las hojas de las raíces y rizomas (Fig. 4b). Estas últimas son pesadas, para determinar su biomasa enterrada (*belowground biomass*). A las hojas, se les separa y cuentan por cada haz, se les mide su largo y su ancho, y posteriormente son pesadas (Fig. 6), para determinar su biomasa de hojas o “aérea” (*aboveground biomass*). Con estos datos se determinan sus características específicas de haz y área.

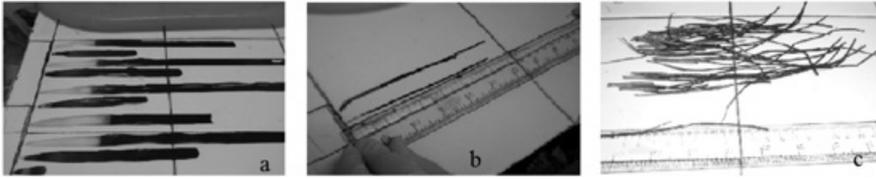


Figura 5. Medición de las hojas de las distintas especies de pastos marinos (a) *Thalassia testudinum*; (b) *Halodule wrightii*; y (c) *Syringodium filiforme*.

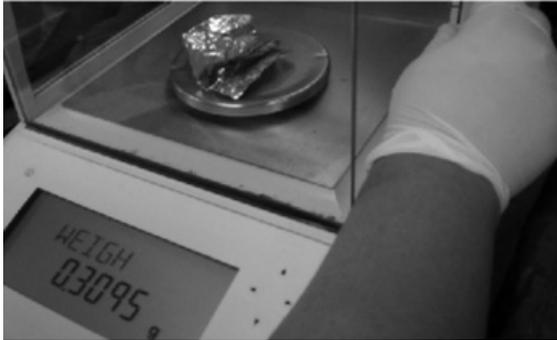


Figura 6. Pesado de cada componente en una balanza digital.

La información obtenida servirá para la realización de los mapas de distribución con las imágenes de satélite por medio de una clasificación supervisada (Green *et al.*, 2000). A esos mapas se les analiza mediante métricas del paisaje, para conocer cómo se encuentra caracterizada y si se ha observado una fragmentación del paisaje.

Principales resultados

Se encontraron 5 especies de pastos marinos, en tres familias:

- *Hydrocharitaceae*: *Thalassia testudinum* (Tt) y *Halophila engelmannii* (He);
- *Cymodoceaceae*: *Halodule wrightii* (Hw) y *Syringodium filiforme* (Sf); y
- *Ruppiaaceae*: *Ruppia maritima* (Rm).

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Hidebrand (1958), Cornelius (1975), Lot *et al.* (1986), Brazda (1988), Britton y Morton (1989), DUMAC (1993), Martínez y Novelo (1994), Cervantes (1994) y Mora-Olivo (1996). Todos estos autores, mencionan la presencia de las mismas especies, pero con distintas distribución y cobertura. Siempre se menciona que son praderas multiespecíficas, distribuidas en áreas someras (menores a 1 m de profundidad). En el presente trabajo de investigación se encontraron praderas de más de una especie, siempre asociada a macroalgas.

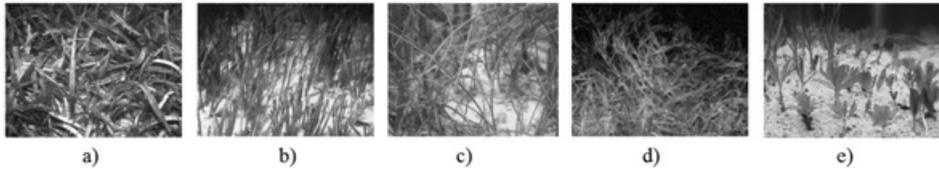


Figura 7. Especies de pastos marinos encontradas en la zona centro de la Laguna Madre. a) *Thalassia testudinum*; b) *Halodule wrightii*; c) *Syringodium filiforme*; d) *Ruppia maritima*; y e) *Halophila engelmannii*.

El pasto marino dominante en los distintos sitios de muestreo es *Halodule wrightii*, pero los resultados y según la revisión de la literatura y a través del conocimiento experto de los locales, ésta se ha visto desplazada por las praderas de *Thalassia testudinum*. Aunque *Syringodium filiforme* es la especie que ocupa un segundo lugar en distribución en la laguna, también han visto disminuidas sus praderas conforme a lo reportado a los autores ya citados.

Se han observado las praderas más extensas hacia las zonas costeras a lo largo de las barras en la porción de sotavento. Presentándose aquí fragmentos de forma alargada al margen costero.

En la zona Centro, existen las denominadas islas que también presentan praderas asociadas a sotavento, siendo ellas, praderas multiespecíficas.

Las islas La Pita, El Arpa y El Venado, presentaban praderas de *Halodule wrightii* asociadas a *Ruppia maritima*, pero aquí se ha visto la sucesión de especies, principalmente de *Ruppia maritima* a *Thalassia testudinum*. El Barco, presenta praderas de *Halodule wrightii*, *Syringodium filiforme* y *Thalassia testudinum*. La Isla La Coyota y el margen central de la barra frente a Carboneras presentan extensas praderas de *Halodule wrightii* y *Syringodium filiforme*.

En la parte Norte de la boca que se encuentra frente a Punta de Piedra, se observan las praderas más extensas de *Thalassia testudinum*, pero en la zona de Sur de este canal se encuentra *Halodule wrightii* y en la parte cubierta de la boca norte, se encontraron las cinco especies de pastos *Thalassia testudinum*, *Halodule wrightii*, *Syringodium filiforme*, *Ruppia maritima* y *Halophila engelmannii*, ésta última con la menor distribución.

Boca Ciega menciona la presencia de *Halodule wrightii* y *Syringodium filiforme*, pero en el presente trabajo, esta última especie ya no se observó, siendo desplazada por la presencia de *Thalassia testudinum*.

Tabla 1. Sitios de muestreo en la zona centro con las especies encontradas (*Hw-Halodule wrightii*; *Sf-Syringodium filiforme*; *Tt-Thalassia testudinum*; *Rm-Ruppia maritima*; *He-Halophila engelmannii*). * – literatura X – este trabajo.

Sitio	<i>Hw</i>	<i>Sf</i>	<i>Tt</i>	<i>Rm</i>	<i>He</i>
La Costa	* X	* X	X		
La Pita	* X		x	* X	
El Arpa	* X		X		
Lucinda	* X		X		
El Venado	* X		X	* X	
El Barco	* X	X	X		
La Coyota	* X	X			
La Boquilla	* X	* X			
Los Coconos	X	X	X		
El Viborero	*	* X	X		
La Matanza	* X				
Tarquinas			X		
Carboneras	* X	* X			
La Boca (Pta de Piedra)	* X	X	X	X	X
Boca Ciega	* X	*	X		

Con respecto a las macroalgas asociadas a las distintas praderas, se advirtió la presencia de *Hypnea*, *Laurencia*, *Jania*, *Digenia*, *Gracilaria*, *Caulerpa*, *Polysiphonia*, *Acetabularia*, *Dictyota*, *Ceramium*. Especies ya reportadas con anterioridad en la literatura (Mora-Olivo, 1996). Se reporta también la presencia de *Penicillus* sp, que se tuvo en fragmentos extensos, formando en algunos sitios de la zona Centro praderas extensas, como en El Viborero e Isla Coconos; *Halimeda* sp.

En el presente estudio se reporta la presencia de *Ulva* sp, en zonas rocosas (Punta de Piedra y en la escollera de Boca Ciega); y *Udotea* sp, está reportada solo en áreas de Florida, Bahamas y el Caribe (Humann, 1996).

CONCLUSIONES PRELIMINARES

Los pastos marinos en la zona norte presentan una menor distribución.

Halodule wrightii sigue siendo la especie con la mayor distribución en la zona Centro de la Laguna Madre, y dichas praderas son además de ser las más extensas en esta zona, se presentan de manera multiespecíficas, siempre conviviendo con otras especie de pastos y macroalgas.

Los cambios en la variabilidad medioambiental generados por el cambio climático, se ha traducido en amplios procesos de transición en la vegetación acuática sumergida, en especial en la sucesión a una especie clímax como es *Thalassia testudinum* o en la introducción de otras especies de macroalgas que no se habían reportado en esta zona.

Estos cambios en las poblaciones pueden derivar en efectos negativos para la fauna acuática o asociada a este tipo de vegetación, como por ejemplo las aves que se alimentan de este tipo de pastos marinos.

El conocimiento de la composición paisajística en la vegetación acuática sumergida permite avanzar en la comprensión de los patrones espaciales sobre la distribución medio ambiental y su relación con las variables del ambiente (físicas, químicas y del tipo de sedimento).

RECOMENDACIONES

Es necesario realizar un mayor esfuerzo para reconocer todos los patrones de las variables físico-geoquímicas del ambiente, que son las que nos ayudarían a comprender ecológicamente qué es lo que está sucediendo en la Laguna Madre y por qué se dan los cambios espaciales de la distribución de especies, así como la proliferación de nuevas especies en el ecosistema.

Los pastos marinos son un buen indicador de cambio del ambiente, por lo que es necesario realizar estudios de monitoreo a largo plazo, que nos lleven a nuevas conclusiones ecológicas sobre la tropicalización de los ecosistemas templados.

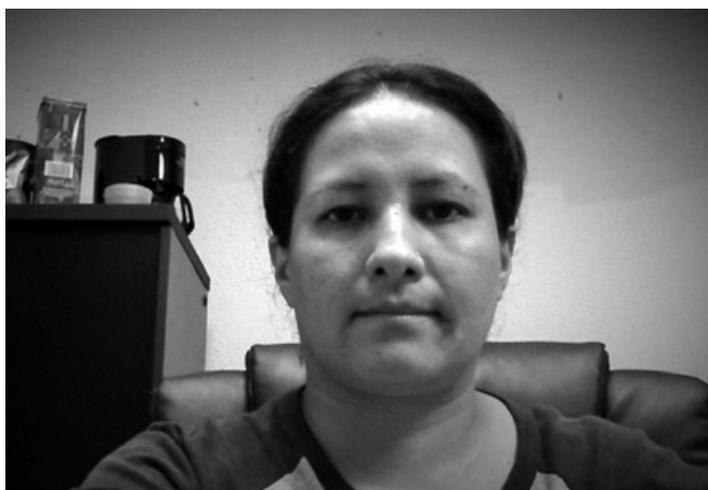
REFERENCIAS

- Arellano-Méndez, L.U., M.A. Liceaga-Correa, J. Herrera-Silveira y H. Hernández-Núñez. 2011. Impacto por huracanes en las praderas de *Thalassia testudinum* (Hydrocharitaceae) en el Caribe Mexicano. *Rev. Biol. Trop.* 59(1): 385-401.

- Arellano-Méndez, L.U., S. Morales-Ojeda y J. Herrera-Silveira. 2015. Carbono orgánico de las praderas de *Thalassia testudinum* en Bahía de la Ascensión (Quintana Roo, México). Una primera estimación del contenido de carbono azul en una laguna costera del Caribe Mexicano. En: Paz, F., J. Wong (eds.). 2015. Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2014. Texcoco, Estado de México.
- Brazda, A.R. 1988. Winter waterfowl populations and hábitat evaluation aerial surveys EastCoast of Mexico. In *Ecología y conservación del delta de los ríos Usumacinta y Grijalva (Memorias)*. INIREB-División Regional Tabasco. Gobierno del Estado de Tabasco.
- Britton, J.C. y B. Morton. 1989. *Shore ecology of the Gulf of Mexico*. University of Texas Press. Austin. 387 pp.
- Cebrián, J. & C.M. Duarte. 1997. Patterns in leaf herbivory on seagrasses. *Aquatic Botany*. 60:67-82.
- Cervantez (ed.). 1994. Humedales prioritarios de México. Ficha No. 5. Laguna Madre. *Boletín Humedales de México* 2(6): 7-8.
- Cornelius, S.E. 1975. Food choice of wintering redhead ducks (*Aythya americana*) and utilization of available resources in Lower Laguna Madre, Texas. Tesis M.S. Texas A&M University. Collage Station. 121pp.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., Oneill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253–260.
- Cunha, A.H., R.P. Santos, A.P. Gaspar & M.F. Bairros. 2005. Seagrass landscape-scale changes in response to disturbance created by the dynamics of barrier-islands: A case study from Ria Formosa (Southern Portugal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 64: 636-644.
- Duarte, C.M. & J. Cebrian. 1996. The fate of marine autotrophic production. *Limnology and Oceanography* 41: 1758-66.
- Duarte, C.M. & C. L. Chiscano. 1999. Seagrass biomass and production: A reassessment. *Aquat. Bot.* 65:159–174.
- DUMAC (Ducks and Limited of Mexico A.C.). 1993. Diagnóstico ecogeográfico para el manejo y conservación de la Laguna Madre, Tamaulipas y Zonas de Influencia. Informe Técnico. Monterrey, N.L. 91pp.
- Enríquez, S., C.M. Duarte & K. Sand-Jensen. 1993. Patterns in decomposition rates among photosynthetic organisms: the importance of detritus C:N:P content. *Oecologia* 94:457-471.

- Harrison, P.G. 1989. Detrital processing in seagrass systems: a review of factors affecting decay rates, remineralization and detritivory. *Aquatic Botany* 23:263-288.
- Hemminga, M & C.M. Duarte. 2000. *Seagrass Ecology*. Cambridge, U. K.: Cambridge University Press.
- Hemminga, M. A. & M. A Mateo. 1996. Stable carbon isotopes in seagrasses: variability in ratios and use in ecological studies, *Mar. Ecol.-Progr. Ser.*, 140, 285–298.
- Hildebrand, H.H. 1958. Estudios biológicos preliminares sobre la Laguna Madre de Tamaulipas. *Ciencia* 17(7-9):151-173.
- Humann, Paul. 1996. Reef coral identification, New World Publications INC, Jacksonville, Florida. U.S.A.
- Kun-Scop, L. & K. H. Dunton. 1997. Effect of in situ light reduction on the maintenance, growth and partitioning of carbon resources in *Thalassia testudinum* banks ex König. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 120, 53-73.
- Lot A., A. Novelo y P. Ramírez-García. 1986. Listados florísticos de México V. Angiospermas acuáticas mexicana 1. Instituto de Biología. UNAM, México, D.F. 60 pp.
- Martinez, M. & A. Novelo. 1993. La vegetación acuática del estado de Tamaulipas, México. *Anales Inst. Biol. Universidad Nacional Autónoma de México. Ser. Bot.* 64(2):59-86.
- Menzies, R.J., J.S. Zaneveld & R.M. Pratt. 1967. Transported turtle grass as a source of organic enrichment of abyssal sediments off North Carolina. *Deep-Sea Research*. 14:111-2.
- Mora-Olivo, A. 1996. Vegetación acuática de la Laguna Madre de Tamaulipas (pastos marinos). Informe Final de Proyecto. Universidad Autónoma de Tamaulipas. 44 pp.
- Ochieng, C.A. & P.L.A. Erfemeijer. 1999. Accumulation of seagrass beach cast along Kenyan coast: a quantitative assessment. *Aquatic Botany*. 65:221-238.
- Orth, R.J., T.J.B. Curruthers, W.C. Dennison, C.M. Duarte, J.W. Fourqurean, K.L. Heck, A.R. Hughes, G.A. Kendrick, W.J. Kenworthy, S. Olyarnik, F.T. Short, M. Waycott, & S.L. Williams. 2006. A global crisis for seagrass ecosystems. *BioScience* 56: 987-996.
- Short, F.T. & S. Wyllie-Echeverria. 1996. Natural and human-induced disturbances of seagrasses. *Environ. Conserv.* 23(1): 17–27.
- Waycott, M. B.J. Longstaff & J. Mellors. 2005. Seagrass population dynamics and water quality in the Great Barrier Reef region: A review and future research directions. *Marine Pollution Bulletin* 51: 343-350.

Ivonne Ceballos Olvera



Estudió una licenciatura en Biología Experimental en la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa. Cuenta con una maestría y el doctorado en ciencias con especialidad en Patología Experimental en el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV). En el ámbito profesional realizó dos estancias postdoctorales en el extranjero el primero lo realizó en la University of Tennessee Health Science Center (Department of Microbiology, Immunology and Biochemistry) en el área de Investigación en inmunología y respuesta innata. La segunda estancia postdoctoral la realizó en Arizona State University (School of Life Science) en Investigaciones sobre vacunas para Flavivirus recombinantes utilizando la cepa vacunal del virus del sarampión como vector de expresión. Es profesor-investigador de tiempo completo “E” de la Universidad Autónoma de Tamaulipas en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia donde ingresó en enero del 2015. Donde lleva a cabo funciones de docente investigador tutor y de gestión. Cuenta con un Proyecto de investigación como Nuevo Profesor de Tiempo Completo para trabajar con el virus de diarrea viral bovina enfermedad que afecta a gran parte del estado de Tamaulipas y pertenece al Sistema Nacional de Investigadores nivel C. Colaboró en la realización de publicaciones en el área de ciencias de la salud que abarca desde nutrición, bacteriología y virología principalmente. Estas publicaciones fueron resultado del trabajo realizado desde la licenciatura hasta el doctorado y especialmente en las estancias postdoctorales. Así mismo, su trabajo ha sido presentado en diferentes congresos tanto nacionales como internacionales y es miembro de la American Society for Virology.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

Diagnóstico, fisiopatología y prevención de enfermedades en animales domésticos y silvestres; y epidemiología molecular y biología experimental.

Evaluación de la prevalencia y estandarización de una prueba diagnóstico para la Diarrea viral bovina

Ivonne Ceballos Olvera

RESUMEN

La ganadería en México es importante y se puede ver mermada por las diferentes enfermedades que afectan al ganado. Son frecuentes las afecciones virales como la Diarrea Viral Bovina (DVB). Esta enfermedad es causada por el Virus de la Diarrea Viral Bovina (VDVB), podemos encontrar dos genotipos (VDVB 1y VDVB 2), con sus diferentes variables. Debido a esto la vacunación con un genotipo diferente al requerido puede causar que ésta sea ineficiente. El diagnóstico oportuno y una buena determinación del genotipo nos ayudarían a prevenir la transmisión de la enfermedad en los Hatos. El objetivo de este trabajo es determinar la prevalencia y montar una técnica diagnóstica adecuada del VDVB en el estado de Tamaulipas. Para ello se utiliza principalmente la técnica de PCR en tiempo real. En un estudio realizado entre el 2010 y el 2011 se reportó una seroprevalencia del 47.8% para el VDVB en Tamaulipas *Segura-Correa et al.* (2016). Hasta el momento los estudios realizados mediante PCR en tiempo real han sido negativos, para algunos hatos de Abasolo y Soto la Marina, se analiza ganado de municipios que reportaron alta seroprevalencia en estudios anteriores. Estos resultados nos indican dos cosas importantes la primera es que se había tenido o se tenía la infección con el VDVB o que la vacunación produce resultados adecuados. Sin embargo, es importante determinar la presencia del virus en hatos de otros municipios y continuar con estudios de seroprevalencia.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la prevalencia de DVB mediante técnicas moleculares y estandarizar una prueba diagnóstica que logre diferenciar entre los diferentes biotipos virales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Colectar muestras de diferentes regiones del estado de Tamaulipas.
- Desarrollar un protocolo para el diagnóstico del virus de la Diarrea Viral Bovi-

na que permita diferenciar entre los diferentes biotipos, mediante PCR.

- Analizar las muestras mediante pruebas ELISA comerciales.

IMPACTO CIENTÍFICO:

Asistencia a congresos y una publicación.

IMPACTO ACADÉMICO

Formación de un estudiante de licenciatura

TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO

Vinculación con el sector productivo ganadero para implementar una mejora en el diagnóstico de enfermedades que ayude a mejorar el tratamiento y la toma de decisiones en cuanto a la vacunación del ganado vacuno.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades reproductivas son muy importantes en el ganado bovino tanto en Tamaulipas, en México Segura-Correa *et al.* (2016) y alrededor del mundo Juyal *et al.* (2011), dentro de estas enfermedades podemos mencionar la neosporosis, brucelosis, rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR) y la diarrea viral bovina (DVB) que alteran la reproducción limitando el acceso de ganado al mercado Houe *et al.* (2006); Anderson, (2007). Adicionalmente estas enfermedades pueden afectar otros órganos causando diferentes manifestaciones clínicas. La DVB causa considerables pérdidas económicas debido al impacto en la salud y reproducción Davies and Carmichael (1973). Muerte embrionaria temprana, momificación, defectos congénitos y aborto son algunas de las consecuencias de la infección en el ganado preñado. Los fetos infectados durante los primeros 120 días de gestación pueden desarrollar inmunotolerancia y llegar a ser persistentemente infectados (PI) Fray *et al.* (2000); Houe *et al.* (2006). La reducción en la producción de leche es quizá una de las afectaciones más importantes Howard, (1990). Los dos genotipos VDVB1 y VDVB2 se han identificado mediante biología celular y serología Cantú and Alvarado, (1998); sin embargo se han descrito diferentes subtipos de los dos genotipos Río, (1977); Vilcek *et al.* (2001). El VDVB2 se ha encontrado en Norteamérica, Europa y Asia, Fulton *et al.* (2005); Letellier *et al.* 1999; Nagai *et al.* (1998). La alta seroprevalencia (47%) de la diarrea viral bovina en el estado de Tamaulipas y los efectos detrimentales de las infecciones por el VDVB en la salud del ganado lechero, en la producción

y un aumento en la mortalidad especialmente en los animales jóvenes causando una reducción anual del 10% o más de producción de leche, La mejor manera de controlar la diarrea viral bovina es estimular la inmunidad y reducir la exposición. La práctica de eliminar del hato a los animales con infección persistente y realizar pruebas en los animales de nuevo ingreso puede reducir la exposición. El uso adecuado de las vacunas incrementa la inmunidad. La existencia de diferentes biotipos con diferente variabilidad antigénica hace difícil el proceso de vacunación del ganado. Por eso se hace necesario el desarrollo de una prueba diagnóstica que nos ayude a determinar el tipo de virus que se encuentra en la región para proceder a la vacunación del ganado en una fase temprana se podrá controlar la enfermedad y se evitará la propagación.

CONTRIBUCIÓN A LA GENERACIÓN DEL CONOCIMIENTO

La DVB cobra gran importancia al establecer una alta seroprevalencia en algunas zonas del estado. Análisis complementarios entre biología molecular y serología nos arroja un diagnóstico más certero de la situación en cuanto a la presencia o ausencia del virus y su relación con la vacunación.

CONCLUSIONES

La determinación serológica de la DVB tanto como los factores de riesgo asociados a estas enfermedades deben asociarse a un diagnóstico mediante la utilización de técnicas de biología molecular. Esto dará un diagnóstico certero para la prevención de dicha enfermedad en los diferentes hatos del estado de Tamaulipas.

RECOMENDACIONES

Debido a que existen diferentes enfermedades que afectan al ganado a nivel productivo y reproductivo, es importante la implementación de estrategias diagnósticas para estas diferentes afecciones virales (DVB e IBR) y no virales (neosporosis, brucelosis).

REFERENCIAS

Anderson ML (2007), Infectious causes of bovine abortion during mid to late-gestation. *Theriogenology* 68:474-486.

- Cantú CA, Alvarado IA (1998), Factores de riesgo asociados en Diarrea Viral Bovina (BVD) en el sur de Tamaulipas. XXXIV Reunión Nal Inv Pecu: P 212.
- Davies DH, Carmichael LE (1973), Role of cell-mediated immunity in the recovery of cattle from primary and recurrent infections with infectious bovine rhinotracheitis virus. *Infection and immunity. Am. Soc. Microbiol.* 8:510-518.
- Fulton RW, Ridpath JF, Ore S, Confer AW, Saliki JT, Burge LJ, Payton ME (2005), Bovine viral diarrhea virus (BVDV) subgenotypes in diagnostic laboratory accessions: Distribution of BVDV1a, 1b, and 2a subgenotypes. *Vet. Microbiol.* 111:35-40.
- Houe H, Lindberg A, Moening V. (2006), Test strategies in bovine viral diarrhea virus control and eradication campaigns in Europe. *J. Vet. Diagn. Invest.* 18:427-436.
- Juyal PD, Bal MS, Singla LD (2011), Economic impact, diagnostic investigations and 25 management of protozoal abortions in farm animals. *All India SMVS' Dairy Business Directory* 11:39-46.
- Letellier C, Kerkhofs P, Wellemans G, Vanopdenbosch E (1999), Detection and genotyping of bovine diarrhea virus by reverse transcription-polymerase chain amplification of the 50 untranslated region. *Vet. Microbiol.* 64:155-167.
- Nagai M, Sato M, Nagano H, Pang H, Kong X, Murakami T, Ozawa T, Akashi H (1998), Nucleotide sequence homology to bovine viral diarrhea virus 2 (BVDV 2) in the 50 untranslated region of BVDVs from cattle with mucosal disease or persistent infection in Japan. *Vet. Microbiol.* 60:271-276.
- Río JA (1977), The National Brucellosis Program of México. In: Crawford RP, Hidalgo RJ (Eds.), *Proceedings of Bovine Brucellosis: An International Symposium.* Texas A & M University Press, College Station.
- Segura-Correa JC, Zapata-Campos CC, Jasso-Obregón JO, Martínez-Burnes J, López-Zavala R. (2016), Seroprevalence and risk factors associated with bovine herpesvirus 1 and bovine viral diarrhea virus in North-Eastern Mexico *Open Veterinary Journal*, Vol. 6(2): 143-149

Edilia de la Rosa Manzano



Estudió la licenciatura en Biología en el Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, la maestría en Ciencias en el Instituto de Ecología, A.C. y el doctorado en el Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.

Es Profesora de tiempo completo en el Instituto de Ecología Aplicada y en la Facultad de Ingeniería y Ciencias, es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel candidato. Pertenece al Cuerpo Académico de Ecología y Conservación de los Recursos Naturales. Es responsable de un proyecto financiado por SEP-CONACyT y dirige 6 tesis de licenciatura. Ha publicado 7 artículos científicos en revistas internacionales de alto impacto.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

Ecofisiología de epífitas vasculares; capacidad de fotoprotección de las plantas y los mecanismos fisiológicos relacionados con la tolerancia al estrés abiótico; y efecto de las condiciones ambientales asociadas al cambio climático en la fisiología de las plantas.

Epifitas vasculares de dos tipos de vegetación de la reserva de la Biósfera El Cielo: diversidad, distribución vertical e importancia de los hospederos

Edilia de la Rosa Manzano

RESUMEN

La diversidad biológica sostiene el funcionamiento de los ecosistemas, producto de la variación genética, la riqueza de especies y la diversidad de ecosistemas. De la vasta diversidad que existe en los trópicos, las epifitas forman un grupo conspicuo e importante, se calcula que existen alrededor de 30 000 especies, las cuales representan el 10% de todas las plantas vasculares. Estas plantas enfrentan grandes problemas debido principalmente a la pérdida de hábitats naturales, la tala, la contaminación, y la recolecta de ejemplares silvestres, entre otros. Se estudió la diversidad de epifitas vasculares, la abundancia, la distribución vertical, así como la importancia de hospederos en dos tipos de vegetación de la Reserva de la Biósfera El Cielo. El estudio se hizo en 0.02 ha en la selva baja sub-caducifolia y en 0.024 ha en el bosque de pino-encino. Se midió la altura y el diámetro a la altura del pecho de cada uno de los hospederos, y se determinó su identidad; también se midió la altura a la cual se encontraba cada epífita en el hospedero y se determinaron las especies. Se encontró un total de 2 839 individuos de epifitas vasculares en la selva baja sub-caducifolia, divididas en 4 familias, 8 géneros y 15 especies, mientras que en el bosque de pino-encino se encontraron 5 085 individuos pertenecientes a 2 familias, 4 géneros y 8 especies. Del total de epifitas vasculares, cuatro especies de orquídeas epifitas se encontraron en la NOM-059 en alguna categoría de protección, tal es el caso de *Laelia speciosa*, una especie endémica de México y en peligro de extinción. El ensamblaje de las epifitas vasculares fue diferente en ambos sitios de estudio, sin distinguir cuál tipo de vegetación fue el más diverso. Las epifitas vasculares se encontraron en 27 especies de hospederos en la selva baja sub-caducifolia y en 12 hospederos en el bosque de pino-encino. En el primer sitio, las epifitas fueron más abundantes en los hospederos *Dendropanax arboretum* y *Cedrela odorata*, los cuales mostraron la mayor área basal y el mayor valor de importancia. El ensamblaje de las epifitas fue más homogéneo en el bosque de pino-encino (comparten más especies en promedio)

en comparación con las epífitas de la selva baja sub-caducifolia. Las bromeliáceas fueron el grupo más diverso y abundante en ambos sitios de estudio, seguido por las orquídeas. En ambos sitios de estudio, las epífitas mostraron preferencia por la zona media de los hospederos, donde las condiciones microclimáticas son más favorables para su crecimiento y sobrevivencia. En este trabajo se presenta una caracterización y descripción del ensamblaje de las epífitas vasculares en dos sitios de la Reserva de la Biósfera El Cielo, así como su distribución vertical en los hospederos, lo cual puede servir como una base para estudios futuros de conservación y manejo de estas plantas.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la diversidad, abundancia y distribución vertical de las epífitas vasculares de la Reserva de la Biósfera “El Cielo”, así como la importancia de los hospederos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la diversidad, abundancia y distribución vertical de epífitas vasculares de la Reserva de la Biósfera El Cielo.
- Determinar las especies de epífitas vasculares que se encuentran bajo estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

IMPACTO CIENTÍFICO

Artículo: “Vascular epiphyte assemblage in two forest types of “El Cielo” biosphere reserve, México”, el cual fue publicado en *Botany*¹.

INTRODUCCIÓN

Las epífitas forman un gremio importante en los bosque tropicales, se calcula que existen alrededor de 30 000 especies (Zotz, 2013), las cuales representan el 10% de todas las plantas vasculares (Benzing, 1990). Algunas epífitas son el alimento y refugio para algunos invertebrados, anfibios y aves; cerca del 45% del acervo nutricional del follaje se encuentra almacenado en las orquídeas y otras epífitas de los bosques tropicales. Así mismo, estas plantas forman parte del ciclo hidrológico de los ecosistemas, ya que capturan y almacenan agua, misma que proveen a los animales que habitan en el dosel (Sugden, 1981; Richardson *et al.*, 2000). Se ha reportado que las epífitas juegan un papel clave en la salud de los ecosistemas, ya que son excelentes indicadores de los cambios ambientales (Benzing, 1998; Lugo y Scatena, 1992).

1 de la Rosa-Manzano E., Guerra-Pérez A., Mendieta-Leiva G., Mora-Olivo A., Martínez-Avalos J.G., Arellano-Méndez L.U. 2017. Vascular epiphyte diversity in two forest types of “El Cielo” Biosphere Reserve, Mexico. *Botany*, 95: 599–610.

Las epífitas son más diversas y abundantes en los bosques tropicales húmedos, aunque también se distribuyen en los bosques tropicales secos con menor diversidad y abundancia. En los bosques tropicales secos, las epífitas están expuestas a condiciones microclimáticas extremas, como la alta radiación solar y la alta temperatura durante la temporada de sequía, la cual puede durar hasta siete meses (Graham y Andrade, 2004; de la Rosa-Manzano, 2014); mientras que en los bosques templados, como el bosque de pino-encino, las epífitas experimentan bajas temperaturas y una restricción en la disponibilidad de agua, por ejemplo, baja incidencia de rocío y neblina.

El éxito en el hábitat epífita está estrechamente relacionado con las características de los hospederos, como la rugosidad de la corteza, la capacidad para almacenar agua, el grosor e inclinación de las ramas, entre otras, que en conjunto generan una estratificación vertical con una importante variación temporal (Cardelús y Chazdon, 2005; Callaway *et al.*, 2002; Castro-Hernández *et al.*, 1999; Bennett, 1987). La estratificación vertical de las epífitas está gobernada principalmente por un gradiente de disminución de luz desde la zona más alta del dosel hasta el sotobosque (Benzing, 1995; Johansson, 1974), así como por la variación en la disponibilidad de agua de acuerdo a la posición en el hospedero. La inestabilidad del sustrato en el hábitat epífita representa una de las causas más importantes de mortalidad para las epífitas, sobre todo en las ramas superiores del dosel, las cuales se rompen fácilmente cuando ocurren vientos fuertes (Laube y Zotz 2006; Zotz y Schmidt, 2006; Mondragón *et al.*, 2004). La distribución de las epífitas en el hospedero también depende de otros factores como la dispersión, la germinación y la herbivoría, que pueden determinar la segregación espacial de las especies (Benzing, 1990; Cascante-Marín *et al.*, 2009; Nieder *et al.*, 2000).

Las epífitas son un grupo de plantas que enfrentan graves problemas ambientales y sociales que ponen en peligro su diversidad. La alteración que muestran los ecosistemas naturales debido a la presión humana, cambio de uso de suelo, deforestación, agricultura y ganadería, ha llevado a la extinción de algunas especies de orquídeas. Se estima que de 1998 a la fecha, se han extinguido al menos 22 especies en México (Soto-Arenas, 1996). En nuestro país, existen alrededor de 1 200 especies de orquídeas, y el 40% de ellas solo viven y crecen en una determinada zona o región y no se encuentran en ningún otro lugar del mundo, lo que convierte a México en uno de los países más ricos en endemismos entre los países de América, quizá solo superado por Brasil.

La reserva de la Biósfera El Cielo se localiza en la Sierra Madre Oriental, presenta un arreglo particular de ecosistemas en donde existen un considerable número de especies endémicas en un área relativamente pequeña (144 000 ha).

Las epífitas vasculares de la reserva de la Biósfera El Cielo se han estudiado en términos de su diversidad (Valiente-Banuet *et al.*, 1995; Laicalle-Múzquiz 2005; Hernández-Sandoval *et al.*, 2005), pero poca atención se ha puesto en la colecta y análisis de datos cuantitativos de estas plantas, particularmente en la selva baja sub-caducifolia y el bosque de pino-encino. Por lo que en el presente trabajo se propone estudiar la diversidad, la abundancia y la distribución vertical de epífitas vasculares de la selva baja sub-caducifolia y el bosque de pino encino, así como la importancia de los hospederos para estas plantas. Con lo cual se pretende conocer los mecanismos que determinan la diversidad de las especies y proponer estrategias de conservación, especialmente para las especies amenazadas o en alguna categoría de riesgo, como las orquídeas.

RESULTADOS

En la selva baja sub-caducifolia encontramos 15 especies de epífitas vasculares en 240 árboles y 8 especies en 215 árboles en el bosque de pino encino. La selva baja sub-caducifolia compartió tres especies de epífitas con el bosque de pino encino (*Catasetum integerrimum* Hook., *Tillandsia juncea* Willd. ex Steud. y *T. usneoides* (L.). Las bromeliáceas dominaron en ambos tipos de vegetación, en la selva baja sub-caducifolia representaron el 47% del total de las especies y el 60% en el bosque de pino-encino, seguidas por las orquídeas en ambos tipos de vegetación. En la selva baja sub-caducifolia dominó la bromeliácea *Tillandsia schiedeana* Steud. (66%), seguida por *T. polistachia* (L.) (15%), y otras epífitas que representaron menos del 5% cada especie; en el bosque de pino-encino dominó *Tillandsia juncea* (57%), seguida por *T. usneoides* (27%) y *T. deppeana* Steud (15%) (Figura 1).

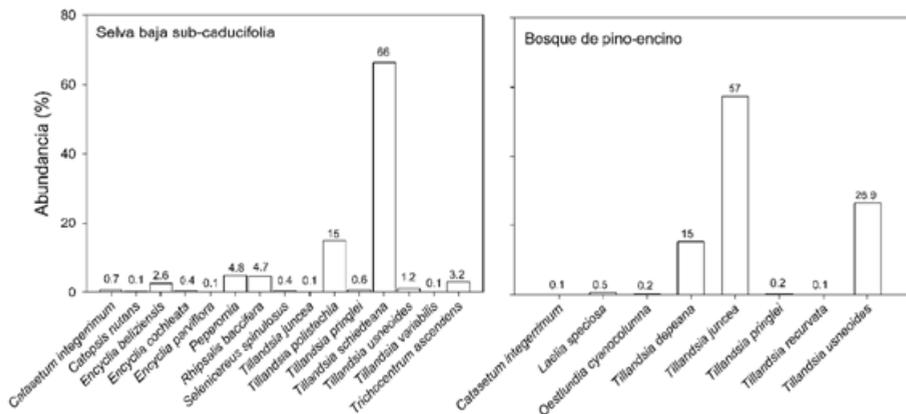


Figura 1. Abundancia de epífitas vasculares de la selva baja sub-caducifolia en 240 árboles en 0.02 ha y en el bosque de pino-encino en 215 árboles en 0.024 ha en la Reserva de la Biósfera "El Cielo". El número arriba de las barras representa el porcentaje de la abundancia de cada especie en cada sitio de estudio.

Las especies de epífitas mostraron diferencias en la distribución vertical en intervalos de 2 m en ambos tipos de vegetación ($X^2 = 1044$, g. l. = 7, $P < 0.05$ en la selva baja sub-caducifolia; $X^2 = 4818$, g. l. = 7, $P < 0.05$ en el bosque de pino-encino; Figura 2A). En la selva baja sub-caducifolia, la mayoría de los individuos fueron localizados entre los 4 y 10 m de altura desde el suelo, mientras que en el bosque de pino-encino la mayoría de los individuos se localizaron a una menor altura, entre los 2 y 6 m desde el suelo (Figura 2A). El número de individuos en el hospedero fue menor en la base del tronco y en la zona más alta de la copa del árbol en ambos tipos de vegetación. La mayoría de las especies de epífitas se encontraron entre los 0 y 8 m de altura en los hospederos de la selva baja sub-caducifolia y disminuyeron fuertemente a una mayor altura (Figura 2B). Este patrón fue similar para las epífitas del bosque de pino-encino.

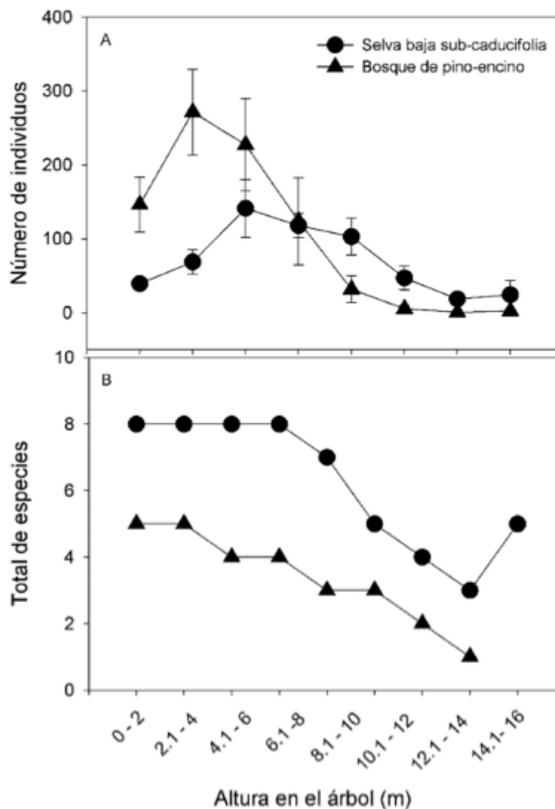


Figura 2. Distribución vertical de epífitas vasculares de la selva baja sub-caducifolia y del bosque de pino-encino de la Reserva de la Biósfera El Cielo. Cada punto representa la media de las epífitas en diferentes alturas en el hospedero en ambos sitios de estudio. Media \pm EE (n = 5).

La liana *Arribadea pubescens* (L.) A.H. Gentry presentó la mayoría de las especies de epífitas en la selva baja sub-caducifolia, seguida por los hospederos *Randia laetevirens* Standl., *Ficus cotinifolia* Kunth y *Cedrela odorata* (Figure 3). En el bosque de pino-encino los hospederos más importantes para las epífitas fueron *Juniperus flaccida*, *Pinus teocote*, *P. pseudoestrobis*, *Quercus mexicana* y *Q. germana* (Figura 4).

Los hospederos que albergaron la mayoría de los individuos de epífitas vasculares necesariamente no fueron aquellos que presentaron la mayor diversidad. En la selva baja sub-caducifolia *C. odorata*, *Dendropanax arboreus* y *Chione mexicana* Standl. Presentaron el 48% del total de la abundancia de las epífitas (Figura 3), mientras que en el bosque de pino encino *Q. germana*, *J. flaccida* y *Q. mexicana* presentaron el 85% de la abundancia de las epífitas (Figura 4).

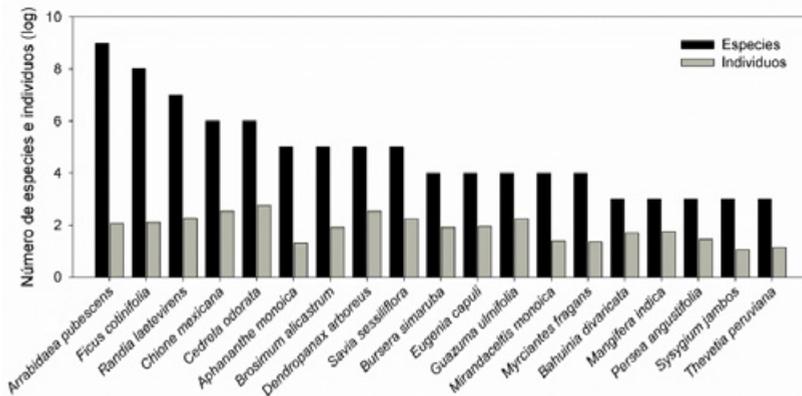


Figura 3. Total de especies y abundancia de epífitas vasculares por hospedero en 0.02 ha de la selva baja sub-caducifolia de la Reserva de la Biósfera El Cielo. Solo se muestran los hospederos de mayor importancia para las epífitas vasculares.

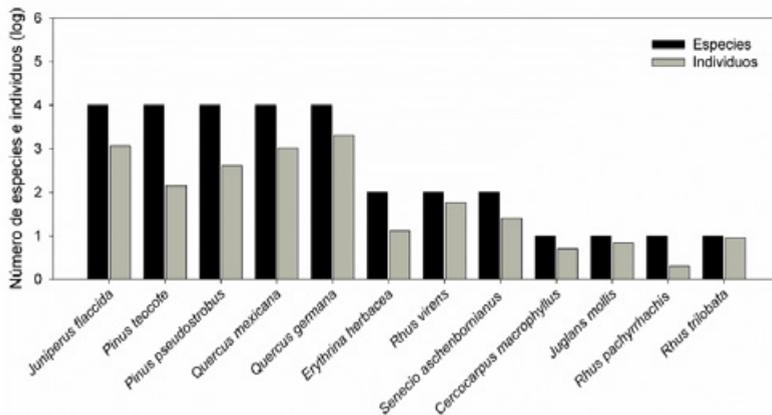


Figura 4. Total de especies y abundancia de epífitas vasculares por hospedero en 0.024 ha del bosque de pino-encino de la Reserva de la Biósfera El Cielo.

Diversidad del ensamblaje de epífitas en ambos tipos de vegetación

En la selva baja sub-caducifolia y el bosque de pino-encino, el esfuerzo de muestreo fue suficiente para estimar la riqueza de especies (especies observadas dentro del rango de la riqueza de especies estimadas). En la selva baja sub-caducifolia la riqueza de especies observadas fue de 15 y la estimada de 23. En el bosque de pino encino la riqueza encontrada fue igual a la estimada. En ambos tipos de vegetación el ensamblaje fue diferente. No pudimos distinguir cuál tipo de vegetación fue el más diverso debido a que las líneas de los perfiles de diversidad se cruzaron (Figura 5). Sin embargo, la selva baja sub-caducifolia mostró mayor riqueza de especies que el bosque de pino-encino ($q=0$), así como “especies típicas” ($q=1$); mientras que el ensamblaje del bosque de pino encino mostró mayor diversidad de “especies muy abundantes” ($q=2$) en comparación con la selva baja sub-caducifolia (Figura 5).

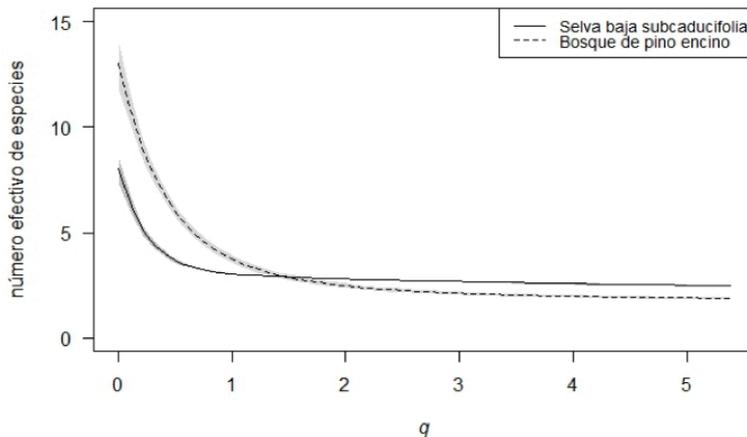


Figura 5. Perfiles de diversidad para los ensamblajes de epífitas vasculares por tipo de vegetación, selva baja sub-caducifolia y bosque de pino-encino con sus respectivos intervalos de confianza. El eje x es el orden de q , que va de 0 a 5 y el eje y es el número de Hill calculado o el número efectivo de especies (Gotelli y Chao 2013).

Diversidad Beta, diferencias dentro y entre tipos de vegetación

La comparación del ensamblaje dentro de los bosques (dispersión entre los cuadrantes, Figura 6) mostró diferencias en la dispersión entre los tipos de bosques. El ensamblaje en la selva baja sub-caducifolia fue menos similar en cada aspecto de diversidad (más heterogéneo) en comparación con el bosque de pino-encino. Aun-

que ambos tipos de vegetación mostraron alguna tendencia de similitud, un alto porcentaje de las medias se traslaparon debido a las especies raras ($q=0$), lo cual disminuyó cuando incluimos en el análisis a las especies más abundantes ($q=2$).

La comparación del ensamblaje entre los tipos de vegetación indica que el tipo de selva comparte más especies raras en promedio, ca. 50% de similitud debido a las especies raras ($q=0$). Este resultado se reduce con el incremento del efecto de abundancia en un promedio de 20% de traslape de las especies más abundantes ($q=2$, Figura 6).

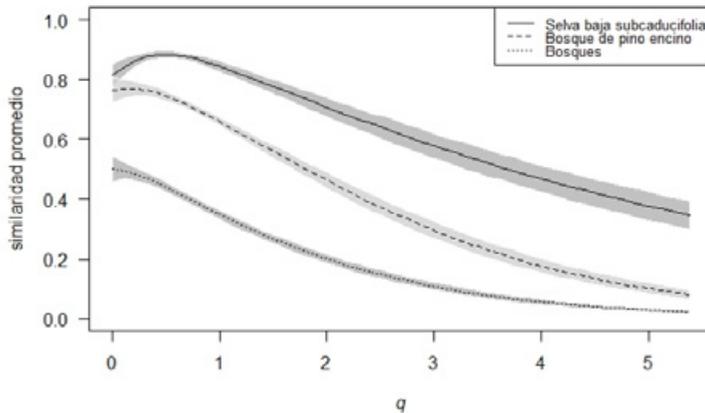


Figura 6. Perfiles de similitud o promedio efectivo de traslape basado en CqN (multi-ensamble general y abundancia basada en la medida de traslape) por tipo de vegetación, en la selva baja sub-caducifolia y el bosque de pino-encino con sus respectivos intervalos de confianza. El eje x es el orden de q que va de 0 a 5 y el eje y es el índice calculado de traslape de números Hill de orden q . El rango de valores es de 1 cuando todos los ensamblajes son idénticos y 0 cuando todos los ensamblajes son completamente diferentes (Jost 2007, Gotelli y Chao 2013).

CONCLUSIONES

En conclusión, las diferencias en el ensamblaje de las epífitas en ambos tipos de vegetación, la selva baja sub-caducifolia y el bosque de pino-encino están principalmente determinadas por el grupo funcional de las bromeliáceas (plantas tipo atmosféricas), bien adaptadas a las condiciones de sequía, principalmente en el primer sitio. En ambos sitios de estudio, las epífitas se distribuyeron en la zona media de los hospederos donde las condiciones microambientales son más favorables para su crecimiento y sobrevivencia. En el presente trabajo presentamos una aproximación para elucidar el ensamblaje de las epífitas vasculares en dos tipos de vegetación de la reserva de la biósfera El Cielo como una base para futuros estudios de conservación y manejo de estas plantas.

RECOMENDACIONES

Se propone establecer algunas estrategias de conservación, tanto *in situ* como *ex situ*, para algunas especies de orquídeas epífitas como *Laelia speciosa* del bosque de pino-encino (Figura 7). Algunas estrategias incluyen el cultivo *in vitro* y la reintroducción de las especies en su hábitat, o mediante la creación de un jardín botánico en la localidad. En el caso de la conservación *ex situ*, ésta se considerada comúnmente como una forma de preservación más que conservación. Según Wyse y Sutherland (2000) algunos de los objetivos de la conservación *ex situ* son: a) rescatar el germoplasma amenazado, b) producir material para reintroducción, refuerzo, restauración y manejo de hábitats, c) producir material para la investigación en biología de la conservación, d) cultivar aquellas especies con semillas recalcitrantes que no pueden ser mantenidas en bancos de semillas, y e) hacer disponible el material para educación y exhibición.



Figura 7. *Laelia speciosa*, especie en peligro de extinción de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

REFERENCIAS

- Benzing, D.H. 1995. The physical mosaic and plant variety in forest canopies. *Selbyana*, 16: 159-168.
- Benzing, D.H. 1998. Vulnerabilities of tropical forests to climate change: the significance of resident epiphytes. *Climate Change*, 39: 519-5440.
- Benzing, D.H. 1990. *Vascular Epiphytes*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Callaway, R.M., Reinhart, K., Moore, G.W. y Pennings, S. 2002. Epiphyte host preferences and host traits: mechanism for species-specific interactions. *Oecologia*, 132: 221-230.

- Cardelús, C.L. y Chazdon R.L. 2005. Inner-crown microenvironment of two emergent tree species in a lowland wet forest. *Biotropica*, 37: 238-244.
- Cascante-Marin, Q., von Meijendfeldt N., de Leeuw H., Wolf J.H.D, Oostermeijer J.G.B y den Nijis J.C.M. 2009. Dispersal limitation in epiphytic bromeliad communities in a Costa Rican fragment montane landscape. *Journal of Tropical Ecology*, 25: 63-73.
- De la Rosa-Manzano, E., Andrade J.L., Zotz G. y Reyes-García, C. 2014. Epiphytic orchids in tropical dry forests of Yucatan, Mexico-Species occurrence, abundance and correlations with host tree characteristics and environmental conditions. *Flora*, 209: 100-109.
- Gotelli, N.J. y Chao, A. 2013. Measuring and estimating species richness, species diversity, and biotic similarity from sampling data. In *The encyclopedia of biodiversity*. Second edition. Edited by Academic Press, Waltham, Massachusetts, USA. pp. 195-211.
- Graham, E. y Andrade J.L. 2004. Drought tolerance associated with vertical stratification of two co-occurring epiphytic bromeliads in a tropical dry forest. *American Journal of Botany*, 91: 699-706.
- Hernández-Sandoval, L., Treviño-Carreón, J., Mora-Olivo, A. y Martínez-Díaz, M. 2005. Diversidad florística y endemismos. En *Historia natural de la Reserva de la Biósfera El Cielo, Tamaulipas, México*. Editado por Universidad Autónoma de Tamaulipas. Hong Kong. pp. 244-259.
- Johansson, D. 1974. Ecology of vascular epiphytes in West African rain forests. *Acta Phytogeografica Suecica*, 59: 1-129.
- Jost, L. 2007. Partitioning diversity into independent alpha and beta components *Ecology*, 88: 2427-2439.
- Lacaille-Múzquiz, J.L. 2005. Las orquídeas. En *Historia natural de la Reserva de la Biósfera El Cielo, Tamaulipas, México*. Editado por Universidad Autónoma de Tamaulipas. Hong Kong. pp. 235-243.
- Laube, S. y Zotz, G. 2006. Neither host-specific nor random: vascular epiphytes on three tree species in a Panamanian lowland forest. *Annals of Botany*, 97: 1103-1114.
- Lugo, A.E. y Scatena F.N. 1992. Epiphytes and climate change research in the Caribbean: a proposal. *Selbyana*, 13: 123-130.
- Mondragón, D., Calvo-Irabién, L.M. y Benzing, D. 2004. The basis for obligate epiphytism in *Tillandsia brachycaulos* (Bromeliaceae) in a Mexican Tropical

- dry forest. *Journal of Tropical Ecology*, 20: 97-104.
- Nieder, J., Klawun, S.M. y Barthlott, W. 2000. Spatial distribution of vascular epiphytes (including hemiepiphytes. in a lowland Amazonian rain forest (Suru-moni Crane Plot) of southern Venezuela. *Biotropica*, 32: 385-396.
- Richardson, B.A., Richardson, M.J., Scatena, F.N. y McDowell, W.H. 2000. Effects of nutrient availability and other elevational changes on bromeliad populations and their invertebrate communities in a humid tropical forest in Puerto Rico. *Journal of Tropical Ecology*, 16: 167-188.
- Soto-Arenas, M.A., Solano, A.R. y Hågsater, E. 2007. Risk of extinction and patterns of diversity loss in Mexican orchids. *Lankesteriana*, 7: 114–121.
- Sugden, A.M. 1981. Aspects of ecology of vascular epiphytes in two Colombian cloud forests: II. Habitat preferences of Bromeliaceae in the Serranía de Macuira. *Selbyana*, 5: 264-273.
- Valiente-Banuet, A., González-Medrano, F. y Piñero-Dalmau, D. 1995. La vegetación selvática de la región de Gómez Farías, Tamaulipas, México *Acta Botánica Mexicana*, 33: 1-36.
- Wyse, J. y Sutherland, L.A. 2000. Agenda Internacional para la conservación en Jardines botánicos. Organización Internacional para la conservación en Jardines Botánicos (BGCI) U.K. 94 p.
- Zotz, G. 2013. The systematic distribution of vascular epiphytes – a critical update. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 171: 453-481.
- Zotz, G. y Schmidt, G. 2006. Population decline in the epiphytic orchid, *Aspasia principissa*. *Biological Conservation*, 129: 82–90.

Benigno Estrada Drouaillet



Estudió la licenciatura en Estadística en la Universidad Autónoma Chapingo, la maestría en Ciencias en Estadística en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo y el doctorado en Ciencias en Estadística por el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.

Es Profesor de Tiempo Completo en la Facultad de Ingeniería y Ciencias y Coordinador del Programa de Doctorado en Ciencias Sistemas Agropecuarios y Medio Ambiente.

Es Miembro del Cuerpo Académico Manejo, Conservación y Mejoramiento de los Recursos Fitogenéticos evaluado como consolidado por la Dirección de Superación Académica.

Dirige un proyecto de investigación con financiamiento externo por parte de la SEP, y colabora en el proyecto denominado “Consolidación de la infraestructura científica y tecnológica para la exploración y explotación sustentable de hidrocarburos no convencionales, *oil/gas shale* en México” financiado por FORDECYT CONACYT. Ha publicado 3 artículos científicos y dirige una tesis de doctorado.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

Diseño y análisis de experimentos agrícolas; interacción de los cultivos con factores bióticos y abióticos; y manejo y mejoramiento de recursos fitogenéticos de interés agrícola.

Estimación Bayesiana del modelo de efectos principales aditivos y de interacción multiplicativa (AMMI) en genotipos de maíz nativos de Tamaulipas

Benigno Estrada Drouaillet^{§1}, José Alberto López Santillán¹, Mario Rocandio Rodríguez², Eduardo Osorio Hernández¹ y Zoila Reséndiz Ramírez¹

RESUMEN

El fenotipo (F) es una expresión del genotipo (G), el ambiente (E) y la interacción genotipo-ambiente (GE). El efecto de la interacción complica el proceso de selección de genotipos, en estos casos es necesario evaluar la estabilidad de los genotipos en los ambientes de prueba de tal forma que se puedan identificar genotipos con características sobresalientes, pero con la cualidad de mantener estas características en varios ambientes. El modelo de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI) se ha utilizado ampliamente para analizar la interacción GE y clasificar los genotipos en estables o inestables; sin embargo, si el planteamiento del trabajo se centra en seleccionar genotipos considerando alguna característica de interés y la estabilidad de la misma en diferentes ambientes, el modelo a utilizar es el GGE Biplot. En este trabajo se evaluó el peso de mazorca de 36 genotipos de maíz los cuales consisten en seis líneas procedentes del centro y sur de Tamaulipas, así como sus cruzas directas y recíprocas. Los genotipos se establecieron en el Campo Experimental Ing. Herminio García González de la Universidad Autónoma de Tamaulipas durante los ciclos primavera-verano y otoño-invierno del 2015, en cada ciclo de cultivo se aplicaron dos tratamientos dando un total de cuatro ambientes de prueba. El objetivo del estudio es identificar los genotipos con mayor peso de mazorca y mayor estabilidad para lo cual se realizaron los análisis AMMI y GGE Biplot de los 36 genotipos en los cuatro ambientes de prueba.

¹ Posgrado e Investigación. Facultad de Ingeniería y Ciencias. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Centro de Gestión del Conocimiento 4to. piso, Centro Universitario Adolfo López Mateos. CP. 87149. Cd. Victoria, Tamaulipas.

² Instituto de Ecología Aplicada. Universidad Autónoma de Tamaulipas. División del Golfo 356, col. Libertad, C.P. 87029. Cd. Victoria, Tamaulipas.

[§] Autor para correspondencia (benestrada@uat.edu.mx)

Los dos análisis coinciden en que la cruz 2x3 es el genotipo más estable, es decir, el peso de mazorca de este genotipo se mantiene más cerca del peso promedio de todos los genotipos y mantiene esta cualidad en todos los ambientes evaluados en este trabajo.

Se observa que el genotipo ideal es la cruz 6x4, esto es, dentro de los genotipos con mayor peso de mazorca este es el que tiene más estabilidad en los ambientes de prueba. Los análisis AMMI y GGE Biplot presentan resultados similares sobre el genotipo más estable, la cruz 2x3; sin embargo, el GGE Biplot permitió identificar el genotipo más atractivo para un fitomejorador, el genotipo ideal, la cruz 6x4.

PALABRAS CLAVE: Biplot, estabilidad, genotipo ideal, *Zea mays*.

OBJETIVO GENERAL

Identificar cruzas de genotipos de maíz nativo de Tamaulipas ideales para su establecimiento en la zona centro del estado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el peso de mazorca de genotipos de maíz nativo de Tamaulipas.
- Evaluar la estabilidad del peso de mazorca durante cuatro ciclos de cultivo en la zona centro del estado.

IMPACTO CIENTÍFICO

- Artículo científico y de divulgación en proceso.
- Ponencia: Análisis de estabilidad de cultivares de maíz empleando el modelo AMMI. 28 Encuentro Nacional de Investigación Científica y Tecnológica del Golfo de México.

IMPACTO ACADÉMICO

Titulación de alumno del Programa Ingeniero Agrónomo en proceso.

TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO

- Presentación en el XXVIII ENCUENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DEL GOLFO DE MÉXICO.
- Curso Análisis de estabilidad empleando el modelo AMMI y GGE-Biplot impartido al personal del INIFAP- Campo experimental Las Huastecas.

INTRODUCCIÓN

En el año agrícola 2014 en México se sembraron 7 426 412.19 ha de maíz de las cuales se obtuvieron 23 273 256.54 t de grano, el rendimiento nacional se estimó en 3.1 t ha⁻¹; el panorama en Tamaulipas fue más alentador ya que de las 127 940.43 h sembradas se obtuvieron 527 056.25 t de grano de tal forma que el rendimiento en el estado fue de 4.11 t ha⁻¹ (SIAP, 2014). Si bien el rendimiento en el estado es superior al rendimiento nacional éste se podría mejorar al atender la superficie sembrada en condiciones de temporal, 54 535.33 h, en la cual el rendimiento es de 950 kg ha⁻¹. En el norte del estado el cultivo del maíz se realiza en mayor medida bajo condiciones de riego y utilizando híbridos comerciales mientras que en el centro y sur predominan las condiciones de temporal y el uso de maíz criollo. Una opción para incrementar el rendimiento en las condiciones de temporal es utilizar germoplasma mejorado a partir de genotipos de maíz nativo de Tamaulipas que se adapte a las condiciones del centro y sur del estado, (Castro *et al.*, 2013) mencionan que en esta región se encuentra germoplasma de alto valor por lo que en este trabajo se evaluaron seis líneas de maíz que se derivaron de colectas realizadas en Tula, Llera y Padilla; además de las líneas evaluadas también se consideraron todas sus cruza directas y recíprocas con lo que el total de genotipos en el estudio es de 36 cultivares. Los genotipos se establecieron en cuatro ambientes de prueba en Güémez, Tamaulipas; el ciclo Otoño-Invierno con fertilizante (OIF) y sin fertilizante (OI) y el ciclo Primavera-Verano con insecticida (PVI) y sin insecticida (PV), ambos ciclos se llevaron a cabo en 2015. La evaluación de los cultivares se realizó por medio de la variable peso de mazorca debido a que está fuertemente correlacionada con el rendimiento de grano; se utilizó el análisis AMMI (Gauch, 1988) y GGE Biplot (Yan *et al.*, 2000) para identificar genotipos con mayor peso de mazorca y estabilidad dentro de los ambientes de prueba. Se utilizó la librería GGE Biplot GUI (Frutos y Galindo, 2016) del programa R (R Core Team, 2013) para realizar el análisis AMMI y GGE Biplot.

RESULTADOS

Los datos que se registraron en campo corresponden a peso de mazorca (g) de 36 genotipos en cuatro ambientes de prueba, con tres bloques o repeticiones. La Figura 1 muestra los promedios de peso de mazorca (g) que registró cada genotipo en los diferentes ambientes de prueba; se aprecia que en el ciclo PV con aplicación de insecticida (Figura 1 c) se obtuvo el mayor peso de mazorca en promedio, es decir, fue un ambiente que favoreció la expresión de esta característica para los diferentes cultivares. En este ambiente, PV con aplicación de insecticida, se presenta una ma-

por variabilidad en los promedios de peso de mazorca, lo cual da indicios de que se trata de un ambiente con fuerte poder discriminante de cultivares.

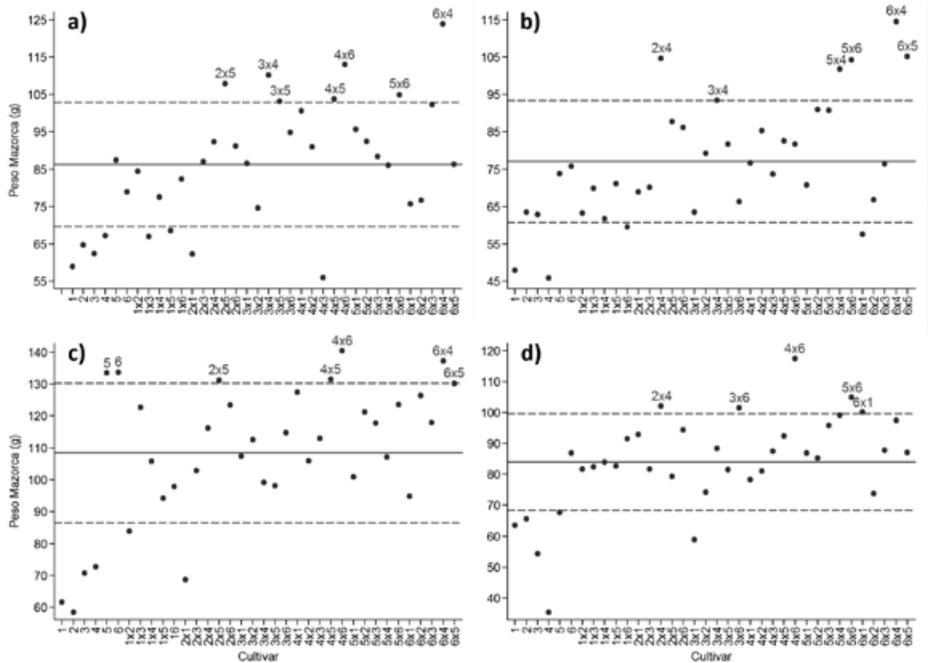


Figura 1. Peso de mazorca a) ciclo Otoño-Invierno con fertilizante, b) ciclo Otoño-Invierno sin fertilizante, c) ciclo Primavera-Verano con insecticida y d) ciclo Primavera-Verano sin insecticida

Las dos primeras componentes principales del análisis AMMI (Figura 2) explican 77.93% de la suma de cuadrados total de la interacción genotipo-ambiente (GE). Los ambientes PV y PVI presentan una mayor interacción con los genotipos; de los cultivares evaluados la cruz 2x3 es la más estable, es decir, el peso de mazorca de esta cruz se encuentra cerca del promedio de los genotipos en cada uno de los ambientes de prueba.

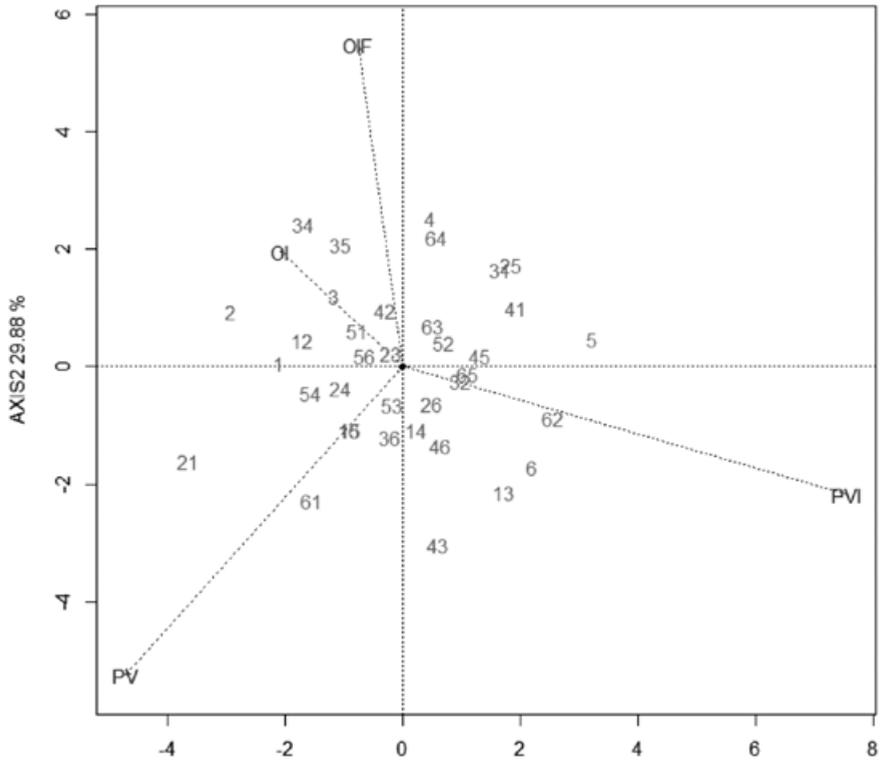


Figura 2. AMMI Biplot basado en el peso de mazorca

Para identificar genotipos estables y que además tengan los mayores pesos de mazorca es necesario realizar el análisis GGE Biplot (Figura 3); con esta representación se aprecia que los ambientes de prueba con mayor poder discriminante (líneas punteadas de mayor longitud) son PVI seguido de PV, es decir, estos ambientes son los que proporcionan mayor información sobre los genotipos. La línea sólida se conoce como el ambiente medio, de entre todos los ambientes de prueba el más representativo será aquel que tenga el menor ángulo respecto al ambiente medio, en este caso el ambiente OIF es el más representativo seguido de OI.

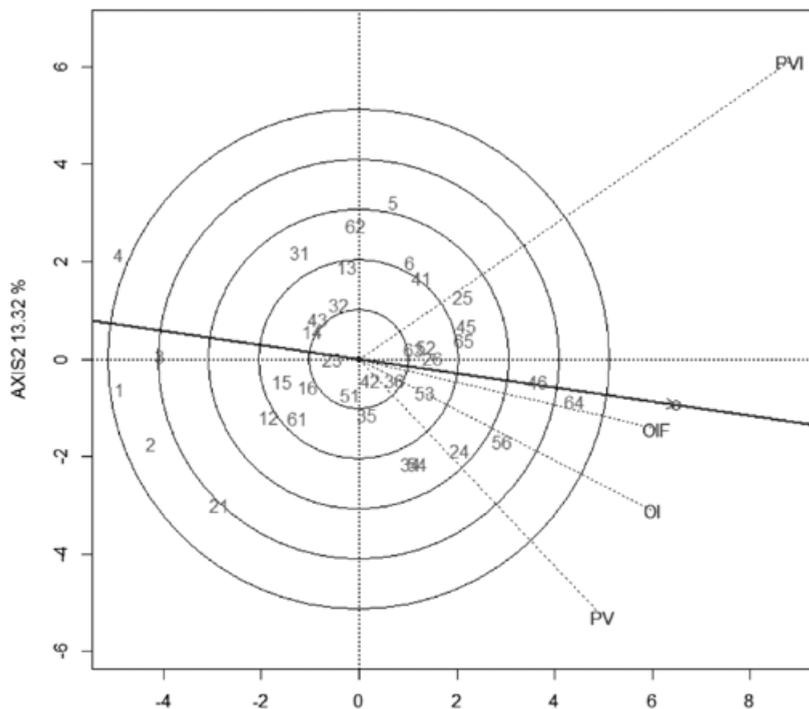


Figura 3. Representación de los genotipos y ambientes de prueba empleando el modelo GGE Biplot

Los ambientes de prueba como PVI que son discriminantes, pero que no son representativos (Figura 3) son útiles para identificar genotipos inestables. Un ambiente de prueba ideal es aquel que tiene el mayor poder discriminante y que es representativo, en nuestro caso no existe dicho ambiente.

Continuando con el análisis GGE Biplot se procede a realizar el ranking de genotipos para identificar el genotipo con mayor estabilidad y mayor peso de mazorca (genotipo ideal) que en nuestro caso se trata de la cruz 6x4 (Figura 4).

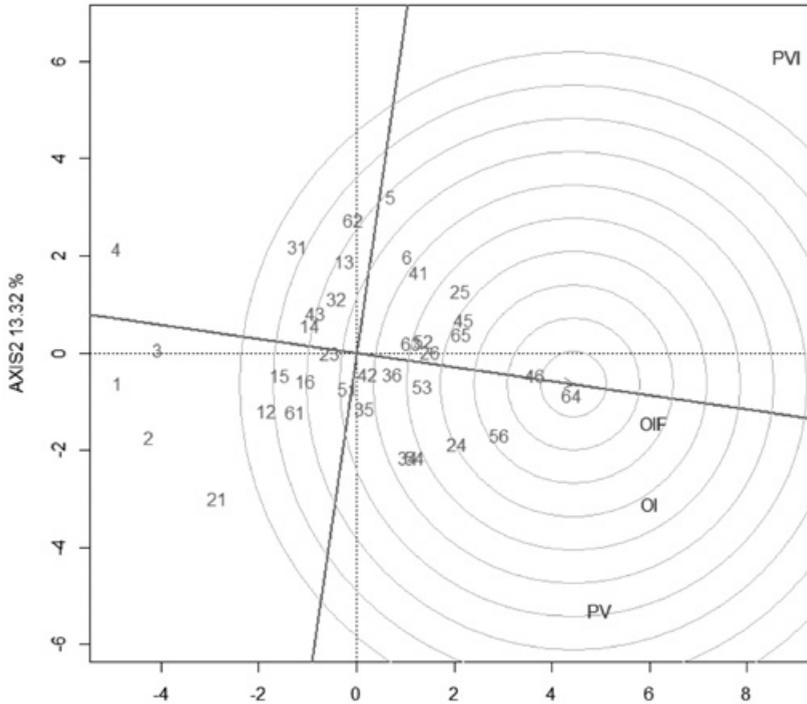


Figura 4. Clasificación de genotipos

La línea horizontal es el ambiente promedio y todos aquellos genotipos que se encuentren cerca de esta línea son estables (cruzas 2x3, 2x6, 4x6 y 6x4), sobre el ambiente promedio se encuentra una flecha que indica la dirección donde se tienen los mayores pesos de mazorca. La línea que es perpendicular al ambiente promedio representa el peso de mazorca promedio, las cruzas que se encuentren a la derecha de esta línea tienen peso de mazorca superiores al promedio y entre más se alejen de la línea mayor es el peso de mazorca respecto al promedio; caso contrario sucede con las cruzas que están a la izquierda de la línea.

CONCLUSIONES

Los cultivares que se evaluaron son de amplia base genética y los ambientes de prueba permitieron discriminar entre los genotipos de tal forma que el modelo GGE Biplot identificó a la cruz 6x4 como el genotipo ideal, sin embargo, si el interés del estudio se centra sólo en la estabilidad de los genotipos entonces a partir del modelo AMMI la elección apropiada es la cruz 2x3.

RECOMENDACIONES

Estudiar la interacción genotipo-ambiente requiere de varios ciclos de cultivo, en este trabajo sólo se consideraron dos ciclos, sin embargo, se observan genotipos prometedores que deben seguir evaluándose para realizar una selección de cultivos más precisa.

REFERENCIAS

- Castro S., López J. A., Pecina J. A., Castillo M. d. C. y Reyes C. A. (2013), Exploración de germoplasma nativo de maíz en el centro y sur de Tamaulipas, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(4):645–653.
- Frutos E. y Galindo P. (2016), GGEbiplotGUI: Interactive GGE Biplots in R. R package version 1.0-9.
- Gauch H. G. (1988), Model selection and validation for yield trials with interaction. *Biometrics*, 44(3):705–715.
- R Core Team (2013), *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- SIAP (2014), Cierre de la producción agrícola por cultivo. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>, 6 de Julio de 2016.
- Yan W., Hunt L., Sheng Q., and Szlavnic Z. (2000), Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the gge biplot. *Crop Science*, 40(3):597–605.

Wilberth Alfredo Poot Poot



Estudio la licenciatura en Química Industrial en la Universidad Autónoma de Yucatán, la maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica en el Instituto Tecnológico de Mérida Yucatán, el doctorado en Ciencias y Biotecnología de Plantas en el Centro de Investigación Científica de Yucatán y el posdoctorado en el Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada de la Universidad Veracruzana. Es Profesor de Tiempo Completo de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel candidato y se encuentra en evaluación como Perfil deseable PRODEP. Es integrante del Cuerpo Académico Sistemas de Producción de Frutales y Hortalizas evaluado como en consolidación por la Dirección de Superación Académica. En su trayectoria académica dirige y participa en 3 proyectos de investigación con financiamiento interno y externo por parte de la UAT y la SEP. Ha publicado 4 artículos científicos y de divulgación en revistas nacionales e internacionales y actualmente dirige 2 tesis de maestría.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

Fisiología y nutrición de cultivos; uso y manejo del agua; y biotecnología vegetal.

Efecto de la luz sobre la biosíntesis de glucósidos en plántulas de *Stevia rebaudiana* (Bertoni) cultivadas *in vitro*

Wilberth Alfredo Poot Poot

RESUMEN

Estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) es una especie del género *Stevia* de la familia de las Asteráceas, nativa del norte de Paraguay. Actualmente representa una de las fuentes más importantes de edulcorantes naturales sin calorías. Estudios farmacológicos confirmaron su inocuidad por lo que se utiliza para diferentes fines (antihipertensivo, antihiperclucémico, antiinflamatorio, antioxidante, control de la obesidad y previsor del cáncer entre otros). El poder edulcorante de estevia se debe a la presencia de derivados del diterpeno esteviol glucósido (EG) en el tejido foliar principalmente. Entre los EG se encuentran esteviósidos, rebaudiósido A, B, C, D, E y F y el dulcósido A, los cuales tienen un poder edulcorante de 300 veces más que la sacarosa, por lo que se usan como endulzantes alternativos no calóricos en muchos países del mundo. Este potencial en *S. rebaudiana* incitó la necesidad de conocer la vía metabólica por la cual ocurre la biosíntesis de los EG y no fue hasta el año 2000 que se descubrió que era a través de la vía MEP (2C-metil-D-eritritol 4-fosfato), iniciando con la formación de IPP (isopentenil difosfato) y DMPP (dimetil-alil-difosfato), para dar lugar a los EG. Asimismo, se sabe que la concentración de los EG depende del genotipo, condiciones ambientales del cultivo, condiciones nutrimentales del cultivo, patógenos, temperatura se encuentran: selección de métodos y luz. Entre las estrategias utilizadas para mejorar la biosíntesis de EG se encuentran la selección de métodos de propagación, aplicación de rayos Gamma, aplicación de hormonas hasta tiempos de cosecha de las hojas. Sin embargo, son pocos los trabajos dedicados a evaluar la importancia de la intensidad lumínica en la vía MEP, sobre todo en la regulación del gen MCS y su relación con la acumulación de los EG y de compuestos antioxidantes que dependen de la síntesis de IPP y DMPP en *S. rebaudiana*. Es por esto que en este trabajo se planteó el siguiente objetivo:

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la luz sobre la expresión del gen MCS y la producción de glucósidos (estevisido y rebaudisido A) y carotenoides en plántulas cultivadas *in vitro* de *Stevia rebaudiana* (Bertoni).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Propagar y mantener *in vitro* plantas de *Stevia rebaudiana* Bertoni.
- Aplicar diferentes intensidades de luz en plántulas de *Stevia rebaudiana* (Bertoni) cultivadas *in vitro*.
- Evaluar la concentración de glucósidos (estevisido y rebaudisido A) en las plántulas expuestas a diferentes intensidades de luz.
- Evaluar la concentración de carotenoides en las plántulas expuestas a diferentes intensidades de luz.

IMPACTO CIENTÍFICO

Durante el desarrollo de este estudio se presentó parte de los resultados en un congreso y la publicación de una memoria en extenso y un artículo científico que está en evaluación.

IMPACTO ACADÉMICO

Con el apoyo proporcionado se forman estudiantes de calidad para el diseño de experimentos, manejo de equipo y técnicas de biología molecular que contribuyan al desarrollo profesional.

TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO

La información obtenida a partir del cultivo *in vitro* de estevia y el efecto de la intensidad de luz, sienta las bases para el establecimiento estrategias que permitan micropropagar, mejorar plántulas y seleccionar aquellas con mayor contenido de glucósidos. Por lo que, la información se encuentra a disposición para los diferentes sectores; sector público, sector social y el sector educativo.

INTRODUCCIÓN

Estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) es una especie del género *Stevia* de la familia de las Asteráceas, nativa del norte de Paraguay. Es utilizada como fuente de edulco-

rantes naturales de bajo contenido calórico, siendo el esteviósido y el rebaudiósido A, los principales compuestos responsables de la edulcoración (Espitia *et al.*, 2009).

Presenta ciertas desventajas que pueden afectar de forma negativa la eficiencia del cultivo: baja eficiencia de germinación debido al alto porcentaje de semillas estériles e ineficiencia de la recolección de la semilla por el desfaseamiento en la floración y la maduración de la misma. Al respecto se ha propuesto el uso de semilla vegetativa (estacas) para la siembra de cultivos comerciales, la cual no está exenta de problemas de bajas tasas de multiplicación. Una estrategia para reducir estas barreras es el empleo de técnicas de micropropagación que ayudarían a hacer más eficiente el proceso de multiplicación (Suarez y Quintero, 2014).

Estevia es una planta rica en edulcorantes naturales de bajo contenido calórico, debido a esta propiedad es una especie ampliamente estudiada en diferentes experimentos, lo que ha permitido descubrir la vía de síntesis de los glucósidos. En la actualidad se sabe que el poder edulcorante de *S. rebaudiana* se debe a la presencia de derivados del diterpenoide esteviol glucósido (EG) en el tejido foliar. Entre los EG se encuentran esteviosidos, rebaudiósido A, B, C, D, E y F y el dulcósido A. Estudios en *S. rebaudiana* demostraron que la biosíntesis de EG ocurre a través de la vía MEP (Brandle y Telmer, 2007; Kumar *et al.*, 2012; Bitok *et al.*, 2012) iniciando con la síntesis de los precursores IPP y DMPP y luego de reacciones de condensación, glucosilación sobre el esteviol se obtienen los EG. Asimismo, se ha mencionado que la concentración de los EG depende del genotipo, de las condiciones ambientales del cultivo (Starratt *et al.*, 2002).

Factores de estrés como la intensidad de luz pueden afectar el crecimiento y el desarrollo en las plantas en diferentes niveles (nivel celular y molecular); y modificar considerablemente la síntesis de compuestos como ocurre con los glucósidos en estevia. En este trabajo como etapa inicial se evaluó el efecto de tres intensidades de luz sobre el crecimiento de plántulas cultivadas *in vitro* de *S. rebaudiana*, para esto se realizaron mediciones de variables de crecimiento directas (altura y peso húmedo y área foliar), indirectas (tasa de expansión foliar y tasa de asimilación neta) (Piña y Bautista, 2006; Vilchez *et al.*, 2015) y la concentración de glucosa en cada uno de los tratamientos por 30 días bajo condiciones controladas de fotoperiodo, temperatura y humedad.

Los resultados obtenidos indican que las variables fueron afectadas por las intensidades de luz al registrarse alturas, peso total húmedo, tasa de asimilación y concentración de glucosa diferentes a los 30 días de experimentación. Lo que permite suponer que ocurrieron cambios en el metabolismo celular de estevia, lo que se reflejó en el crecimiento de las plántulas y que pueden modificar la expresión diferencial de genes de la vía MEP (Veau *et al.*, 2000; Carretero-Paulet *et al.*, 2002;

Zhang *et al.*, 2014) y alterar el perfil de los glucósidos (esteviósido y rebaudiósido A). Por lo que, conocer la respuesta adaptativa de los cultivos a diferentes factores de estrés, permitiría establecer las bases para un manejo adecuado e iniciar estrategias de mejoramiento genético en condiciones *in vitro*.

CONTRIBUCIÓN A LA GENERACIÓN DEL CONOCIMIENTO (PRINCIPALES RESULTADOS)

Con este estudio se pretende establecer las bases para un manejo adecuado del cultivo *in vitro* de *S. rebaudiana* con fines de micropropagar en forma masiva e inducir mejoramiento genético que se refleje en un incremento en el contenido de glucósidos a través de las herramientas de la biotecnología.

CONCLUSIONES

La información obtenida hasta este momento refleja la importancia que tiene la intensidad de la luz sobre el cultivo *in vitro* de *S. rebaudiana*, debido a los cambios observados en los parámetros de crecimiento directo e indirecto y en el contenido de glucosa después de un tiempo de exposición.

REFERENCIAS

- Bitok, J. K., Meyers, C. F. (2012). 2C-Methyl-D-erythritol 4-phosphate enhances and sustains cyclodiphosphate synthase IspF activity. *ACS Chemical Biology*, 7, 1702-1710.
- Brandle, J.F., Telmer, P. G. (2007). Steviol glycoside biosynthesis. *Phytochemistry*, 68, 1855-1863.
- Carretero-Paulet, L., Ahumada, I., Cunillera, N., Rodriguez-Concepcion, M., Ferrer, A., Boronat, A., Campos, N., 2002. Expression and molecular analysis of the Arabidopsis DXR gene encoding 1-deoxy-D-xylulose-5-phosphate reductoisomerase, the first committed enzyme of the 2-C-methyl-D-erythritol 4-phosphate pathway. *Plant Physiology*, 129, 1581-1591.
- Espitia, M., Montoya, R., y Atencio, L. (2009). Rendimiento de *Stevia rebaudiana* Bert., bajo tres arreglos poblacionales en el Sinú Medio. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*, 12(1), 151-161.
- Kumar, K., Singh, K., Kumar, S., 2012. 2C-Methyl-D-erythritol 2,4-cyclodiphos-

phate synthase from *Stevia rebaudiana* Bertoni is a functional gene. *Molecular Biology Reports*, 39, 10971-10978.

- Piña, S., y Bautista, D. (2006). Evaluación del crecimiento vegetativo de cultivares de vid para mesa bajo condiciones de trópico semiárido de Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 23(4), 407-419. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182006000400004&lng=es&tlng=es
- Suarez, I. E., y Quintero, I. R. (2014). Micropropagación de *Stevia rebaudiana* Bertoni, un endulzante natural a través de explantes con meristemos pre-existentes. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 16(1), 29-33.
- Starratt, A. N., Kirby, C. W., Pocs, R., Brandle, J. E., 2002. Rebaudioside F, a diterpene glycoside from *Stevia rebaudiana*. *Phytochemistry*, 59, 367-370.
- Veau, B., Courtois, M., Oudin, A., Chénieux, J. C., Rideau, M., Clastre, M., 2000. Cloning and expression of cDNAs encoding two enzymes of the MEP pathway in *Catharanthus roseus*. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1517, 159-163.
- Vilchez, J., Martínez, L., y Nilca, A. (2015). Comparación del crecimiento en vivero entre plántula y vitroplantas de guayabo cultivar enana roja cubana Eea-1840. *Interciencia*, 40 (4), 270-274.
- Zhang, S. R., Jiang, X., Wang, P., Wu, D., Wang, Q. H., Hou, Y., 2014. EaIs-pF1, Essential Enzyme in Isoprenoid Biosynthesis from *Eupatorium adenophorum*, Reveals a Novel Role in Light Acclimation. *Journal of Integrative Agriculture*, 13, 1024-1035.

**CIENCIAS SOCIALES Y
ADMINISTRATIVAS**

Ariagor Manuel Almanza Avendaño



Estudió la licenciatura en Psicología Clínica en el Centro de Enseñanza Técnica y Superior Campus Tijuana, la maestría en Psicología con Residencia en Terapia Familiar y el doctorado en Psicología, en el Área de Psicología y Salud. Realizó los estudios de Posgrado en la Universidad Nacional Autónoma de México.

Es Profesor de Tiempo Completo en la Unidad Académica de Trabajo Social y Ciencias para el Desarrollo Humano, ha sido distinguido con el Perfil deseable PRODEP y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I.

Es Líder del Cuerpo Académico Estudios de Psicología, evaluado como en consolidación por la Dirección de Superación Académica.

En su trayectoria académica ha colaborado en 5 proyectos de investigación con financiamiento externo por parte del CONACYT, PRODEP, Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito - México y Fundación Mexicana para la Salud, A.C. Ha publicado 11 artículos científicos en revistas nacionales e internacionales, y dirigido 4 tesis de licenciatura y 4 de maestría.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

Autocuidado de personas que viven con VIH/SIDA: adherencia al tratamiento; y estudio psicológico de la violencia.

Estrategias y barreras para la adherencia terapéutica en pacientes con VIH del estado de Tamaulipas

Ariagor Manuel Almanza Avendaño

RESUMEN

El acceso al tratamiento antirretroviral ha permitido que la infección por VIH se convierta en un padecimiento crónico. Sin embargo, esto implica que el paciente se adhiera a un tratamiento farmacológico a largo plazo, que requiere altos niveles de adherencia y tiene diversos efectos secundarios. Si bien se han identificado previamente en la literatura facilitadores y barreras para la adherencia desde la perspectiva de los pacientes, se ha señalado la importancia de realizar estudios en contextos locales para comprender cómo se desarrollan los procesos de adherencia en espacios específicos y generar intervenciones de promoción de la adherencia en base al conocimiento de los usuarios.

El objetivo del proyecto consiste en identificar las estrategias y barreras para la adherencia farmacológica y no-farmacológica en pacientes con VIH que acuden a CAPASITS del estado de Tamaulipas. Para la realización del estudio se empleó una metodología cualitativa, mediante un diseño de Teoría Fundamentada. Se utilizó un muestreo teórico, y participaron 28 pacientes de tres grupos: mujeres, hombres heterosexuales y hombres que tienen sexo con hombres. Se aplicaron cuestionarios de información socio-demográfica y clínica, y se llevaron a cabo entrevistas semi-estructuradas. Las entrevistas fueron transcritas y se analizaron por medio del programa MAXQDA versión 12.

Los resultados muestran que los pacientes emplean las siguientes estrategias para la adherencia farmacológica: uso de recordatorios externos, adaptación de la toma a la rutina cotidiana, manejo de los efectos secundarios e interiorización de la toma. Las principales barreras para la toma del medicamento fueron el olvido, los efectos secundarios y el malestar emocional.

En cuanto a la adherencia no-farmacológica, las principales estrategias empleadas para cuidar de su salud son: evitar alimentos dañinos, dormir de 7 a 8 horas, usar la rutina diaria como ejercicio, dejar de tomar y/o fumar, usar condón, asistir a servicios psicológicos, usar recordatorios para las citas y guardar dinero para el transporte. Las principales barreras fueron la economía, el cansancio, los hábi-

tos alimenticios previos, los horarios de trabajo, no poder dejar el cigarro, correr riesgos en la vida sexual y el olvido de las citas. Cabe mencionar que tanto a nivel farmacológico como no-farmacológico, la adherencia es promovida por las creencias acerca del padecimiento y el tratamiento, el significado otorgado al VIH y dos principales motivadores: el cuidado de uno mismo y la familia.

A partir del estudio se concluye que la adherencia es un proceso integral que implica la interrelación de tres dimensiones: la simbólica, la afectiva y la práctica. No se encontraron diferencias importantes en estas tres dimensiones entre los diversos grupos, aunque cabe resaltar una mayor vulnerabilidad de los varones en términos del consumo de sustancias y de las mujeres en términos del malestar emocional, especialmente después del diagnóstico. Asimismo, se encuentra que aun pacientes considerados adherentes presentan patrones a corto plazo de no-adherencia farmacológica y que las principales dificultades se encuentran en la adopción de un estilo de vida saludable. Se recomienda emplear el conocimiento de los usuarios para diseñar intervenciones locales.

OBJETIVO GENERAL

Conocer los elementos implicados en el proceso de adherencia de pacientes con VIH que acuden a CAPASITS del estado de Tamaulipas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comprender los elementos simbólicos y afectivos implicados en el proceso de adherencia de pacientes con VIH.
- Conocer las estrategias que utilizan los pacientes con VIH para mantener la adherencia farmacológica y no-farmacológica.
- Identificar las barreras personales y contextuales que limitan la adherencia farmacológica y no-farmacológica en pacientes con VIH.
- Comparar las estrategias para la adherencia que utilizan diversos grupos de pacientes con VIH (mujeres, hombres heterosexuales y hombres que tienen sexo con hombres), desde la perspectiva de género.
- Comparar las barreras para la adherencia que se presentan diversos grupos de pacientes con VIH (mujeres, hombres heterosexuales y hombres que tienen sexo con hombres), desde la perspectiva de género.

IMPACTO CIENTÍFICO

Se elaboró el artículo “Barreras para la adherencia al tratamiento farmacológico y no-farmacológico en mujeres con VIH”, en co-autoría con la Dra. Anel Hortensia

Gómez San Luis. Este artículo ha sido aceptado para publicación en la revista *Psicología y Salud*, para el número de enero-junio de 2017.

Asimismo, se desarrolló el artículo “El proceso de adherencia al tratamiento en varones que viven con VIH: una perspectiva integral del auto cuidado”, en co-autoría con el doctor José Luis Ybarra Sagarduy, la doctora Luz Adriana Orozco Ramírez y la doctora Anel Hortensia Gómez San Luis. Este artículo se encuentra en proceso de dictaminación en la revista *Salud Colectiva*.

Cabe mencionar que se presentaron resultados del estudio en el VII Congreso Latinoamericano de Psicología de la Salud de la ALAPSA, el cual se llevó a cabo del 23 al 27 de mayo en la Pontificia Universidad Javeriana, en la ciudad de Cali, Colombia. La ponencia se tituló “Facilitadores y barreras para la adherencia al tratamiento en mujeres que viven con VIH”.

IMPACTO ACADÉMICO

El proyecto ha promovido la formación de recursos humanos, pues derivó en la elaboración de una tesis de licenciatura titulada “Facilitadores y barreras para la adherencia al tratamiento en varones heterosexuales que viven con VIH en Tamaulipas”. Esta tesis fue elaborada por Diego Nahúm Guzmán González, y culminada en junio de 2016.

TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO

El desarrollo del estudio fue posible gracias a la colaboración del Departamento de Prevención y Control de SIDA/ETS, de la Secretaría de Salud del estado de Tamaulipas, ya que permitió el acceso a CAPASITS de la región norte, centro y sur. Los resultados de esta investigación podrán ser empleados por el Área de Psicología del Departamento, especialmente en la toma de decisiones respecto a la modificación de procedimientos de atención a fin de mejorar la adherencia tanto farmacológica como no-farmacológica, y en el diseño de intervenciones locales para la promoción de la adherencia, basadas en la experiencia de los usuarios de los servicios de salud.

INTRODUCCIÓN

En México, se ha estimado la presencia de 180 mil personas que viven con VIH y sida (rango: 140 000 - 230 000), que el 50% de las personas que han adquirido el VIH no lo saben y que únicamente el 33% de las personas que viven con VIH tienen carga viral indetectable (CENSIDA, s.f.), lo cual suele asociarse con la adherencia al tratamiento antirretroviral.

El Tratamiento Antirretroviral Altamente Supresivo (TAR) se recomienda para reducir el riesgo de progresión de la enfermedad y prevenir la transmisión del virus, para todas las personas que viven con VIH, independientemente del conteo de células CD4 y de la presencia o ausencia de síntomas. Su inicio temprano puede evitar el daño producido en las etapas iniciales de la infección, ampliar el tiempo de sobrevivencia y retrasar la aparición de enfermedades no definitorias del sida, como enfermedades renales, hepáticas, cardiovasculares, neurológicas y oncológicas; además de evitar el surgimiento de infecciones oportunistas y neoplasias asociadas al sida (CENSIDA, 2014).

En el caso de la infección por VIH, se requiere no sólo que los pacientes sigan el tratamiento durante un largo plazo, sino que logren altos niveles de adherencia al tratamiento (mayor al 95% para la toma del medicamento, aunque es preciso señalar que el nivel puede variar de acuerdo al tipo de medicamento). La adherencia implica la presencia de un paciente activo en el cuidado de su salud y la necesidad de una relación de colaboración entre el paciente y el personal de salud, en lugar de una relación autoritaria donde se asume que la recomendación del médico es exacta y las fallas en el tratamiento son responsabilidad principal del paciente (Chesney, Morin & Sherr, 2000).

La adherencia puede considerarse como un proceso dinámico que se desarrolla en el tiempo, y que cuenta con dos componentes que se complementan mutuamente. Uno de ellos es la adherencia farmacológica, la cual implica tomar el medicamento siguiendo las recomendaciones en términos de horario y condiciones para la toma; mientras que el otro es la adherencia no-farmacológica, que incluye el seguimiento de recomendaciones médicas especialmente vinculadas con un cambio en el estilo de vida del paciente, tales como la asistencia a las citas de seguimiento, las recomendaciones dietéticas y de ejercicio físico (CENSIDA, 2014).

Estudios previos reportan diversas tasas de adherencia debido a las múltiples definiciones operacionales e instrumentos empleados para su medición. En un meta-análisis realizado por Puskas *et al.* (2011) se reportan rangos de adherencia que van del 89% hasta el 30%. Otros estudios reportan tasas de adherencia óptima del 66% (Ubbiali *et al.*, 2010), 69.5% (Applebaum, Richardson, Brady, Brief, & Keane, 2008), pero incluso tan bajas como del 26.5% (Mo & Mak, 2009).

En estudios nacionales también se encuentran tasas bajas, del 68.5% (González, Ybarra & Piña, 2012) hasta el 52% (Peñarrieta *et al.*, 2009), reportada en un estudio que se llevó a cabo en el estado de Tamaulipas. Además es preciso mencionar que las tasas pueden ser aún más bajas si se amplían los criterios para establecer la adherencia farmacológica. En el estudio de Balandrán, Gutiérrez y Romero (2013), al evaluar la adherencia de los últimos cuatro días a partir de la razón entre pastillas

olvidadas y prescritas, el 86.8% de los pacientes reportó una adherencia óptima; pero al medirla en base al índice de adherencia, que además toma en cuenta el seguimiento del horario, las instrucciones especiales y el último olvido de la toma, sólo el 55% alcanzó una adherencia óptima.

Cabe recordar que una adherencia farmacológica sub-óptima (menor al 95%) puede tener diversas consecuencias como: la falta de control de la replicación viral, el desarrollo de cepas resistentes del VIH, la falta de reconstitución inmune y la progresión de la enfermedad (CENSIDA, 2014).

En la literatura se han reportado diversos factores asociados a la adherencia al tratamiento en pacientes con VIH, principalmente en base a estudios transversales de alcance correlacional (Fogarty, Roter, Larson, Burke, Gillespie & Levy, 2002):

- Factores relacionados con el régimen de tratamiento. Entre ellos se encuentran la complejidad del régimen (en función del número de pastillas y/o las indicaciones para la toma), la facilidad para adaptarlo a la rutina cotidiana, el uso de herramientas para la adherencia (pastilleros, alarmas, etcétera), las demandas cognitivas (en términos de las dificultades para concentrarse o el olvido), así como tener información adecuada y entender el propósito del tratamiento antirretroviral. La presencia de efectos secundarios limita la adherencia al tratamiento.
- Factores sociales y psicológicos. Algunos factores de salud mental negativos son la depresión, la desesperanza, la ansiedad, la morbilidad psiquiátrica, la evitación o estar bajo la influencia de alcohol o drogas. En cambio, factores de salud mental positivos incluyen a la actitud positiva hacia el futuro, los planes y metas a largo plazo, el afrontamiento activo, la salud mental estable. Otros factores asociados son las actitudes hacia el padecimiento, el tratamiento y los medicamentos. También se encuentran factores sociales, como la relación con el proveedor de servicios de salud, el apoyo social disponible y aspectos como el miedo a revelar el diagnóstico o a la exposición pública, los cuales se vinculan con procesos sociales de estigma y discriminación.
- Factores institucionales, económicos y relacionados con los servicios de salud. Entre estos factores se encuentran el acceso a los medicamentos y a instituciones que proveen servicios de salud, así como el contar con recursos económicos para acceder continuamente a dichos servicios.
- Factores relacionados con atributos personales. Entre dichos factores se encuentran el estado clínico del paciente, aspectos socioeconómicos como nivel educativo, ingreso, acceso a vivienda estable; y el abuso de sustancias.

En la literatura también se han identificado diversos facilitadores y barreras para la adherencia al tratamiento, a través de estudios cualitativos que buscan comprender la experiencia de los propios pacientes respecto a su proceso de adherencia (Brion & Menke, 2008; Dos Santos, Freitas, da Silva, Marinho & Freitas, 2012; He-

rrera, Kendall & Campero, 2014; Krummenacher, Spencer, Du Pasquier, Bugnon, Cavassini & Schneider, 2014; Lewis, Colbert, Erlen & Meyers, 2006; Remien, Hirky, Johnson, Weinhardt, Whittier & Minh Le, 2003; Sabin *et al.*, 2008; Sidat, Fairley & Grierson, 2007). Los hallazgos principales se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 1. Facilitadores y barreras para la adherencia desde la perspectiva de pacientes con VIH.

Categoría	Elementos identificados
<i>Facilitadores</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Creencias acerca del padecimiento (se vincula con la evitación de la enfermedad y el mejoramiento de la salud) • Creencias religiosas • Miedo a recaer: aparición de infecciones oportunistas u hospitalizaciones • Estrategias prácticas: uso de recordatorios externos, llevar las pastillas • Manejo de los efectos secundarios • Ajustar el régimen de tratamiento al estilo de vida (asociar la toma a rutinas cotidianas) y tener un estilo de vida estable • Acceso a fuentes positivas de apoyo social • Relación de colaboración con el personal de salud • Trabajo emocional personal para apropiarse del padecimiento • Contar con una perspectiva optimista y planes para el futuro, así como mantener el deseo de vivir
<i>Barreras</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Creencias personales acerca del tratamiento • Falta de información acerca del tratamiento • Estado del paciente: olvido, cansancio, presencia de enfermedades • Características del tratamiento: complejidad, tipos de efectos secundarios (como los cambios en la apariencia física) • Proceso de tratamiento: modificaciones en el régimen de tratamiento, resultados clínicos sub-óptimos • Consumo de sustancias • Impacto emocional del diagnóstico: negación del diagnóstico o rechazo del tratamiento porque recuerda el diagnóstico • Malestar emocional: cansancio de la toma, enojo, depresión, desesperanza, preocupaciones cotidianas • Interferencia del tratamiento en la vida cotidiana • Cambios en la rutina (estar lejos de casa sin el medicamento) y la carga de trabajo • Falta de apoyo social • Conflictos con el personal de salud • Dificultades económicas que limitan la alimentación y el transporte a las citas • Internalización del estigma y miedo a la discriminación • Desigualdad de género (principalmente en la negociación del uso del condón y el acceso al tratamiento)

CONTRIBUCIÓN A LA GENERACIÓN DEL CONOCIMIENTO

Se desarrolló un estudio con enfoque cualitativo, de tipo interpretativo, en los Centros Ambulatorios para la Prevención y Atención en SIDA e Infecciones de Transmisión Sexual (CAPASITS), de tres municipios del estado de Tamaulipas, pertenecientes a las zonas norte, centro y sur de la entidad. Dicho proyecto de investigación se realizó en colaboración con el Programa de Prevención y Control de VIH de la Secretaría de Salud.

Los objetivos del estudio fueron identificar las estrategias y barreras para la adherencia terapéutica, tanto a nivel farmacológico como no-farmacológico, en tres grupos de personas que viven con VIH: mujeres, hombres que tienen sexo con hombres y hombres que tienen sexo con mujeres. Los criterios de inclusión para el estudio fueron: ser mayor de 18 años, asistir a los servicios de salud brindados por el CAPASITS, haber estado en tratamiento antirretroviral al menos por un año, y tener una carga viral indetectable en el momento del estudio, indicador que se ha relacionado en estudios previos con el nivel de adherencia.

En el estudio participaron 28 pacientes con VIH, quienes fueron contactados por parte del personal de los servicios de salud, y tras obtener su consentimiento informado, respondieron un cuestionario de información clínica y socio-demográfica, el cuestionario para la medición de la adherencia de 4 días y el índice de adherencia elaborado por el ACTG y adaptado para población mexicana por Baladrán *et al.* (2013), así como una entrevista semi-estructurada desarrollada por los autores para conocer sus creencias acerca del padecimiento y su tratamiento, así como las estrategias y barreras de la adherencia farmacológica y no-farmacológica. Las entrevistas fueron audio-grabadas para su transcripción y posteriormente se analizaron por medio del programa MAXQDA versión 12.

A partir del estudio se encontró que a través de los grupos de hombres que tienen sexo con hombres, mujeres y hombres que tienen sexo con mujeres, y que mantienen altos niveles de adherencia, el proceso de adherencia implica la interacción de tres dimensiones. La primera dimensión es la simbólica, y se vincula con las creencias que construyen acerca del padecimiento y su tratamiento. Dentro de esta dimensión, se observó que los pacientes altamente adherentes creen que la infección por VIH disminuye las defensas, permite la aparición de síntomas y actúa replicándose dentro del organismo. En oposición, consideran que el tratamiento detiene al virus y de esta manera aumenta las defensas, a pesar de que tiene diversos efectos secundarios. Los pacientes distinguen entre efectos a corto plazo, que se presentan de forma temporal mientras el organismo se adapta al medicamento, entre los que sobresalen los síntomas gastrointestinales, las alteraciones del estado de ánimo o de la percepción. Mientras que los efectos a largo plazo se perciben

como más dañinos, ya sea por su impacto en la apariencia física, el metabolismo, los órganos internos, o las alteraciones sensoriales y motoras.

Los pacientes ligaron la adherencia principalmente con la toma del medicamento, lo cual indica que se otorga mayor importancia a la adherencia farmacológica. No obstante, también señalaron dos condiciones centrales que deben cumplir los pacientes para mantener el proceso de adherencia: ser responsables o disciplinados; y mantener el deseo de vivir (en lugar de “caerse emocionalmente” tras el diagnóstico). Por otro lado, los pacientes anticipan las siguientes consecuencias en caso de no adherirse al tratamiento antirretroviral: 1) el tratamiento no va a servir; 2) el virus se va a reproducir; 3) el virus se va a hacer resistente; y 4) empiezan los problemas, tales como la disminución de las defensas y la aparición de enfermedades.

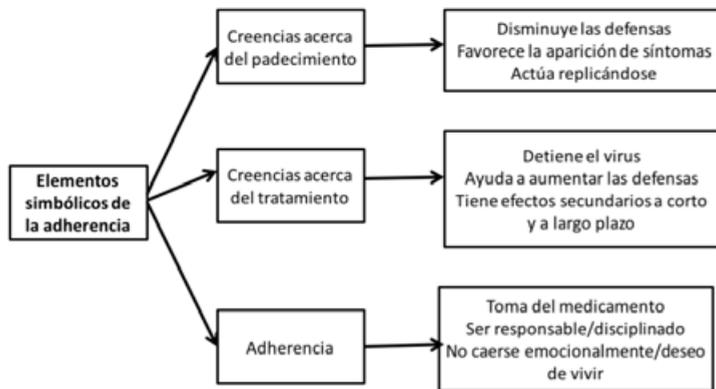


Figura 1. Elementos simbólicos del proceso de adherencia.

La segunda dimensión identificada es la afectiva, la cual orienta la acción al fungir como elemento motivacional para los pacientes. Uno de los elementos de dicha dimensión es el significado que construyen acerca de la infección por VIH, la cual implica la relación que establecen con su padecimiento y representa un indicador del grado de aceptación del diagnóstico. En pacientes con altos niveles de adherencia, se encontró que la infección por VIH podía ser percibida de tres formas principales: 1) una motivación para salir adelante; 2) una condición de salud normal y manejable; o 3) una oportunidad de cambio hacia una vida más moderada. Asimismo, identificaron diversos motivadores que promueven el cuidado en la cotidianidad a través del tiempo, entre los que destacan: 1) el querer y cuidarse a sí mismos; 2) la familia; y 3) mantener el deseo de vivir.



Figura 2. Elementos afectivos del proceso de adherencia.

Finalmente, la tercera dimensión es de carácter práctico, e implica las diversas actividades que los pacientes llevan a cabo para mantener el proceso de adherencia. Para fines analíticos, estas prácticas se dividen en prácticas para la adherencia farmacológica y para la adherencia no-farmacológica, aunque en la vida cotidiana se realicen de forma complementaria.

Entre las prácticas para la adherencia farmacológica, se distinguen las estrategias empleadas en el corto plazo y en el largo plazo. A corto plazo, los pacientes realizan las siguientes actividades para mantener la toma del medicamento anti-retroviral: el uso de recordatorios externos (tales como alarmas, notas, agendas, pastilleros, etcétera), llevar a cabo la toma en momento específicos del día o dejar el medicamento en lugares especiales; traer consigo el medicamento en caso de salir, los recordatorios por parte de los familiares; y no dejar de tomar el medicamento en caso de que se pase el momento de la toma. Sin embargo, para continuar la toma del medicamento en el largo plazo, los pacientes señalan que tienen que adaptarse a los efectos secundarios, recordar mentalmente o habituarse a la toma, y tener fuerza de voluntad.

A pesar de que los pacientes con altos niveles de adherencia mantienen estas prácticas en la actualidad, durante el proceso de adherencia pueden surgir diversas barreras que afecten la toma del medicamento. Algunas de esas barreras son individuales, tales como el olvido de la toma, el malestar físico y los efectos secundarios, que varían de acuerdo al régimen de tratamiento. También existen barreras contextuales, como “tener algún pendiente” en el ámbito doméstico o laboral, y el malestar emocional, que se considera contextual no sólo porque ocurre en el marco de un conjunto de relaciones sociales, sino porque la experiencia de vivir con VIH está enmarcada por la presencia de procesos de estigma y discriminación.

Tabla 2. Estrategias y barreras para la adherencia farmacológica.

Estrategias	Barreras
<i>Estrategias a corto plazo</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Olvido de la toma • Malestar emocional • Efectos secundarios • Malestar físico • Tener algún pendiente
Usar recordatorios externos	
Tomar el medicamento en un momento específico del día	
Llevarse las pastillas a la calle	
Dejar el medicamento en lugares especiales	
Tomarlas aunque se pase el horario	
Los familiares le recuerdan la toma	
<hr/>	
<i>Estrategias a largo plazo</i>	
Adaptarse a los efectos secundarios	
Recordar mentalmente la toma	
Mantener la fuerza de voluntad	

En términos de la adherencia no-farmacológica, también se identificaron múltiples prácticas que llevan a cabo los pacientes a través de diversas áreas de cuidado de la salud. En el área de la alimentación, se encuentran como prácticas o estrategias la evitación de alimentos dañinos y el adoptar una dieta saludable; mientras que las barreras principales son individuales, como “no poder dejar ciertos alimentos”; y contextuales, como la economía. En el área de actividad física, las prácticas consisten en tener una rutina de ejercicio y usar la rutina diaria para hacer actividad física; mientras que las barreras son individuales (sentirse débil o cansado) y contextuales (falta de tiempo). En términos de descanso, las estrategias principales fueron tratar de dormir de 7 a 8 horas, no desvelarse y darse un tiempo para descansar. Las barreras identificadas fueron similares a la actividad física: el malestar físico y los horarios de trabajo.

Respecto al consumo de sustancias, refirieron que recurren a su fuerza de voluntad o que sólo beben alcohol en forma ocasional (fiestas o celebraciones), aunque también señalaron que la decisión de dejar de consumir fue fácil ya que el consumo previo no era tan elevado. Entre las barreras principales para dejar el consumo se encontraron las amistades que ofrecen, especialmente alcohol, y sobre todo se reportaron dificultades para dejar de consumir tabaco, además de que no suelen acudir en busca de ayuda especializada para dejar de fumar.

La salud sexual se promueve al usar condón o llevarlos consigo, negarse a tener relaciones sexuales sin condón, decirle “otra cosa” a la pareja para poder usar el condón (por ejemplo, evitar un embarazo), así como al temer una re-infección o contraer una infección de transmisión sexual. Entre las barreras principales para la salud sexual se encontró que en ocasiones no usan condón o “les valen los riesgos”;

y por otro lado, puede existir un temor a transmitir el VIH a la pareja, por lo que se evitan las relaciones sexuales.

Respecto a la salud mental, los pacientes con alta adherencia indicaron la presencia de múltiples estrategias, tales como: asistir a servicios psicológicos (terapia individual o grupos de apoyo), buscar apoyo social en la familia o en la religión, aceptar el diagnóstico y pensar en cosas positivas.

Finalmente, en el área de la asistencia a citas y estudios de laboratorio, se emplearon estrategias como usar recordatorios externos, guardar dinero para poder acudir a las citas, “estar al pendiente” o tenerla presente en la mente, y mantener el deseo de saber “cómo anda” en términos de salud. Se mencionaron barreras individuales como el olvido o el malestar físico; así como barreras contextuales, entre las que se encuentran los horarios de trabajo o no contar con dinero para el transporte.

Tabla 3. Estrategias y barreras para la adherencia no-farmacológica.

Área del cuidado de la salud	Estrategias	Barreras
Alimentación	Evitar alimentos dañinos Llevar una dieta saludable/tratar de comer sano	<ul style="list-style-type: none"> • La economía • No poder dejar ciertos alimentos
Actividad física	Tener una rutina de ejercicio Usar la rutina diaria como ejercicio	<ul style="list-style-type: none"> • Sentirse débil o cansado • Falta de tiempo
Descanso	Tratar de dormir de 7 a 8 horas Tratar de no desvelarse Darse un tiempo para descansar	<ul style="list-style-type: none"> • Horarios de trabajo • Malestar físico
Evitar el consumo de sustancias	Tomar la decisión de dejar de tomar o fumar Beber en forma ocasional	<ul style="list-style-type: none"> • No poder dejar el cigarro • Los amigos que ofrecen • No buscar ayuda especializada (para dejar de fumar)
Salud sexual	Negarse a tener relaciones sexuales sin condón Usar condón/siempre llevar condones Decirle otra cosa a la pareja (para usar el condón) Temor a re-infectarse o contraer ITS	<ul style="list-style-type: none"> • Nos valen los riesgos/en ocasiones no usan condón • Temor a transmitir el VIH a la pareja

Salud mental	Asistir a servicios psicológicos (individual o grupos de apoyo) Buscar apoyo social Aceptar el diagnóstico Pensar en cosas positivas	
Asistencia a citas	Usar recordatorios externos Guardar dinero para ir a la cita Estar al pendiente/tenerla presente en la mente	<ul style="list-style-type: none"> • No tener dinero para el transporte • El olvido • Malestar físico • El trabajo
Asistencia a pruebas de laboratorio	Usar recordatorios externos El deseo de saber cómo andas	

CONCLUSIONES

A partir del estudio con pacientes con altos niveles de adherencia, se encuentra que el proceso de adherencia implica la interrelación de tres dimensiones que ocurren en forma simultánea en la cotidianidad: la dimensión simbólica, la dimensión afectiva y la dimensión práctica. La dimensión práctica abarca tanto la adherencia farmacológica como la adherencia no-farmacológica, la cual comprende diversas áreas: alimentación, actividad física, descanso, abandono del consumo de sustancias, salud sexual, salud mental, asistencia a citas y estudios de laboratorio. Cabe mencionar que este proceso se desenvuelve en el tiempo, por lo que estas prácticas requieren mantenerse a largo plazo a fin de evitar el desarrollo de patrones de no-adherencia, debido a la presencia de barreras individuales y contextuales en cada una de las áreas mencionadas.

Aún cuanto los pacientes son altamente adherentes, y llevan varios años bajo tratamiento antirretroviral, es importante señalar que la principal barrera es el olvido, por lo que las estrategias para recordar la toma y adaptarla a la vida cotidiana siguen utilizándose a través del tiempo, aunque la toma se facilita al volverse un hábito. Si bien el olvido es una barrera presente a través de la trayectoria del padecimiento, las otras barreras tienen un impacto diferencial en el tiempo. Por ejemplo, el malestar emocional puede generar patrones de no-adherencia a largo plazo especialmente tras el diagnóstico, mientras que los efectos secundarios a corto plazo pueden limitar la adherencia al inicio del tratamiento, mientras que los efectos secundarios a largo plazo pueden favorecer la interrupción del tratamiento en etapas más avanzadas.

Se encontró que mujeres, hombres heterosexuales y hombres que tienen sexo con hombres emplean estrategias comunes para la adherencia farmacológica. Sin embargo, en las mujeres la toma del medicamento puede afectarse principalmente por el malestar emocional provocado por el diagnóstico, tomando en cuenta que las implicaciones del estigma son diferentes para ellas debido a la relación entre el estigma y las regulaciones de género, y a que la transmisión frecuentemente ocurre en el marco de relaciones de pareja estables. En el caso de los varones la toma del medicamento puede limitarse cuando continúan con un estilo de vida ligado al riesgo, donde se consumen sustancias o no se cuenta con condiciones estables de vida.

Tal como ocurre en los servicios de salud, los pacientes también priorizan la adherencia farmacológica sobre la no-farmacológica. En las áreas de alimentación y evitación del consumo de sustancias, el cuidado se ve limitado por los hábitos previos al diagnóstico, así como al hecho de que los pacientes no suelen acudir a servicios especializados para mejorar su nutrición o dejar el consumo de tabaco, alcohol o drogas. En el área del consumo de sustancias se encuentra una mayor vulnerabilidad en varones no sólo debido a mayores niveles de consumo, sino por que no acuden a ayuda especializada y hay una menor percepción de riesgo del consumo, especialmente para el tabaco. Además cabe mencionar que existen contradicciones respecto al consumo de alcohol, pues las posturas del personal de salud van desde la evitación completa hasta el consumo mínimo en situaciones especiales.

En términos de descanso y actividad física, los diversos grupos se enfrentan a barreras como los horarios de trabajo. Sin embargo, en varones se reporta con más frecuencia el dedicar un espacio para hacer ejercicio, mientras que en las mujeres no es una prioridad. Esta situación puede estar vinculada con la presencia de múltiples obligaciones tanto en el trabajo, como el cuidado del hogar y de la familia, y una mayor oportunidad para los varones en términos de los tiempos para las actividades personales.

El acceso a las citas y a los estudios de laboratorio, es afectado en los diversos grupos por cuestiones como la economía o el olvido de las citas. En el caso de la salud sexual, si bien los diversos grupos coinciden en el uso del condón y el negarse a tener relaciones sin él, también manifiestan correr riesgos en el sentido de que hay momentos en que ocurre penetración sin emplear el condón. No obstante, las razones son diferentes para los grupos: las mujeres señalan que su pareja es quien no quiere usar el condón, lo cual habla de la desigualdad para su negociación; mientras que en hombres que tienen sexo con hombres se hace referencia a la necesidad de experimentar un mayor placer o sentir mayor cercanía con la pareja.

Respecto a la salud mental, los diversos grupos recurren a servicios de terapia individual o a grupos de apoyo, además de obtener apoyo de sus redes sociales. Una pauta común a través de los grupos es que no sólo cuidan de su salud mental a través de apoyo externo, sino que tratan de “ayudarse a sí mismos”, a través de la aceptación del diagnóstico o el intento de pensar en forma positiva. Sin embargo, se encuentra que en algunas mujeres, no acuden a los servicios de salud mental por falta de tiempo, lo cual puede situarlas en vulnerabilidad cuando tienen escasas redes sociales o no revelan su diagnóstico debido al estigma.

RECOMENDACIONES

A partir del presente estudio se recomienda que al promover la adherencia de los pacientes, se evalúen no sólo las estrategias que emplean para adherirse al tratamiento, sino las creencias que han construido acerca del padecimiento y el tratamiento, así como las implicaciones afectivas del diagnóstico y los motivadores para el cuidado. Esto implica que las intervenciones requieren dirigirse a la identificación de la etapa del proceso de cambio en que se encuentra el paciente, en términos motivacionales; y promover la reconstrucción de significados acerca del padecimiento mediante estrategias clínicas apropiadas para ello.

Asimismo, se requiere generar una conceptualización de la adherencia en términos integrales, a fin de fomentar el cuidado de la salud de los pacientes en las diversas áreas ya sea para evitar futuras re-infecciones, potencializar los efectos del tratamiento farmacológico, y disminuir el impacto de la toxicidad de los medicamentos antirretrovirales. Por ello es fundamental conocer el estilo de vida del paciente, a fin de establecer un plan para su modificación gradual y sistemática. También es necesario realizar una evaluación de las barreras para la adherencia en cada paciente, debido a las diferencias contextuales entre ellos, y trabajar con los pacientes en el desarrollo de habilidades y el empleo de estrategias para manejar dichas barreras personales y situacionales.

Para terminar, se requiere subrayar la importancia de evaluar continuamente la adherencia de manera integral, en el marco de una relación de acompañamiento que reconozca las vulnerabilidades diferenciales en la trayectoria del padecimiento. Escuchar a los pacientes es vital no sólo para identificar las dificultades presentes en el proceso de adherencia, sino para valorar sus recursos y diseñar programas de promoción de la adherencia basados en las experiencias de los usuarios.

REFERENCIAS

- Applebaum, A., Richardson, M., Brady, S., Brief, D. & Keane, T. (2008). Gender and other psychosocial factors as predictors of adherence to Highly Active Antiretroviral Therapy (HAART) in adults with comorbid HIV/AIDS, Psychiatric and substance-related disorder. *AIDS and Behavior*, 13, 60-65.
- Balandrán, D., Gutiérrez, J. & Romero, M. (2013). Evaluación de la adherencia antirretroviral en México: adherencia de cuatro días vs índice de adherencia. *Revista de Investigación Clínica*, 65, 5, 384-391.
- Brion, J. & Menke, E. (2008). Perspectives regarding adherence to prescribed treatment in highly adherent HIV-infected gay men. *Journal of the Association of Nurses in AIDS Care*, 19(3), 181-191. doi: 10.1016/j.jana.2007.11.006
- Centro Nacional para la Prevención y el Control del VIH y el sida (s.f.). La epidemia del VIH y el sida en México. Recuperado de http://www.censida.salud.gob.mx/descargas/epidemiologia/L_E_V_S.pdf
- Centro Nacional para la Prevención y el Control del VIH y el sida (2014). Guía de manejo antirretroviral de las personas con VIH (6a ed.). Recuperado de: http://www.censida.salud.gob.mx/descargas/biblioteca/Guia_ARV_ISBN.pdf
- Chesney, M., Morin, M. & Sherr, L. (2000). Adherence to HIV combination therapy. *Social Science & Medicine*, 50, 1599-1605.
- dos Santos, W., Freitas, E., da Silva, A., Marinho, C., & Freitas, M. I. (2012). Barreras e aspectos facilitadores da adesão à terapia antirretroviral em Belo Horizonte-MG. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 64(6), 1028-1037. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=267022538007>
- Fogarty, L., Roter, D., Larson, S., Burke, J., Gillespie, J., & Levy, R. (2002). Patient adherence to HIV medication regimens: a review of published and abstract reports. *Patient Education and Counseling*, 46, 93-108.
- González, M., Ybarra, J. & Piña, J. (2012). Relaciones sociales, variables psicológicas y conductas de adherencia en adultos con VIH. *International Journal of Psychology and Psychological Therapy*, 12, 2, 173-184.
- Herrera, C., Kendall, T. & Campero, L. (2014). Vivir con VIH en México. Experiencias de mujeres y hombres desde un enfoque de género. *México: El Colegio de México*.
- Krummenacher, I., Spencer, B., Du Pasquier, S., Bugnon, O., Cavassini, M. & Schneider, M. (2014). Qualitative analysis of barriers and facilitators encounte-

red by HIV patients in an ART adherence programme. *International Journal of Clinical Pharmacy*, 36, 4, 716-724. doi: 10.1007/s11096-014-9930-0

- Lewis, M., Colbert, A., Erlen, J., & Meyers, M. (2006). A qualitative study of persons who are 100% adherent to antiretroviral therapy. *AIDS Care*, 18(2), 140-148. doi: 10.1080/09540120500161835
- Mo, P. & Mak, W. (2009). Intentionality of medication non-adherence among individuals living with HIV/AIDS in Hong Kong. *AIDS Care*, 21, 6, 785-795.
- Peñarrieta, M., Kendall, T., Martínez, N., Rivera, A., Gonzales, N., Flores, F. & Del Angel, A. (2009). Adherencia al tratamiento antirretroviral en personas con VIH en Tamaulipas, México. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 26, 3, 333-337.
- Puskas, C., Forrest, J., Parashar, S., Salters, K., Cescon, A., Kaida, A., Miller, C., Bangsberg, D. & Hogg, R. (2011). Women and vulnerability to HAART Non-adherence: a literature review of treatment adherence by gender from 2000 to 2011. *Current HIV/AIDS Reports*, 8, 277-287.
- Remien, R., Hirky, E., Johnson, M., Weinhardt, L., Whittier, D., & Minh Le, G. (2003). Adherence to medication treatment: a qualitative study of facilitators and barriers among a diverse sample of HIV+ men and women in four U.S. cities. *AIDS and behavior*, 7(1), 61-73. doi: 1090-7165/03/0300-0061/0
- Sabin, L., Bachman, M., Hamer, D., Keyi, X., Yue, Y., Wen, F., Tao, L., Hegenhougen, H., Seton, L., Wilson, I., & Gill, C. (2008). Barriers to adherence to antiretroviral medications among patients living with HIV in Southern China: a qualitative study. *AIDS Care*, 20(10), 1242-1250. doi: 10.1080/09540120801918651
- Sidat, M., Fairley, C. & Grierson, J. (2007). Experiences and perceptions of patients with 100% adherence to highly active antiretroviral therapy: a qualitative study. *AIDS patient care and STDs*, 21(7), 509-520. doi: 10.1089/apc.2006.0201
- Ubbiali, A., Donati, D., Chiorri, C., Bregani, V., Cattaneo, E., Maffei, C. & Visintini, R. (2008). Prediction of adherence to antiretroviral therapy: can patients' gender play some role? An Italian pilot study. *AIDS Care*, 20, 5, 571-575.

Perla Carrillo Quiroga



Estudió la licenciatura en Diseño Gráfico y Publicitario en el Centro de Estudios Superiores de Diseño de Monterrey, la maestría en Medios Globales en la Universidad de East London, realizó un posgrado en asistencia a la educación así como el doctorado en Estudios Cinematográficos en la Universidad de Westminster en Londres, Inglaterra.

Es Profesora de Tiempo Completo en la Unidad Académica de Derecho y Ciencias Sociales de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, donde imparte materias como Cine, Taller de Cine y Publicidad a nivel licenciatura; de Comunicación Corporativa, Animación 2D y Arte Digital a nivel maestría. Además, imparte la materia de Estructuras Audiovisuales en el Doctorado en Comunicación. Es presidenta de la academia de Diseño Digital de la maestría en Comunicación y forma parte del comité académico del Doctorado en Comunicación. Publicó en la Revista Mexicana de Investigación Educativa el artículo *La investigación basada en la práctica de las artes y los medios audiovisuales*, además del capítulo titulado *La Mirada Subjetiva del Cine Documental* en el libro *Los Paradigmas de Investigación Científica en Ciencias Sociales* del European Center for Social Science Investigation. Escribe un libro sobre fenomenología y el género de viajes en el cine documental titulado *Journeys on Film, embodiment and the Senses in the Travelogue Genre*.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

Estudios cinematográficos; fenomenología aplicada a las artes visuales; subjetividad y realismo en el cine documental; e investigación basada en práctica de las artes y los medios.

El realismo perceptual y la experiencia corporizada en el cine de viajes documental

Perla Carrillo Quiroga

RESUMEN

Las películas documentales sobre viajes han brindado la experiencia de viajar a través de la pantalla del cine, trayendo lugares y culturas de todo el mundo a generaciones de espectadores. Desde los viajes fantasma o *phantom rides*¹ del cine primitivo, tales como *Los Viajes de Hale (Hale's Tours and Scenes of the World)*² hasta las películas IMAX en tercera dimensión, los documentales sobre viajes han estado discursivamente relacionados a la práctica del turismo, en el sentido de que ambos están basados en una lógica que concibe el acto de ver como una manera de conocer un lugar (Urry, 1990). La actividad de viajar se entiende como la acción humana de moverse a través del espacio físico y geográfico e implica la incorporación del espacio vivido a través de nuestros sentidos. Cuando viajamos, no solo “vemos” otros lugares, sino que sentimos, olemos, tocamos, probamos y nos movemos a través de ellos. A través de nuestro cuerpo somos capaces de sujetar nuestra existencia perceptual y sensorial a un entorno cambiante, al mismo tiempo que nos vinculamos sensorialmente en el espacio. Además, el proceso de percepción durante la experiencia de ver una película es un proceso corporizado, lo que convierte al espectador de cine en un viajero. El espectador es un pasajero que atraviesa el sentido táctil o háptico, llevándolo a un terreno emocional (Bruno, 2002:16). El cine es una forma de transportar al espectador mientras viaja a través de diferentes espacios (Soltani, 2008:8). Esta dinámica es especialmente relevante para el cine de viajes documental, también conocido como *travelogue* en inglés.

La fenomenología ofrece un marco teórico útil para comprender el proceso perceptual que ocurre durante la experiencia cinematográfica. Nos puede ayudar a entender la manera en la cual viajamos perceptualmente a través del cine y el modo en que nuestro cuerpo se relaciona con los lugares y espacios que vemos en la

1 *Los phantom rides* (del inglés viajes fantasma) eran películas grabadas desde el frente de trenes en movimiento, presentando el viaje desde la perspectiva del tren, para lo cual los camarógrafos se ataban a ellos mismos y a sus cámaras a un tren en movimiento.

2 *Los Viajes de Hale* o *Hale's Tours and Scenes of the World* fueron creados en 1904 por el ingeniero George C. Hale.

pantalla. En el campo de los estudios cinematográficos, las teorías sobre la naturaleza corporizada de la experiencia de ver una película, sugieren que la experiencia de los espectadores no se reduce a una percepción audio-visual sino que se extiende a través de nuestras sensaciones corporales, en una forma dinámica entre y a través de todos nuestros sentidos (Sobchack, 1992; Buck-Morss, 1994; Marks, 2000; Bruno, 2002; Massumi, 2002). Además, recientes descubrimientos en la aplicación de la neurociencia a los estudios cinematográficos han confirmado declaraciones previas de los fenomenólogos acerca de la experiencia de ver una película. Específicamente, que los espectadores del cine recrean interna y miméticamente lo que ven en la pantalla³ (Gallese y Guerra, 2012). Nuevos estudios interdisciplinarios como la neuro-fenomenología y neuro-cinemática han traído un preámbulo de preguntas acerca de la estructura de la experiencia humana en un mundo cada vez más saturado por los medios (Varela, 1996). De acuerdo a Vittorio Gallese y Michelle Guerra, experimentamos el espacio a través del cine de la misma manera en que experimentamos el espacio en la vida real, esto es, a un nivel corporizado (Gallese y Guerra, 2012). El descubrimiento de las neuronas espejo y los mecanismos de simulación corporizada proveen nuevas perspectivas sobre las formas en que empatizamos con una película (Gallese, 2001; Gallese y Sinigaglia, 2011; Gallese y Guerra, 2012). Estos planteamientos nos ayudan a entender, por qué nos sentimos afectados por los movimientos de la cámara y cómo nos sintonizamos, perceptualmente con los espacios y lugares de una película.

Las películas documentales de viaje o *travelogues*, son películas de no ficción estructuradas alrededor de un viaje o jornada, usualmente narradas en primera persona. Los *travelogues* están asociados a las conferencias de viajes de la era Victoriana y los *phantom rides* del cine de atracciones (Gunning, 1986). El *travelogue* no es una forma que se encuentre exclusivamente en el cine documental ni tampoco en un periodo específico de la historia del cine, sino que se encuentra en diferentes periodos y estilos abarcando un amplio rango de temas que van desde las prácticas culturales, religión, etnografía, antropología y turismo hasta los documentales sobre la naturaleza. Los *travelogues* también se han producido en forma de ensayos filmicos y diarios, han adoptado la forma del cine experimental, películas de arte y videos caseros, usando diferentes voces y estilos narrativos que abarcan el documental clásico en primera persona, el tono subjetivo, autobiográfico y los estilos confesio-

3 El descubrimiento de las neuronas espejo en neurociencia confirma muchas de las visiones propuestas por fenomenólogos acerca del rol de las sensaciones corporales en el proceso de la percepción. Vittorio Gallese, un neurólogo especializado en acción, percepción y cognición, es uno de los principales defensores de la neurociencia aplicada al estudio de la experiencia de un filme. Gallese describe las neuronas espejo, como neuronas pre motoras que son activadas en nuestros cerebros cuando una acción es ejecutada y cuando se observa a alguien más ejecutando la acción, ya sea en la vida real o en la pantalla (Gallese, 2005). Gallese afirma que este mecanismo de espejo es una forma de simulación de personificación, un mecanismo en el cual cada uno empatiza con las sensaciones y sentimientos que se observan.

nales. El *travelogue* es también la estructura básica de los documentales en formato IMAX (Griffits, 2006:242). Aunque es una forma polifacética, hay dos rasgos que caracterizan a la mayoría de las películas de este género. Primero, están construidas de modo que los espectadores simulen la experiencia perceptual de viajar. Esto ocurre en dos formas diferentes. El viaje hiper realístico del *travelogue* intenta la re-construcción de la experiencia perceptual de viajar a través de la simulación de estímulos sensoriales externos como las tecnologías estereoscópicas y formatos de pantallas panorámicas mientras que el *travelogue* autobiográfico parece expresar los aspectos internos perceptuales de la experiencia de viajar, mediante ángulos de cámara, voz en off con tonos reflexivos y en algunos casos usando un lenguaje de cámara antropomórfico. Esto se relaciona con el cambio progresivo en la historia del documental hacia la introspección y la subjetividad (Bruzzi, 2006:4). Segundo, la mayoría de los *travelogues* usan una narrativa episódica caracterizada por la sucesión de escenas conectadas a través de la travesía misma, a menudo en orden cronológico formando un itinerario y siguiendo un orden claro de puntos geográficos. Una excepción a esta regla podrían ser los documentales de viajes experimentales. A pesar de ser una forma poco usual, el *travelogue* experimental tiende a romper con el orden cronológico y la estructura del itinerario. Ejemplos de esto son filmes como *Passagen* de Lisl Ponger (1996), *Gone Troppo* de Nicholas Nedekopoulos (1984) *The Men Who Couldn't Feel and Other Tales* de Joram Ten Brink (1997), *Motel to Motel* de Ryan Stec y Veronique Couillard, *400 Series* de Leslie Peters, las películas de viajes como *Sahara Mosaic* (2009) y *In the Absence of Light, Darkness Prevails* de Fern Silva.

La evolución de las películas documentales sobre viajes y la teleología del realismo cinematográfico

La conexión entre el realismo y el *travelogue* va más allá de su categorización como un sub-género del documental y tiene que ver con las convenciones estilísticas usadas para representar la experiencia humana de movimiento en el cine. Desde sus primeras apariciones en los inicios del cine, el *travelogue* ha tratado de recrear la experiencia perceptual de viajar. Las películas de viajes fantasma ejemplificados por *Los Viajes de Hale* mostraban escenas de viajes en la pantalla, en cines equipados con asientos que se movían y en algunos casos se usaban aromas dispersos entre los espectadores para complementar el espectáculo. El impulso de recrear la percepción humana a través de medios multi-sensoriales es evidente también en las imágenes estereoscópicas del siglo XIX, las cuales intentaban imitar la percepción espacial a través de imágenes tridimensionales (Crary, 1990). Me refiero a estos intentos de recrear la experiencia sensorial como el impulso mimético en la historia del *travelogue*. Avances en tecnologías digitales tales como IMAX y IMAX 3D han proporcionado a

la historia del *travelogue* un progreso hacia el realismo, lo que traza un paralelo con los escritos de André Bazin en su ensayo *El Mito del Cine Total* (1967).

Las ideas de Bazin sobre el incremento progresivo del realismo en las artes visuales que culminó con la reproducción mecánica de la realidad en la fotografía y el cine cambió la manera en la que pensamos acerca de la relación entre los medios y la realidad. Desde el surgimiento del cine digital y el video, las teorías del cine han argumentado acerca de la confrontación de las teorías cinematográficas Bazinianas con tecnologías como IMAX 3D y sistemas de realidad virtual. Además, las tecnologías digitales han re-formulado nuestras actitudes hacia el realismo. La aparición de películas digitales y el video han señalado la desaparición de la indexicalidad como la evidencia material de la realidad. Además la manipulación digital de filmes en la post producción digital, ha priorizado la simulación de realidades construidas que son independientes de sus referentes.

La relación entre el *travelogue* y el realismo puede ser expresada de dos formas. La base del *travelogue* es que siempre simula algún “otro sitio” localizado en la realidad. Los documentales de viaje representan lugares que existen en el mundo y son constituidos en un sentido material y espacial. Como género, los documentales de viaje se han dedicado a desarrollar una relación específica con su audiencia, han funcionado como una puerta de entrada a múltiples locaciones, con una *diegesis*⁴ adscrita enteramente al mundo real. Al mismo tiempo, ha provisto con cada filme una entrada a realidades distantes, contribuyendo al mapeo del mundo en la imaginación del espectador, lo que ha ayudado en la producción de mitos sobre lugares y culturas lejanas, de lo exótico y lo desconocido. Los documentales de viaje construyen también espacios virtuales que aparecen como lugares presenciales. Dudley Andrew describe la inmediatez de la imagen cinematográfica:

En el gran volumen de un teatro oscuro el espectador observa fijamente y reflexiona sobre las imágenes de un mundo que está al mismo tiempo en otro sitio y presente en su rastro visual (2004: xvii).

En este sentido, las películas constituyen una parte de nuestro mundo real y específicamente situado, aunque como Steven Shaviro afirma, sabemos que hoy vivimos en un mundo de simulacros (2007:66). Los teóricos del cine han argumentado por más de dos décadas acerca de la relación entre la realidad y la representación, una noción clave en los estudios del cine documental. Una postura común nos dice que las realidades retratadas en filmes documentales -aunque ellos mantienen una relación más cercana a la realidad que las películas de ficción- sólo pueden ser vistas como interpretaciones subjetivas construidas por el cineasta (Heider 1976; Bruzzi, 2006; Staples, 2006). Teorías como la de Gabriel F. Giralt argumentan que la rea-

⁴ Diegesis: palabra en inglés que se refiere al mundo (ficticio) en que las situaciones y eventos narrados ocurren.

lidad ya no es algo que puede ser capturado, pero sí algo que puede ser construido (2010:3). La noción de la realidad se ha vuelto elusiva y variable. Los defensores del poder representacional del cine documental argumentan lo contrario. Stella Bruzzi escribe:

Reiteradamente invocado por la teoría documental es la noción idealizada, por un lado, del documental puro en el cual la relación entre la imagen y lo real es simple, y por otro lado, la misma imposibilidad de esta aspiración³ (Bruzzi, 2006:5).

En su influyente libro *New Documentary* Bruzzi nos recuerda que la realidad sí existe y que puede ser representada en una película (Bruzzi, 2006:5). En un tono similar, para Bazin la realidad era algo que podía ser capturado e impreso en una película. Sus ideas sobre el realismo progresivo de las artes visuales que parecen culminar con la invención de la reproducción mecánica de la realidad en el cine aparecen más atractivas si consideramos las tecnologías híper realísticas de hoy, como los megapíxeles en fotografía digital, “full” y ultra HD (alta definición) y los constantes incrementos en la resolución de píxeles³ en cine digital⁵, así como los formatos inmersivos de alta resolución como las películas IMAX. Las tecnologías cinematográficas han incrementado el realismo en el sentido de que ofrecen una mayor definición, mayor fidelidad de sonido e intentos cada vez más sofisticados de recrear la realidad como nunca antes. La teleología de Bazin del realismo cinematográfico en *El Mito del Cine Total* (*The Myth of Total Cinema*, 1967) resuena con estos avances tecnológicos y nos invita a cuestionar no solo la evolución del cine y su lenguaje sino también las maneras en las que habitamos estos mundos digitales.

Los *travelogues* son considerados una forma de cine documental porque retratan un mundo que existe físicamente. A pesar de esto, su relación con la realidad no solo trata sobre su representación, o en términos de Louis Poulriot y Paul S. Cowen, sobre su realismo factual⁶ (2007:244). Aquí, distingo tres categorías principales en el género de películas de viaje documental, cada uno asociada a una forma particular de realismo. La primera es el *travelogue* híper-realista que se asocia a una forma perceptual de realismo, la segunda es la representación del viaje en primera persona, asociada con la concepción del realismo como autenticidad y la tercera es el estilo de documental tradicional, el cual está relacionado con formas factuales de realismo. Brevemente describiré estas categorías.

El *travelogue* híper realístico incluye documentales de viaje antiguos como *Los Viajes de Hale*, las películas IMAX y IMAX 3D. Este tipo de *travelogue* intenta recrear

5 Uno de los últimos avances en tecnología cinematográfica son las cámaras Lytro de cine, con 755 megapíxeles que pueden captar hasta 300 fotogramas por segundo.

6 De acuerdo a Poulriot y Cowen, el concepto de la percepción realismo tiene dos lados, el aspecto factual que corresponde si los eventos representados en el filme existen en el “mundo real” y el grado en el cual los eventos son verosímiles o convincentes. (2007:244).

experiencias corporizadas a través del lenguaje cinematográfico. Su realismo perceptual puede ser visto en el uso de tecnologías extra filmicas⁷ que estimulan los sentidos del espectador y generan un alto grado de inmersión en el espacio filmico. La segunda categoría de *travelogue* se caracteriza por el uso de narrativas personales. Podemos asociar una forma particular de realismo a la voz en primera persona de las películas de viajes. Este tipo de realismo confiere un grado de autenticidad a este modo de narración al expresar la individualidad y articular experiencias privadas como públicas. El carácter autobiográfico de la narración en primera persona ha definido el género del *travelogue* a través de su historia. Desde su aparición como forma literaria, la narrativa del *travelogue* ha sido caracterizada por ser personal, episódica, con un estilo diarístico que es independiente de toda trama o progresión narrativa (Ruoff, 2006:11). La voz en primera persona fue una parte esencial de las conferencias Victorianas sobre viajes, las cuales eran narradas por el viajero mismo. Durante la era Victoriana, estas conferencias se caracterizaban por la interpretación en vivo del viajero, quién narraba la historia mientras mostraba fotografías y películas cortas para ilustrar sus aventuras. El narrador era una parte importante de la atracción, más importante aún que el tema en cuestión (Peterson, 2013:24). El espectáculo en vivo de la narrativa en primera persona ayudó a construir al narrador de viajes como una persona pública y le dió a las historias un carácter de autenticidad (Peterson, 2013:24). Uno de los primeros conferencistas de viajes y de los más famosos es Burton Holmes, quien introdujo imágenes con movimiento en sus shows en 1898 (Ruoff 2006). Una década después, la narración se empezó a separar del discurso en vivo y fue incorporándose a la diégesis del filme en la forma de subtítulos (Altman, 2006:76). Durante la década de 1930, el surgimiento de tecnologías de sonido sincronizado en el cine, permitió a los cineastas grabar la voz sobre las imágenes de la película. Con esto, la presencia física del viajero desaparecía del espectáculo del *travelogue*, pero la dinámica de mostrar imágenes mientras se narra una historia se convertiría en una técnica omnipresente en el cine documental. La narrativa personal seguiría siendo una pieza clave de los documentales de viaje durante toda su historia y se diseminaría hasta la época actual en los medios digitales contemporáneos. Esto es evidente en la proliferación de videos caseros y turísticos en las redes sociales. La narración en primera persona también está presente en los ensayos subjetivos de los documentales de viaje, los cuales recrean el mundo personal del cineasta. Películas como *Los Espigadores y Yo* (*Les Glaneurs et la Glaneuse*, 2000) de Agnès Varda, *Sin Sol* (*Sans Soleil*, 1983) de Chris Marker y *Carta de Siberia* (*Lettre de Sibérie*, 1957). La locución en estas películas representa el mundo interno del narra-

7 Me refiero a tecnologías extra cinematográficas como dispositivos externos para los estímulos audio-visuales involucrados en la película. Son ejemplos los asientos móviles, aromas, luces en el teatro o simulación de viento en teatros 3D y 4D.

dor y expone un acercamiento más reflexivo que los *travelogues* tradicionales. Estos filmes parecen recrear el campo visual del cineasta a través de ángulos de cámara subjetivos, con lo cual provén al espectador un punto de acceso, no solamente a los lugares o destinos de viaje, sino al mundo corporizado del cineasta. Algunos documentales de viaje subjetivos dan un paso más allá en la representación del espacio personal y el lenguaje corporal tales como *Elegía de un Viaje (Elegiya Dorogi, 2001)* de Aleksandr Sokurov, la cual adopta un estilo antropomórfico en términos de movimientos de cámara, para imitar el movimiento del cuerpo humano.

La narrativa personal es uno de los rasgos más consistentes en los documentales de viaje. Después de que el estilo documental de John Grierson se diseminara, los *travelogues* se alejaron del carácter autobiográfico para acercarse a narrativas impersonales y en tercera persona, tales como la voz en *off* y la cámara con “ojo de mosca”. Este estilo de documental parecía representar la realidad desde un punto de vista imparcial y fue percibido como veraz y objetivo. Sin embargo, su autoridad para representar la realidad fue cuestionada durante la segunda mitad del siglo XX, una época que fue testigo del cambio de métodos observacionales hacia enfoques auto-reflexivos en el cine documental. Este estilo de documental de viaje es el más extendido en series de televisión y películas como las de la BBC, BBC Earth, National Geographic, Discovery Channel y History Channel. Este tipo de *travelogue* utiliza el estilo clásico de narración documental en tercera persona e intenta presentar un enfoque objetivo basado en la comunicación pública de la ciencia. Estos documentales de viaje tienden a representar la voz del conocimiento objetivo y científico. Están asociados con una forma factual de realismo y la representación de eventos y lugares reales. Incluyo en esta categoría las primeras grabaciones de ciudades sin intervenciones narrativas así como documentales de viaje sobre naturaleza, etnográficos y antropológicos. Se puede ver como cada categoría de películas documentales de viaje o *travelogue* expresa una forma diferente de realismo y una relación diferente con la realidad.

Hacia la fenomenología del Cine

El debate sobre el concepto de realismo tiene su origen en la cuestión filosófica sobre lo que puede ser considerado real y de lo que constituye la realidad. Este debate apunta hacia la tensión que existe entre la percepción subjetiva o la concepción de la realidad como algo que solo se puede conocer a través de los sentidos y la noción de la realidad como algo material, tangible y concreto. En fenomenología, la conceptualización del mundo como una subjetividad vivida es explorada en el concepto de *Lebenswelt* (el mundo vivido) de Edmund Husserl (1973 [1913]). Se refiere a la realidad como un mundo de significados compartidos y percepciones multi-subjetivas. Es el origen o más bien, el horizonte de la experiencia humana.

La fenomenología de Husserl concibe el mundo como algo hecho de fenómenos y de apariencias. Además, concibe la naturaleza de la realidad como una experiencia subjetiva y perceptual (Bruzina, 2012:225). Husserl es conocido como el creador del método fenomenológico, uno de los grandes logros de su trabajo fue el concepto de intencionalidad el cual se refiere a la naturaleza de la conciencia como una estructura correlativa⁸ (Husserl, 1973; Sartre, 1943; Heidegger, 1927, Sobchack, 1992). De acuerdo con Husserl, la intencionalidad está localizada en el ego trascendental, algo que Maurice Merleau-Ponty debatiría en su trabajo *La Fenomenología de la Percepción (Phénoménologie de la Perception, [1942] 1962)*. El trabajo de Merleau-Ponty coincide con la idea de Husserl de que la intencionalidad es la estructura correlativa de la conciencia aunque Merleau-Ponty argumenta que la intencionalidad no está localizada en un sujeto sin cuerpo y trascendental, sino en un sujeto encarnado, corporizado, situado y perceptivo (Merleau-Ponty, 1962; Sobchack, 1992:32). Para Merleau-Ponty la estructura correlativa de la percepción no es un proceso estático entre noesis y noema, sino una estructura dinámica significativa entre sujetos corporizados que existen en el espacio y el tiempo (Merleau-Ponty, 1962). Para Merleau-Ponty, el movimiento humano es una de las formas más básicas de la intencionalidad, el argumenta que la conciencia es ser mediante el cuerpo, el cual extiende direccionalmente su atención hacia un objeto. Estas ideas son evidentes en su libro *La Fenomenología de la Percepción* (1962), el cual se enfoca en la dimensión performativa del cuerpo a través de procesos perceptuales. La fenomenología es parte de la filosofía existencial que ha sido criticada desde la década de 1960 en adelante por llevar la carga del humanismo liberal con sus enfoques esencialistas e idealistas, los cuales habían fallado en situar su análisis en contextos históricos y sociales. Sin embargo, debates recientes en teorías cinematográficas han retomado la fenomenología para teorizar el cuerpo como un sitio de percepción y significado. Un problema epistemológico con la aplicación de la fenomenología en los estudios cinematográficos es su intento de equiparar el marco conceptual de la fenomenología, el cual se basa en la percepción humana con una fenomenología del cine. La pregunta sobre cómo aplicar la fenomenología lidia con la confrontación entre dos modos de percepción: humana y filmica. Esto puede observarse en el trabajo de Vivian Sobchack y su apropiación de la fenomenología de Merleau-Ponty en los estudios cinematográficos (Sobchack, 1992, 2004).

El resurgimiento de la fenomenología en la teoría cinematográfica parece reaccionar contra los análisis tradicionales del cine basados en el estructuralismo y el psicoanálisis, como en el trabajo de Christian Metz o Jean-Louis Baudry (Sob-

⁸ Husserl desarrolló un modelo para el análisis de procesos perceptuales. El método involucraba el *bracketing* (horquillado, también conocido como reducción fenomenológica) de suposiciones y actitudes naturales, respecto a un objeto en orden de revelar su “esencia”. La famosa frase de Husserl: “a las cosas por sí mismas” se refería a esta idea (Husserl, 1960:12-13). Separando los actos de los objetos de la conciencia, las reducciones de Husserl involucraban tres fases: *epoché* (la suspensión), reducción eidética y *bracketing* total (horquillado total). En esta última etapa el mundo vivido (en alemán *Lebenswelt*) es aislado y la única cosa que permanece es la conciencia misma. (Sobchack, 1992:37) En palabras de Sobchack, lo que queda es “la correlación de la intencionalidad, la estructura de la conciencia extendiéndose hacia un fenómeno específico” (Sobchack, 1992:37).

chack, 1992). De hecho, la tensión entre el estructuralismo y la fenomenología puede remontarse a los escritos de Bazin, quien fue influenciado por la fenomenología de Jean-Paul Sartre. La fenomenología Bazianiana del cine enfrentó un severo criticismo desde 1968, en una época durante la cual el proyecto del estructuralismo se extendía influenciando gran parte del trabajo en la crítica del cine. Como una respuesta a los altibajos políticos de la época, el enfoque estructuralista se interesó en analizar los aspectos sociales del cine más que en su estética. La concepción fenomenológica de la realidad como algo percibido a través de la experiencia directa era especialmente problemático para el enfoque estructuralista. En contraste al estructuralismo, el enfoque fenomenológico en los estudios de cine ha intentado analizar el significado del cine como un fenómeno vivido, corporizado en un sujeto de visión que está anclado en el mundo mediante su experiencia y percepción (Sobchack, 1992). El análisis tradicional del cine, como en los enfoques estructuralistas y psicoanalíticos tienden a describir la experiencia filmica como “monológica”, a menudo tratando al espectador como un recipiente material (Sobachack, 1992:271). El enfoque fenomenológico de la experiencia cinematográfica involucra la conceptualización de un modelo de espectador dinámico, en el sentido en que concibe al espectador no como un recipiente pasivo de imágenes sino como un ser sensible, dinámicamente comprometido con la experiencia filmica.

El realismo de André Bazin

Aunque Bazin constantemente escribió sobre el realismo en el cine, sus puntos de vista sobre la relación entre la realidad y las películas se pueden considerar como pragmáticas en lugar de estar fijados en un modelo conceptual único. El realismo de Bazin se deriva de la semejanza del cine a la percepción natural. Algunas de sus ideas fueron claramente inspiradas en la fenomenología existencial como la participación del sujeto en la construcción de la realidad y la noción de la realidad como percepción subjetiva (Rosen, 2003: 43). En otras palabras, Bazin concibió la realidad como cognoscible sólo a través de la percepción (Andrew, 1973: 64). Philip Rosen escribe: “Para la fenomenología, las relaciones del sujeto hacia la “exterioridad” son definitivas y Bazin casi siempre puede ser leído como el análisis del estado de lo objetivo para el sujeto” (2003: 44). En este sentido, según Bazin la realidad sólo puede ser conocida a través de la intencionalidad del sujeto. Bazin también pensó que la realidad era algo que se podía registrar en una película y algo que también podría ser emulado a través del estilo estético y técnicas cinematográficas. Bazin privilegió las tomas largas y la fotografía de profundidad como recursos estilísticos que recrean con mayor fidelidad la realidad perceptual. Bazin también criticó la técnica del montaje, ya que altera lo que consideraba el registro

automático de la realidad (1967). Un uso intensivo del montaje en una película significaba que era abiertamente fabricada porque la edición altera la duración natural del tiempo, algo que Bazin también valoraba. En *La Evolución del Lenguaje del Cine* (*The Evolution of the Language of Cinema*, 1967) Bazin escribe que la composición de profundidad, o la composición de una escena en múltiples planos permite un reemplazo del montaje y expresa “el respeto a la continuidad del espacio dramático y, por supuesto, de su duración” (1967: 34). La duración es un elemento que revela el tiempo tal como se vive y por lo tanto puede ser más fiel a la realidad. Para Bazin, la profundidad de campo cambia la forma en la que los espectadores experimentan una película, y hace que la representación filmica sea más natural o más similar a la continuidad de la percepción humana como se vive fuera del cine. Se puede observar cómo las ideas de Bazin provienen de una observación sobre los procesos de percepción y las maneras en que vivimos y percibimos el espacio en la vida real. En la percepción natural, podemos ver escenarios enteros dentro de nuestro campo visual a diferencia del recorte visual que se produce necesariamente en la experiencia cinematográfica. Fuera del cine, experimentamos simultáneamente señales visuales (y auditivas) que construyen nuestra percepción de múltiples planos del espacio. Esto puede ser imitado -sólo hasta cierto punto- a través del lenguaje cinematográfico y la fotografía en profundidad. Al proporcionar varios planos a la vista, el espectador obtiene una sensación de ambigüedad y es capaz de elegir en dónde enfocar su atención, algo que también realizamos en la percepción natural.

La historia del cine es una historia de discontinuidad, hecha de múltiples prácticas. Jean-Louis Comolli critica la tendencia en los estudios de cine de escribir la historia en términos de sus emergencias, es decir, de las primeras apariciones de tecnologías y estilos (Comolli, 2015 [1971 a 1972]: 425). Es evidente que la base tecnológica del cine implica necesariamente el descubrimiento constante de nuevas tecnologías, así como de técnicas que cambian la forma en que se producen las películas. La constante transformación de las tecnologías del cine y su lenguaje también ha cambiado los modos de ver del espectador a lo largo de la historia del cine. Por lo tanto, es necesario, con el fin de entender cualquier práctica actual, rastrear sus orígenes y localizar los discursos de los cuales surge. Comolli sostiene que el análisis de un proceso técnico, aislada de su contexto (por ejemplo el primer *tracking shot*, o el primer acercamiento en *close-up*) lo aísla de otras prácticas contextuales y automáticamente lo convierte en un objeto ahistórico (Comolli, 2015 [1971 -72]: 430). El razonamiento detrás de esta idea es la concepción del cine y para el caso, de cualquier práctica cultural, como el resultado de un contexto social y económico. La postura de Comolli nos dice que todas las técnicas en el cine son ante todo, ideológicas. De este modo, se entiende que las condiciones sociales y económicas

que dan forma a cualquier técnica específica, regulan las funciones y significados de la misma (Comolli, 2015 [1971-72]: 431). Este enfoque fue una postura común durante la década de 1970, cuando los disturbios políticos de 1968 aún resonaban a lo largo y ancho de las Humanidades, lo cual fomentó una tendencia hacia el proyecto post-estructuralista. En la opinión de Comolli, el realismo natural atribuido al cine, es el resultado de un proceso de codificación, un ejemplo de esto es la ilusión de profundidad. Comolli discute el uso de lentes de distancia focal medio usado en los primeros 20 años de cine, escribe:

Lo que tenemos que preguntarnos, por lo tanto, es precisamente la razón por la cual sólo se utilizaron estas longitudes focales “medianas” durante los primeros veinte años del cine. No veo ninguna razón más pertinente que el hecho de que se restauró la relación espacial en la cual correspondían a una “visión normal” y que por tanto, jugaron su papel en la producción de la impresión de realidad a la que el cinematógrafo debía su éxito. Estas lentes por lo tanto fueron dictados por los códigos de la analogía y el realismo (otros códigos correspondientes a otras demandas sociales habrían producido otros tipos de lentes) (2015 [1971-72]: 433).

En esta línea de pensamiento, el cine es un instrumento ideológico destinado a reproducir la realidad como experiencia visual. Para Comolli, la profundidad de campo es un factor determinante en la reproducción de la realidad perceptual (Comolli, 2015 [1971 a 1972]: 434). Durante las primeras décadas del cine, predominaban las producciones dentro de los estudios, lo que significaba que las películas eran producidas en interiores, relegando la profundidad de campo de la fotografía a un elemento ornamental que mostraba, usualmente, un paisaje de fondo (Comolli, 2015 [1971 a 1972]: 438). Pero, según Comolli existía el deseo en los espectadores, de encontrar en la imagen cinematográfica una similitud mayor a la realidad perceptual de la vida misma. Para esto, era necesario utilizar lentes que pudieran mostrar mayor profundidad (1980: 129). Como puede verse, cada avance en la tecnología no es meramente técnico, sino ideológico, y en el caso del cine estos avances corresponden con un interés en el realismo (Comolli, 1980: 131).

Es evidente el deseo del espectador de encontrar en el cine una percepción similar a la vida, en este sentido, un realismo inmersivo en términos de percepción del espacio y la profundidad. Además el cine también representaba la posibilidad de registrar la realidad objetivamente, esto es visible en las ideas de Andre Bazin. Para Dudley Andrew la idea principal en las teorías del cine de Bazin es la “objetividad del cine” (1973: 64). En su opinión, la película está más allá de la percepción subjetiva, ya que puede funcionar como un registro de la realidad (Andrew, 1973: 64-65). Sin embargo, Andrew insiste en que esto no significa que Bazin concebía

la realidad como preexistente, escribe: “En este punto de vista la realidad no es una esfera completa que la mente encuentra, sino “algo emergente” en donde la mente participa” (Andrew, 1973: 64). Para Richard Rushton las posiciones teóricas de Bazin han sido abiertamente simplificadas a lo largo de los años (2011a, 2011b). Rushton resume la interpretación común de las ideas de Bazin sobre el realismo de este modo:

En resumen, las películas deben tener como objetivo reproducir las condiciones de percepción natural y como resultado, las películas corresponderán con la realidad. Todo lo que un cineasta necesita hacer es apuntar una cámara hacia el mundo, mantener la cámara rodando y el resultado será sin duda real, y mediante el tiempo y el espacio proporcionados por la profundidad de campo y la toma larga, la realidad será libre de rendir su belleza y misterio. (Rushton, 2011b: 42)

Rushton sostiene que Bazin no concebía el cine como una representación de la realidad, sino más bien como la realidad misma (2011b: 44). Por mi parte, argumento que el concepto de realismo se basa en la división conceptual entre el mundo real y su representación, aun cuando paradójicamente, su representación constituye también una parte de la realidad. La idea del realismo en el cine traza necesariamente una frontera entre la materialidad de los objetos y las cosas en el mundo y su apariencia trazada como imágenes en una película. Según Rushton, si la tarea del cine es la de representar la realidad, entonces las películas están limitadas a ser copias o imitaciones del mundo profilmico (2011b: 45). En *El Mito del Cine Total* (1967) Bazin se refiere a ese punto imposible en donde la película parece tan real como el mundo real (Rushton, 2011b: 45). Para Rushton, la imposibilidad de una representación completa del mundo se basa en una lógica que concibe a todos los medios como inadecuados para representar plenamente la realidad (2011b). Este discurso también concibe la realidad como cruda, pura, material y constituida antes de la percepción, sin mediación e independiente del sujeto que percibe. Para Rushton, nuestros sentidos actúan como una mediación entre esta realidad cruda y nuestro cerebro, de manera que la realidad está siempre mediada por nuestra percepción sensorial (2011b: 46).

Montaje, profundidad de campo y la toma mucho tiempo en el documental de viaje

En *Las Virtudes y Limitaciones del Montaje* (1967) Bazin escribe sobre el uso del montaje en el documental. Según Bazin, el objeto del documental es presentar los hechos para un público que espera ver imágenes de los eventos desarrollándose en forma natural delante de la cámara (Bazin, 1967). La reconstrucción de la realidad se justifica en el caso de los documentales didácticos o documentales sobre aconte-

cimientos históricos destinados a ilustrar eventos en lugar de reportarlos (Bazin, 1967: 6). Bazin describe *Nanook* como una película romántica, un tipo de película que deriva su importancia, en parte, de la “integración de lo real y lo imaginario” (Bazin, 1967: 6)

Si definimos el realismo baziniano como una mezcla de tomas largas y de composiciones de profundidad, no tardaríamos en llegar a la conclusión de que las películas *travelogue* suscriben a esta estética. Sin embargo, para Bazin la toma larga y la profundidad de campo funcionan como instrumentos narrativos. En las películas *travelogue* estas técnicas a menudo funcionan como herramientas para llevar la continuidad espacial y temporal, independiente de la progresión de la narrativa. Por ejemplo, un elemento principal de los *travelogue* es la fotografía de paisajes, que implica el uso de la profundidad de campo. Pero en el *travelogue*, a diferencia del cine clásico de Hollywood, tan venerado por Bazin y ejemplificado por la película *Ciudadano Kane*, la representación de la profundidad espacial en el *travelogue* tiene más que ver con mostrar el paisaje para brindar una sensación de distancia que para servir a un propósito narrativo. En *Ciudadano Kane*, la profundidad de campo sirve para mostrar múltiples escenas en primer, segundo y tercer plano, lo que contribuye al desarrollo de la historia. En las películas *travelogue*, la narrativa es a menudo secundaria a la presentación visual de lugares y a la simulación visual de movimiento a través del espacio físico. En otras palabras, la profundidad en la fotografía se utiliza a menudo en el *travelogue* para transmitir la sensación de movimiento, pero no como un recurso narrativo. Por ejemplo, las tomas largas conocidas como *travellings* en las películas *travelogues* con formato IMAX 3D funcionan para presentar múltiples planos visuales desde la perspectiva de una cámara en movimiento, pero rara vez sirven de estructura a la continuidad de la narración.

En *Las Virtudes y Limitaciones del Montaje* Bazin discute el uso de la profundidad en la fotografía en *Nanook El Esquimal*, específicamente en la escena cuando Nanook caza a la foca, mientras se muestra a los cazadores en la orilla tirando de la foca que intenta escapar hacia el mar (1967). Bazin hace hincapié en la importancia de respetar la “unidad espacial de un evento”, que es a la vez evidente y necesaria (1967). Un evento siempre implica un rango particular de las relaciones espaciales, todos los cuales deben ser capturados en una sola toma. Esto, cuando al cineasta le interesa mostrar el evento completo. En estos casos, la cinematografía de enfoque profundo no es tanto una cuestión de narración simultánea sino una cuestión del tamaño del espacio que ocupa la acción que sucede dentro del cuadro de la imagen. Por el contrario, hay escenas en las que hay una acción primaria sucediendo en el primer plano de la imagen y una acción secundaria sucediendo en el fondo, ambos complementando y enriqueciendo la narración.

El uso de montaje como una técnica en el lenguaje cinematográfico ha cambiado y evolucionado a lo largo de la historia del *travelogue*. Los primeros *travelogues* en el periodo conocido como cine de atracciones, mostraban en su mayoría, una preocupación por grabar imágenes en movimiento sin importar buscar formas nuevas de lenguaje cinematográfico. Este es el caso de muchos carretes de archivos de los principios del siglo 20, en el que la novedad del medio del cine era la atracción principal. Ejemplos de esto son la serie de películas *China Moderna* (en el pintoresco Pekín, 1910), *Nankin Road, Shanghai* (1901), *Escenas antigua calle de Londres* (1903). Aun cuando había una necesidad de proporcionar algún tipo de continuidad en las escenas, los primeros *travelogues* no siempre eran consistentes en términos de montaje. Por ejemplo, las películas exhibidas en *Los Viajes de Hale* no tenían ninguna continuidad en cuanto al punto de vista de la cámara; las tomas grabadas desde el frente de un tren en movimiento serían seguidas por tomas grabadas desde un lado del tren, o de paisajes estáticos (Rabinovitz, 2006: 50). En este caso, la falta de montaje actuaba en contra de los implementos extra-cinematográficos empleados para brindar a los espectadores un sentido de realismo. En diarios de viaje experimentales, el montaje ha funcionado como una herramienta creativa que ayuda a romper con la estructuras narrativas tradicionales. Los *travelogue* en formato IMAX han ido dejando el montaje al utilizar cada vez más tomas continuas que ilustran el flujo continuo de cámaras en movimiento, como encuadres aéreos tomados desde aviones, helicópteros y grúas.

Uno de los primeros usos del montaje en los *travelogue* surge de la necesidad de representar la continuidad del viaje de un personaje en una narración. En los *travelogues* etnográficos, el uso de un personaje principal (que no sea el mismo viajero antropólogo o cineasta) es una estrategia utilizada para representar historias sobre la *otredad* cultural. Esto ha implicado a menudo la recreación de espectáculos culturales y su consecuente ficcionalización. Este es el caso en películas como *En la Tierra de los Cazadores de Cabezas* (*In the Land of the Headhunters*, 1914) de Edward S. Curtis y *Nanook, el Esquimal* (*Nanook of the North*, 1922) de Robert Flaherty. En estos documentales, el montaje sirve para unir las historias de los personajes principales, que eran actores no profesionales interpretándose a ellos mismos. La producción de películas etnográficas ha supuesto la articulación y la descripción de la *otredad* cultural y racial en un intento por revelar nuevos conocimientos sobre estos grupos sociales a través de la representación de sus formas de vida, costumbres y rituales. Al observar estos documentales, es importante tener en mente que la intervención del director y de la presencia de la cámara tienen un efecto que distorsiona las realidades que están tratando de documentar. En el momento de su lanzamiento, tanto *Nanook* y *Headhunters* fueron promovidos como relatos auténticos, aun cuando ambas producciones fueron intensamente dirigidas.

El uso del montaje en el cine documental ayuda a crear continuidad, también puede ayudar a construir una progresión narrativa en la trama. En el cine documental la construcción de una trama narrativa a través del montaje usualmente indica que las escenas fueron seleccionadas y ordenadas de una manera particular. El proceso de edición implica necesariamente la jerarquización del material de archivo. Durante este proceso el director o el editor determinan cuáles tomas sirven al interés de la película y cuáles tomas deberán ser cortadas. Por lo tanto, la producción del montaje siempre indica un proceso de selección que puede actuar en contra de la autenticidad percibida de la película. De este modo, la ilusión de la realidad disminuye debido a que la intervención del director se hace evidente. Los estilos del *direct cinema* parecen aumentar la ilusión de realismo, ya que el estilo de rodaje aparece como si estuviéramos entrando directamente en una realidad no-intervenida.

La toma larga es una parte importante del realismo Baziniano, principalmente debido a que la larga duración permite que las escenas se desenvuelvan en su propio tiempo. En este sentido, la duración obliga al espectador a presenciar el tiempo tal como se vive. De acuerdo con Tiago de Luca, la toma larga es una tendencia en el mundo del cine que hace hincapié en la fisicalidad de los cuerpos y de los paisajes y se asocia a un realismo de los sentidos (2011: 43). Imágenes de vastos espacios son una parte clave del género *travelogue*, algo que también está presente en géneros de vaqueros y la película de carretera o *road movie*, los cuales poseen una estrecha relación con la fotografía del paisaje (De Luca, 2011: 46). De Luca se refiere a este estilo como el realismo visionario, una forma de realismo que no se trata de copiar la realidad, sino que expresa la experiencia perceptiva de la misma, su fenomenología (2011: 50). Yo uso el término realismo perceptual en lugar de realismo visionario, por que refleja una experiencia más inter-sensorial, en lugar de hacer referencia a un solo sentido. La toma larga en el cine de arte y el cine independiente se utiliza como una medida que responde a las escenas de acción, sobre-estimulantes que encontramos en las películas de Hollywood. Una toma lenta y larga puede verse como una estrategia crítica en contra de las narrativas pre-empaquetadas del cine comercial. Es una técnica que presenta una forma alternativa de habitar y de percibir el espacio y el tiempo fílmico. Para De Luca, un ejemplo típico de una toma larga en el cine es el carácter solitario vagando a través de un paisaje desierto. De Luca escribe: «Carente de matices psicológicos, interminablemente camina y vagabundea, a menudo sin rumbo, lo que impide la interacción narrativa en favor de la experiencia fenomenológica y sensorial' (2011: 43). La expresión de modos de pensar contemplativos, la soledad y las búsquedas espirituales se materializan visualmente a través de la yuxtaposición de la figura humana contra los paisajes amplios y abiertos. Estas imágenes simbolizan la disposición interna del sujeto ha-

cia el mundo, un encuentro con la grandeza de los espacios abiertos, el miedo y la fascinación que provoca su presencia. Esta estética de la naturaleza es reminiscente de las ideas de Edmund Burke sobre lo sublime y lo hermoso (1756). Un discurso estético a menudo utilizado por los cineastas que exploran la experiencia del viaje como Peter Mettler *El Final de los Tiempos* (*The End of Time*, 2012) y *Retrato de la Luz* (*Picture of Light*, 1994); *Elegía de un Viaje* (*Elegiya Dorogi*, 2001) de Aleksandr Sokurov, *La Sal de la Tierra* (*Salt of the Earth*, 2014) de Wim Wenders y el *travelogue* de ciencia ficción *Fata Morgana* (1971) de Werner Herzog, *Encuentros en el Fin del Mundo* (*Encounters at the End of the World*, 2007), *The Wild Blue Yonder* (2005) y *La Rueda del Tiempo* (*The Wheel of Time*, 2003).

El realismo factual, la indexicalidad y Bazin

Para Bazin, la forma en que la luz se imprime en la película es la parte esencial de la conexión de la película con la realidad. A pesar de que nunca utilizó el término, la indexicalidad de la imagen fotográfica fue un punto clave en su concepción de la reproducción mecánica de la realidad objetiva, que para Bazin, permitió que el mundo pudiera ser capturado en el celuloide. En *La Ontología de la Imagen Fotográfica* Bazin escribió: “Por primera vez una imagen del mundo está formada de forma automática, sin la intervención creativa del hombre” (1967: 13). Bazin también indicó que la fotografía había liberado a las artes plásticas de su obsesión por la semejanza, del realismo y que había entregado una prueba objetiva de la realidad como algo reproducible (Bazin, 1967: 16). Es importante mencionar que para Bazin, la realidad pertenece a una categoría diferente a la de la imagen cinematográfica, esto es evidente cuando escribe: “El mundo de la pantalla y nuestro mundo no se pueden yuxtaponer” (1967: 108). Bazin creía que había una incompatibilidad básica entre el espacio representado en la película y el espacio en el que vivimos, o que por lo menos pertenecían a dimensiones diferentes. De acuerdo con Dudley Andrew, las ideas de Bazin sobre la naturaleza de la realidad no eran del todo consistentes (1973). Aunque Bazin usaba algunas nociones de los fenomenólogos de su época, como Jean Paul Sartre y Maurice Merleau-Ponty, no creía del todo que la realidad fuera algo que existe a partir de la percepción de la conciencia (1973: 64). La frontera entre la obra de arte concebida como una representación del mundo y el mundo mismo era lo que sirvió de base para la reflexión de Bazin. Andrew escribe: “El conjunto de la teoría cinematográfica de Bazin se puede derivar de su fé en la misteriosa otredad de la realidad externa” (1973: 64). En las últimas décadas, la aparición de las tecnologías digitales ha hecho que las cualidades indécicas de la imagen fotográfica desaparecieran, junto con su referente (Shaviro, 2007; Andrew, 2004). La diseminación de las técnicas digitales para la manipulación de

la fotografía y el cine ha significado que la imagen digital está siempre manipulada, editada o animada (Andrew, 2004). A su vez, la manipulación de la película digital en postproducción ha resultado en la creación de escenas y personajes que aparecen creíble a los ojos y pueden imitar fielmente las condiciones físicas del mundo en términos de iluminación, modelado de formas y paisajes, sin embargo, son objetos que no necesariamente existen en la vida real. Esto es lo que Bazin llamaría pseudo-realismo en *La Ontología de la Imagen Fotográfica* (1960). Bazin lo describe como “un engaño destinado a embaucar al ojo” (1960: 12). Jonathan Friday escribe:

Para explorar la ontología de la imagen fotográfica es, por lo tanto, explorar cómo las fotografías se presentan a la conciencia, y revelar su naturaleza mediante la descripción cuidadosa de lo que son para nosotros en la experiencia. (2005: 340)

Para teóricos como Philip Rosen, el realismo en las artes visuales se concibe como “la impresión de semejanza visual” y es visto como un paso en el desarrollo teleológico hacia la reproducción mecánica (2003: 49). En este sentido, lo que está en juego es la credibilidad atribuida a la imagen de la película, su indexicalidad y su papel como evidencia del evento pro-filmico como una realidad tangible (Rosen, 2003: 49). La indexicalidad de la imagen es como el “testimonio irrefutable” de su imagen (Rosen, 2013: 49). Sin embargo, Rosen afirma que el núcleo mismo de la credibilidad atribuida a las propiedades indécicas de la fotografía no es la huella de luz sobre el celuloide, sino más bien la prueba de la existencia del referente, su presencia en el pasado y el testimonio de cómo el signo fue producido (2003: 50). En otras palabras, es la sensibilización previa del espectador de cómo las imágenes llegaron a existir lo que otorga a la película su factualidad (Rosen, 2003: 51).

Es evidente que Bazin admiraba la conexión del cine con la realidad, en su capacidad para funcionar como un testigo del evento pro-filmico. Para Bazin, la película era un registro de la realidad como ningún otro. Él escribe sobre el documental *Kon Tiki* (1950), una película que registra una expedición realizada en 1947 por científicos de Noruega y Suecia, mientras navegaban por 4 300 millas desde Perú hasta la Polinesia en una balsa primitiva de madera. El objetivo de la expedición era probar que los antiguos polinesios poblaron América del Sur mediante migraciones marinas que hacían cruzando el océano en balsas de madera similares a las que utilizaron en la expedición. El explorador y líder de la expedición Thor Heyerdahl registró el viaje en una película. Él era un cineasta amateur, algo que se aprecia en muchas de las escenas de *Kon Tiki*. Bazin escribió:

Sin embargo, de alguna manera *Kon Tiki* es una película admirable y abrumadora. ¿Por qué? Debido a que la realización de la misma está totalmente

identificada con la acción que se desarrolla imperfectamente; porque es en sí misma un aspecto de la aventura. Esas imágenes fluidas y temblorosas son como la memoria objetivada de los actores en el drama (1967: 161)

Bazin estaba fascinado no solo por el contenido de las imágenes, sino porque eran “la fotografía del peligro”, que servían como testigo de la autenticidad de la expedición (1967: 161). La cámara capturó el viaje en su dimensión más concreta, imprimiendo la materialidad de los hechos reales. Esta idea de la realidad objetiva y material era algo que atraía a Bazin y que se encuentra en la estética de *Kon Tiki* (Rosen, 2003: 44). Sin embargo, cabe notar que el atractivo de esta forma de producción documental no reside sólo en las propiedades indécicas de la película, sino más bien en la inmediatez de su estilo visual, en la ilusión de presenciar el desarrollo de los acontecimientos reales, sin haber sido tocados por la post-producción. Es una característica del estilo de las películas del *direct cinema*, que se hizo popular con la invención de las cámaras portátiles de mano. La película *Maidentrip* (2013) dirigida por Jillian Schlesinger presenta una estética similar. *Maidentrip* retrata el viaje de Laura Dekker, una niña de 13 años de edad que navega alrededor del mundo sola. Dekker utiliza una cámara digital de mano para grabar su experiencia. En la película, a menudo Dekker habla directamente a la cámara mientras narra sus impresiones y las luchas que enfrenta diariamente. La manera en que *Maidentrip* se grabó le otorga a la película un aura de autenticidad. Se hace evidente el papel primordial de la cámara como una herramienta para registrar el viaje. La post-producción parece discreta y no llega a ser tan abiertamente fabricada. Sin embargo, la estructura narrativa que se le dió a la película en la sala de edición construye la película como una aventura y le confiere una estructura dramática a lo que de otro modo sería una secuencia de imágenes temblorosas grabadas sin tripié. Los puntos de tensión son enfatizados mientras tomas sin incidentes se resumen en escenas más cortas. Es obvio que lo que vemos es una versión construida de las grabaciones. Sin embargo, ni la fabricación de la película en la post-producción, ni el hecho de que la película se filmó con una cámara digital disminuye su realismo factual.

La teleología del realismo cinematográfico y el travelogue

Bazin veía la aparición del cine como la culminación de un largo proyecto en las artes visuales que apuntaba a la mimesis completa de la realidad, como es experimentada en la percepción humana (1960). El cine logró lo que ningún otro medio había logrado antes: el registro fotográfico del movimiento a través del tiempo y la re-construcción mecánica de las relaciones espaciales y temporales, como son experimentados por el ojo humano (Shaviri, 1993). Para Bazin, el mito del cine total no es otra cosa que la reproducción exacta de la realidad, “un realismo integral, una recreación del mundo a su propia imagen, una imagen sin la carga de la libertad de interpretación del artista o la irreversibilidad del tiempo” (1967: 21).

Jonathan Crary se da cuenta de que los dispositivos ópticos pre-cinematográficos del siglo XIX, como el taumátropo, el fenaquistiscopio, estroboscopio, zootropo, así como el diorama, el caleidoscopio y el estereoscopio con frecuencia se discuten en los estudios de cine en términos de su desarrollo progresivo hacia una perfecta representación que culmina con la aparición del cine (1990). Crary también señala que tales enfoques tienden a ocultar las características específicas de cada uno de estos dispositivos ópticos (1990: 110). A pesar de que existe una relación consistente entre la aparición de las tecnologías ópticas y cinemáticas y un desarrollo progresivo hacia representaciones cada vez más realistas, cada dispositivo o tecnología óptica presenta una forma diferente de percibir y una relación diferente a la realidad. Hay tres aspectos principales que describen el realismo perceptual de los documentales *travelogue* y la forma en que se relaciona con la teleología Bazaniana del realismo cinematográfico. La ilusión de continuidad, las propiedades kinestésicas de la imagen en movimiento -principalmente cuando se utilizan cámaras en movimiento- y la experiencia de inmersión que proporcionan los formatos de pantalla grande y con mayor resolución.

Desde su aparición en el siglo XIX, las conferencias de viaje de la era Victoriana imitaban los itinerarios de viaje a través de estructuras lineales, basadas en narrativas episódicas que funcionaban como una recreación audiovisual del trayecto del viaje. La narrativa episódica del *travelogue* -por lo general en orden cronológico- proporciona una linealidad a las imágenes que de otro modo no estarían relacionadas entre sí, lo que mimetiza la trayectoria y el itinerario del viajero. Esta continuidad se ha mantenido constante a lo largo de la historia del *travelogue*. De hecho, se convertiría en un elemento esencial en la construcción de la narrativa cinematográfica. La continuidad que hace que las imágenes no relacionadas de viajes se ligan en una estructura coherente está basada en una “lógica de lo visible”, lo que crea una unidad en la causalidad de los eventos proyectados en la pantalla (Auerbach, 2007). Su “unidad diegética”, como sugiere Jonathan Auerbach, crea una ilusión de coherencia entre los momentos espacio-temporales separados que forma -en virtud de la sutura de diferentes tomas- en una continuidad imaginaria alejada del evento filmado (Auerbach, 2007: 85). La articulación de los acontecimientos espacio-temporales en un continuo permite al espectador sentirse inmerso en el flujo fílmico y perceptualmente recrear el viaje.

La introducción de imágenes en movimiento⁹ en las conferencias de viajes de la era Victoriana abrió la posibilidad de representar un elemento crucial de su objeto de estudio: el movimiento a través del espacio físico. La linterna mágica permitió que la conferencia de viajes representara el campo visual del viajero como una mirada en movimiento y proporcionara al público una nueva especie de ilusión

9 En 1898 Burton Holmes introdujo interludios cortos en 60 mm. de imágenes en movimiento a sus conferencias de viaje (Ruoff, 2006).

visual. Inicialmente, la transición de la linterna mágica a imágenes en movimiento en los *travelogues* de Burton Holmes no produjo ningún cambio importante en sus shows, ya que se mostraban sólo como suplementos al final de las conferencias. En 1899 Holmes comenzó a integrar las películas dentro de las conferencias (Musser, 1994). Era una fuente de asombro y emoción para las audiencias del siglo XIX poder presenciar el cambio de lugares y países en el transcurso de un mismo espectáculo (Clarke y Doel, 2005). Las películas se convirtieron en parte de la continuidad de la narración de la conferencia de viajes, re-construyendo visualmente el viaje mismo. A medida que las nuevas tecnologías de transporte se desarrollaban, esta reconstrucción visual se alejaba cada vez más de la experiencia y del espacio situado del cuerpo del viajero -anteriormente presente como locutor de su propio espectáculo- y se movía hacia las vistas que pasaban desplazándose por las ventanas de los vehículos en movimiento. Los viajes de tren eran un elemento central de las películas de persecución de los inicios del cine como *Asalto y Robo de un Tren* (*The Great Train Robbery*, 1903) por Edwin Porter y *Romance del Ferrocarril* (*Romance of the Rail*, 1903) de Thomas A. Edison. La atracción central de películas como *Elevated Railway* (1903) fueron los cambios de perspectiva en la percepción ocular: los techos vistos desde la parte superior del tren y el suave desplazamiento de los puntos de vista pasando. El entorno urbano se convirtió en un espectáculo para la mirada en movimiento de la cámara, por lo general unido al extremo de un tren. Un ejemplo de esto es *Panorama Exterior Westinghouse Works* (1904). La película muestra imágenes de la ciudad vistas desde el frente del tren, así como las vistas desde los lados. En *Panorama Exterior Westinghouse Works* la velocidad constante y regular del tren produce un ritmo visual en el que los postes eléctricos, edificios, carreteras, rocas y las características del paisaje se perciben como un solo continuo. Schivelbusch sugiere que el cambio rápido y constante de escenario no le da al viajero de tren suficiente tiempo para captar el espacio como un todo, lo que significaba que el paisaje sólo podía ser visto como fragmentos (1977). La experiencia visual percibida desde el tren se fragmentó también en el sentido de que el viajero del tren se divide de forma continua entre la corriente visual de vistas y la posición situada de su cuerpo anclado en el espacio interior del vagón de tren, una división que se asemeja a la experiencia cinematográfica. La cámara desplazándose dio al espectador la sensación de movimiento junto con el ojo de la cámara, ofreciendo la aprehensión visual de referencias espaciales a través de una semejanza con la percepción en la vida real. Uno de los primeros usos de una cámara en movimiento fue en 1899 cuando James Williamson de la Escuela de Brighton grabó la regata de Henley desde un barco de vela (Gubern, 2014). El uso de cámaras en movimiento en el cine ayudó a distanciar el lenguaje cinematográfico del lenguaje del teatro. Otros ejemplos

tempranos de cámaras móviles son las películas de Thomas Alva Edison del metro de Nueva York en donde graba *Elevated Railway, 23rd Street, New York* (1896) y *104th Street Curve, New York, Elevated Railway* (1899), *New York Subway* también conocido como *Interior N.Y. subway, 14th St. to 42nd St.* (1905).

La grabación del constante despliegue de vistas permitió que el espectador de cine experimentara la sensación de movimiento. Jennifer Barker sugiere que el placer que vivía el espectador del cine de atracciones se deriva de sus propiedades kinestésicas, a partir de la impresión de movimiento en sí mismo y no de la narrativa (2009). El cine de atracciones involucraba una forma de experimentar el cine en el que la novedad de las imágenes en movimiento era en sí misma una fuente de placer y emoción (Barker, 2009: 133). Un ejemplo es el caso famoso y un tanto dudoso de la película *La Llegada de un Tren (L'arrivée d'un tren à La Ciotat, 1896)* en el que dice que el público aterrado reaccionó a la imagen del tren como si fuera un objeto real moviéndose hacia ellos (Gunning, 1989). Tom Gunning escribe: “De acuerdo con una variedad de historiadores, los espectadores se echaron hacia atrás en los asientos o gritaban o se levantaban y corrían hacia afuera del auditorio, o los tres sucesivamente (1989: 114). Para Gunning, el poder visual de estas formas de entretenimiento eran un juego de *trompe l'oeil*¹⁰ entre saber que es una ilusión y sentir su extraño parecido a la vida real (1989: 80). La audiencia del cine de atracciones experimentó una respuesta corporizada al poder representativo de la imagen (Marks, 2002: 7). Estas respuestas corporales inmediatas no se limitan a la percepción audiovisual sino que pretendían provocar sensaciones kinestésicas. La prominencia de su respuesta corporizada se reforzó más adelante en la película tipo ‘*phantom ride*’, que hizo hincapié en la novedad de la experiencia sensorial por ser un espectáculo en el que el cuerpo mismo constituye el escenario central (Rabinovitz, 2006: 45).

El *travelogue* en el contexto de las artes visuales parece seguir una serie de intentos dirigidos a la mímica de la experiencia perceptual del espacio. Esto es evidente en su modo de representación en el cual se simula una inmersión sensorial, a menudo mediante el uso de formatos amplios que cubren la mayor parte del campo visual del espectador. Al igual que otras formas de representación realista del siglo 19, el *travelogue* proporciona la sensación de estar físicamente en otro lugar. Por ejemplo, el panorama muestra paisajes que se extienden horizontalmente, cubriendo todo el espacio visual. Los panoramas se encuentran en la representación plana de un paisaje o desplegados en el interior de un edificio, el cual sitúa al espectador en su centro (como en la rotonda panorámica). El panorama permitió que el espectador se sintiera inmerso en el espacio representado porque la mirada del espectador

¹⁰ *Trompe l'oeil* se refiere a un género de ilusión hiper-realista en las artes, proviene del francés y significa “engañar al ojo”.

puede navegar a través de la extensa vista de una manera similar en que miramos a nuestro alrededor en un espacio abierto. Estas formas de medios fotográficos, tales como los espectáculos de panorámicas y dioramas, fueron diseñados para substituir la experiencia de viajar por tren, que en esos tiempos seguía siendo costoso (Schivelbusch, 1977). Además, en el siglo XIX, las imágenes panorámicas se utilizaban como un reemplazo del *Grand Tour*¹¹ (Neumann, 2008). Pero a diferencia del panorama y el diorama, el *travelogue* se basó en su relación intrínseca con la imagen en movimiento para transmitir la sensación del espacio. Este modo de visión se encuentra todavía presente en formatos envolventes o inmersivos como el IMAX, que nos recuerda a las construcciones de las rotondas panorámicas. Estos modos de inmersión visual también están conectados a las representaciones amplificadas del espacio en las pinturas panorámicas del siglo XVIII y XIX. Las tecnologías cinematográficas de la década de 1950 utilizaban formatos de pantalla ancha como el *Cinerama*¹², el *Cinemascope*¹³ y *Vista Vision*¹⁴ los cuales también buscaban crear experiencias visuales de inmersión. Bazin hizo la comparación entre la percepción visual del *Cinerama* y la percepción natural y se dio cuenta de que en el *Cinerama* el ángulo de visión es de 146 grados, casi los 160 grados cubiertos en la visión humana (Bazin, 1953; Reeves, 1999: 87). Esto significó que el campo visual del espectador estaba casi completamente lleno con la imagen cinematográfica. Para Bazin, la característica más importante de esta nueva tecnología fue la ampliación de la pantalla (Bazin, 1953: 221). Bazin escribe:

Lo que es tan agradable sobre el Cinerama es el realismo de su espectáculo, un realismo tan grandioso que a veces parece llegar a la profundidad [volumen]. Pero la profundidad no puede restablecer muy bien el realismo, tal como lo hemos visto suceder en las películas estereoscópicas 3D que el público ha demostrado que no quiere. ¿Ahora que? ¿Se puede decir lo que es el realismo? Yo lo definiría esencialmente no por la representación de la profundidad, sino más bien del espacio. (Bazin, 1953: 222)

Para Bazin, la pantalla grande fue un cambio progresivo, especialmente para el género documental (2014 [1953]: 223). En el sentido que un gran formato podría recrear mejor la realidad debido a su efecto inmersivo, además significó que para un género factual o de hechos como el *travelogue* y el documental, los estímulos audiovisuales que se experimentan en la vida real podrían ser casi duplicados.

11 El *Grand Tour* era una costumbre de las clases pudientes del siglo XVII y XVIII en la cual los jóvenes viajaban por Europa tratando de expandir sus horizontes y aprender sobre arte, arquitectura, geografía y cultura.

12 *Cinerama* es un formato ancho y panorámico desarrollado en la década de 1950. Utilizaba 3 proyectores en una pantalla curva.

13 El *Cinemascope* es un formato anamórfico de cine usado de 1953 a 1967.

14 *Vista Vision* es un formato de pantalla ancha creado en 1954 por Paramount Pictures con más alta resolución que el formato de cine de 35 mm.

La recreación de la experiencia sensorial en el cine de viajes documental

Los *phantom-ride* o viajes fantasma como *Los Viajes de Hale* incorporaron una nueva suma de estrategias híper-realistas para representar miméticamente la experiencia de viajar. Su hiperrealismo implicó la reconstrucción del trayecto recorrido no sólo como aparece a nuestros ojos, sino también como se siente para nuestros sentidos. Desde las películas de viaje de los comienzos del cine, como *Los Viajes de Hale*, el *Cinéorama*, el *Maréorama*, el *Odorama*, y los viajes fantasma hasta la aparición de los *Disney Star Tours* y las películas en IMAX 3D, las representaciones de la experiencia corporal fueron impulsadas por el uso de tecnologías híper-realistas y extra-filmicas que han intentado brindar a los espectadores una inmersión sensorial en el espacio cinematográfico. Las propiedades cinemáticas del trayecto recorrido y su representación del espacio a través del tiempo otorgan al espectador una experiencia realista, proporcionando la ilusión visual de viajar, al mismo tiempo que representan el flujo constante del paisaje como objetos que se mueven hacia el espectador (Rabinovitz, 2006). Lauren Rabinovitz señala que ciertos elementos en el paisaje aumentan el ritmo de dicho flujo (2006). Por ejemplo, era común para las cámaras en la parte delantera del tren inclinarse hacia adelante hacia las vías del tren, que formaron un fuerte indicador de la perspectiva visual y la distancia. Otros ejemplos son los postes de teléfono, edificios, puentes y túneles, que actúan como marcadores visuales cambiando el ritmo de la trayectoria, agregando puntos de descanso o pausas entre la luz y la oscuridad y creando un ritmo a través de la repetición.

Barker asocia la aparición de la imagen en movimiento con otras atracciones como la montaña rusa, que “ofrecen una emoción kinestésica similar” (2009: 132). Si el cine de atracciones estaba más cerca de la montaña rusa que a otras formas de cine, el viaje fantasma era la forma más cercana a una recreación kinestésica. Los viajes fantasma utilizaban tecnologías extra-cinematográficas, tales como asientos hidráulicos que se movían de acuerdo con el movimiento de un tren y el diseño de salas de cine que se asemejaban al interior de un tren o un barco. Estas tecnologías se basaban en un realismo mimético como un estilo de representación. Este subgénero de las películas *travelogue* representaba la experiencia kinestésica imitando el movimiento de los trenes o barcos. Raymond Fielding ubica el origen del viaje fantasma en 1895, cuando H. G. Wells y Robert Paul patentaron una forma de película de viaje que simulaba los viajes a través del tiempo y el espacio (1970). Fielding describe que durante los viajes fantasma los espectadores se mecían frente a la pantalla, junto con película (1970: 34). Uno de los más conocidos, *Los Viajes de Hale*, fue diseñado como un ferrocarril artificial, en el que se proyectaba una película corta de aproximadamente diez a quince minutos (Fielding, 1970). La película mostraba el punto de vista de un tren en movimiento y se proyectaba en la

ventana delantera del coche de tren, aumentando la sensación de viajar, mientras que otras máquinas hacían la ilusión más convincente: el coche de tren se inclinaba y agitaba, había sonidos de silbatos de vapor y ruedas (Rabinovitz, 2006). Era un conjunto de tecnologías que combinaban sensaciones hiperrealistas auditivas, táctiles y visuales (Fielding, 1970). Rabinovitz escribe:

Durante todo el siglo XX, las películas de viaje fantasma articulaban un proceso aparentemente contradictorio para el espectador: intentaban desmaterializar el cuerpo del sujeto a través de su extensión visual en el campo cinematográfico, mientras que destacaban el rol del cuerpo del espectador como el centro de un entorno de acción y emoción. Tuvieron que sensacionalizar y suavizar las brechas entre la experiencia dentro-del-cuerpo (afecto) y el sentido de proyección panóptica fuera-del-cuerpo. (2006: 45)

Es importante notar, que el cuerpo del espectador no necesariamente se divide entre la visión y la sensación, como indica Rabinovitz, sino que más bien la experiencia visual de la película y los estímulos extra-cinematográficos se complementaban entre sí. Los sentidos de los espectadores no sólo recreaban la experiencia corporizada del viaje presentado por la película sino que también creaban su propia experiencia. La re-construcción cinemática del viaje fantasma se basaba en una lógica que divide la sensación en entradas y salidas lo que tradujo la experiencia sensorial en una copia mecanizada de la sensación corporizada. Al intentar recrear la experiencia sensorial, la película de viaje fantasma tradujo las sensaciones en copias mecánicas, en las cuales cada sentido se encontraba separado de los otros. En conjunto, la suma de los estímulos externos compilaba una organización de los sentidos que dejaba a un lado la sensación afectiva y propioceptiva. La corporización se convierte así en una modalidad externa y se separa de la naturaleza unitaria de los procesos sensoriales. La sensación afectiva no se anticipó en estas formas de cine, ya que no puede ser controlada por estímulos externos. En las películas de viajes fantasma, el afecto no se sensacionalizó ni se suavizó contra la percepción ocular. En lugar de esto, fue la experiencia corporizada la que fue sensacionalizada como física, predecible en su organización y mecanizada, mientras que la experiencia afectiva quedó desestimada. Una representación de la experiencia afectiva de viajar, o de la experiencia corporizada del viaje, como Rabinovitz pone, trataría necesariamente con las conexiones internalizados de la memoria y la experiencia sensorial. Las películas de viaje fantasma sólo incorpora diferentes aspectos de la experiencia sensorial de los viajes en una recreación mimética dividida en un conjunto de estímulos fragmentados.

Este enfoque mecanizado de la sensación en las películas de viajes contrasta con la aparición de la visualidad subjetiva en el siglo XX. Crary escribe que du-

rante el siglo XX, hubo un cambio en la concepción de la visión y la percepción como aspectos fundados en la materialidad del cuerpo y no sólo dependiente de los estímulos externos (1994). La aparición de modos subjetivos de percepción visual significó que la percepción ya no era tanto sobre los estímulos externos sino sobre la composición de nuestra experiencia sensorial internalizada. Este cambio marcó una crisis epistemológica en la que la percepción ya no podía ser concebida como objetiva o como la base del conocimiento humano del mundo (Crary, 1994). Paradójicamente, durante el siglo XX, en la filosofía, así como en el campo emergente de la psicología científica, la percepción se volvió corporizada, pero también cuantificable, medible y abstracta. La realidad ya no se concebía como algo alcanzado directamente a través de la percepción; en cambio, la percepción comenzó a ser concebida como un proceso interno en cierta medida independiente de una realidad objetiva y material. El régimen cultural visual traído por la modernidad reflejó la fusión del exterior del sujeto y su interior (Crary, 1994: 22). La película de viaje fantasma emerge del clima intelectual de una época que concibe la sensación como algo desgarrado entre dos aspectos: la entrada (los estímulos) y la salida (la experiencia corporal). Este discurso, en última instancia concibe a los estímulos sensoriales como reproducibles, abstractos y mecánicos. La premisa era que aunque el sujeto experimentara la percepción como un proceso interno, los estímulos que causan la experiencia perceptiva podrían todavía ser manipulados, medidos y controlados. La película de viaje, en su intento de recrear la sensación de movimiento, no tuvo en cuenta los cambios variables intrínsecos a la experiencia subjetiva y afectiva de sentir. La película de viajes se limitó a tomar los componentes fragmentados de una racionalización posterior a la corporización de la experiencia de viaje y la convirtió en estímulos segmentados. Brian Massumi escribe sobre la relación entre el movimiento y la sensación:

Los sentimientos tienen una forma de plegarse unos contra otros, resonando juntos, interfiriendo entre sí, mutuamente intensificándose, todo en formas no cuantificables, listos para desplegarse de nuevo en acción, de modos a menudo impredecibles (2002: 1).

Para Massumi, la relación entre la sensación y el movimiento es el cambio impredecible. Sugiere que las concepciones previas del movimiento concebido como literal, predecible y mecánico ya han caído en formas de “realismo ingenuo” (Massumi, 2002: 1). En este sentido, las tecnologías implicadas en el cine de viajes fantasma conciben la sensación de viajar como homogéneas en el público y, como afirma Massumi, asumen de manera ingenua la sensación como algo reproducible. Sin embargo, la recreación de la sensación corporal en las películas de viaje fantasma no es totalmente coherente en su continuidad. Clarke y Doel sugieren que, aunque

el hiperrealismo de películas de paseo de viaje se derive de las tecnologías utilizadas, el contenido de las películas no era a menudo explícitamente realista (2005). En el sentido de que algunas películas incluían elementos incongruentes que amenazaban la continuidad de la ilusión, como el seguimiento de disparos seguidos de imágenes fijas o puntos de vista en movimiento seguidos por tomas estáticas (Clarke y Doel, 2005). Podría decirse que el realismo de los *travelogue* de los inicios del cine sería reemplazado por un realismo derivado de sensación pura. Mientras que las películas de viajes fantasma de los inicios del cine se centraron en las experiencias de viajes y turismo, los viajes fantasma contemporáneos muestran cada vez más temas de fantasía, personajes de ciencia ficción y viajes al espacio exterior o viajes en civilizaciones antiguas (Rainovitz, 2006). Ejemplos de viajes fantasma de nuestra era son ‘Transformers: The Ride 3D’ (2011), ‘Star Tours: La aventura continúa’ (2011), ‘Star Trek: La Experiencia-Borg Invasión 4D’ (2004) y ‘Escape de la Isla de Dino’ (1998). Estos viajes fantasma articulan una híper-realidad que es primordialmente sobre la producción de simulaciones sensoriales creíbles. Es una forma de realismo perceptual en lugar de factual, y como tal, no está conectado a la verdad o veracidad. No importa si lo que el espectador ve existe fuera del cine, lo importante es que los estímulos sensoriales sean creíbles a los sentidos del espectador, que sean realista en lugar de reales.

El travelogue y la pantalla IMAX

El viaje es una estructura intrínseca a las formas de representación del IMAX y también está ligada a su promoción y a su contexto de exhibición (Griffiths, 2006). Alison Griffiths observa que el documental de viaje o *travelogue* constituye el principio estructural de las películas IMAX (2006: 239). Esto es evidente en la manera en que las películas IMAX vigilan visualmente el espacio, usando intensivamente la fotografía aérea y los paseos fantasma en donde largas tomas atraviesan grandes espacios (Acland, 1998; Griffiths, 2006). La cámara penetra los rincones del paisaje desplegando vistas espectaculares en movimientos de cámara que serían de otra manera inalcanzable para la percepción visual humana. Un discurso dominante en la promoción y exhibición de documentales IMAX es la presentación de películas IMAX como viajes cinematográficos, y el atractivo de ver películas tan realistas que proporcionan la sensación de viajar. Esto se debe a la sensación kinestésica que provocan los movimientos de cámara recorriendo el espacio desde grandes alturas (Acland, 1998). Estos movimientos de cámara añadidos a las proporciones gigantes de la pantalla IMAX provocan en el espectador una sensación de estar “dentro” de la película, proporcionando un modo de visión panorámica que ocasiona la inmersión del espectador en el espacio filmico (Acland, 1998; Recuber, 2007). Las

tecnologías de sonido de IMAX se promueven como sonido perfectamente afinado, alineado con precisión de láser y calidad de sonido cristalina. Las imágenes IMAX se dan a conocer como imágenes sin paralelo en cuestión de brillo y claridad, hiper-realistas y proyectadas en pantallas reflectantes, una experiencia de inmersión con la resolución más alta y la más alta calidad en imágenes tri-dimensionales. Un ejemplo de las películas *travelogue* en la pantalla IMAX es *The Ultimate IMAX Collection*, una serie que muestra destinos de todo el mundo en cada episodio. Fue producida para su exposición en los cines IMAX y posteriormente ajustada para la televisión. La serie incluye *Los Alpes* (*The Alps*, 2007) del director Stephen Judson, *Grecia: Secretos del Pasado* (*Greece, Secrets of the Past*, 2009) y *Aventura en el Arrecife de Coral* (*Coral Reef Adventure*, 2003) de Greg MacGillivray, entre muchos otros. La compañía de producción MacGillivray Freeman se especializa en documentales de viajes de aventura, algunos de los cuales producen especialmente para IMAX 3D tales como *Viaje al Pacífico Sur* (*Journey to the South Pacific*, 2013), *Aventura en el Gran Cañón: Río en Riesgo* (*Grand Canyon Adventure: River at Risk*, 2008), *Hacia el Ártico* (*To the Arctic*, 2012) y *Everest* (1998), todos dirigidos por Greg MacGillivray.

La fotografía aérea que encontramos en la mayoría de estos documentales para IMAX permite una continuidad de la perspectiva visual sin precedentes. Películas como *Los Alpes* (2007) utilizan una cámara voladora que cubre amplios espacios, con vistas de las cimas de las montañas nevadas, acantilados, ríos y valles. Estos movimientos de cámara exceden la percepción humana natural porque son vistas inalcanzables para el ojo humano a simple vista. La visión panorámica de IMAX induce un choque sensorial en el espectador, similar a los cambios de perspectiva que experimentaban los viajeros de los primeros trenes en el siglo XX (Acland, 1998). Charles R. Acland sugiere que los modos de percepción adoptados por el espectador de IMAX, en lugar de estar separado del campo visual como en los viajes en tren, esta sumergida dentro del campo panóptico de la pantalla gigante. Esto es lo que Acland llama realismo panorámico, en el que “las películas impresionantes de IMAX y la situación especial de observación reaviva las primeras experiencias del realismo filmico - ese choque de movimiento y la sensación de “estar allí” (1998: 430). El realismo panorámico se puede ver como una forma de realismo perceptual que se centra en la inmersión perceptual dentro del paisaje. El espacio inmersivo gigante de los cines IMAX hace que la vista humana se combine con el espacio filmico y arquitectónico (Acland, 1998: 430). Tim Recuber sugiere que estos dispositivos tecnológicos y arquitectónicos facilitan una experiencia sensorial más intensa y mas absorbente para el espectador (2007: 316). Para Acland, el teatro se fusiona con los sentidos del espectador. Recuber lleva esta idea aun más lejos y concibe la experiencia del espectador como una forma de inmersión virtual en el que el espec-

tador está “enchufado” en el espacio filmico (2007). Para Recuber, el espectador se convierte en un cyborg, física, material y sensorialmente conectado con la película (Recuber, 2007). En este enfoque, las tecnologías extra-cinematográficas tales como los equipos de realidad virtual y los asientos sensoriales GSS del IMAX 3D disuelven la distinción entre el humano y la máquina, transformando la experiencia del espectador en un aspecto físico y visceral tanto como visual (Recuber, 2007). Las proporciones gigantescas del IMAX y los estilos de cámara superan todas las expectativas de las vistas turísticas, dando al espectador una sensación de totalidad, de construir una “visión completa” del mundo (Acland, 1998). Tal totalidad inscribe una geografía visual del mundo que convierte la experiencia de viajar en un acto ocular, al mismo tiempo construye discursivamente el acto de viajar como algo alcanzable a través de la tecnología. El IMAX implica un modo objetivo de visión modelado en torno a una economía que favorece la alta definición de imágenes, dimensiones de gran tamaño, datos de imágenes extendidas, gráficos hiperrealistas y una súper estimulación de nuestros campos audiovisuales. Sus propiedades sobre-estimulantes abiertamente proporcionan una experiencia sensorial del cine basada en respuestas viscerales, referencias espaciales vertiginosas, así como entornos visualmente inmersivos.

Esta combinación de estímulos sensorialmente estimulantes en el cine nos recuerdan del *Aromarama*, el *Smell-O-Vision* y los asientos móviles de los primeros *travelogues*, en su intento por estimular los sentidos a través de la tecnología. Recientemente, la incorporación de las tecnologías extra-cinematográficas en el cine ha mejorado lo que parece ser una mimesis de la percepción sensorial en la vida real. Pareciera como si tecnologías cinematográficas como IMAX y IMAX 3D estuvieran avanzando hacia el mito del cine total baziniano (Acland, 1998).

Acland escribe sobre el IMAX:

Su objetivo es uno de simulación, de hiperrealismo, de producir imágenes tan reales que ofrecen una ilusión de presencia material y crean la sensación de movimiento para sus espectadores (1998: 430).

Estas tecnologías híper-realistas y envolventes en el cine se han desarrollado aún más en lo que se conoce como cine 4D y 5D. Las películas 4D unen la visión tridimensional con tecnologías interactivas, tales como asientos D-BOX¹⁵, que son sistemas integrados que incorporan efectos de movimiento programados específicamente para cada escena de la película. En el cine 5D, la inmersión sensorial es provocada también por los efectos atmosféricos adicionales tales como viento, niebla, lluvia, nieve, burbujas y efectos de luz en el interior del teatro. Esto se combina

¹⁵ DBOX es una marca que fabrica y diseña sistemas de movimiento para la industria del cine.

con los efectos de los asientos que pueden tocar la espalda o el cuello del espectador, rocían agua sobre ellos o hacen cosquillas en sus piernas. Al estar sentado en un asiento DBOX, el espectador se mueve en sincronía con la película, sacudiéndose con los ruidos de explosiones y moviéndose con las persecuciones en coche. Esto es posible por una plataforma que utiliza diferentes movimientos y vibraciones para simular la acción de la película. Las tecnologías DBOX son promovidas como una ‘revolución multisensorial’¹⁶. Se puede observar cómo las nuevas tecnologías intentan incorporar los aspectos de la sensación encarnada en la experiencia cinematográfica.

Viajes en 3D: hiper-realismo y la estereoscopia

Los *travelogues* en IMAX 3D involucran la aprehensión visual de volumen, profundidad y perspectiva como aspectos esenciales en la experiencia del espectador. Este tipo de películas exploran una variedad de temas, desde los viajes al océano, el espacio exterior o en el pasado pre-histórico, producido con gráficos generados por computadora. Algunos ejemplos son *Mar Profundo (Deep Sea 3D, 2006)* de Howard Hall y *Bajo el Mar 3D (Under the Sea 3D, 2010)*, Luke Cresswell y *Oceano salvaje 3D (Wild Ocean 3D, 2008)* de Steve McNichol, *Viaje Cósmico* de Bayley Silleck (*Cosmic Voyage, 1996*), Tony Myers *Hubble 3D (2010)*, *Isla de los lémures: Madagascar (Island of Lemurs, 2014)* del director David Douglas, *IMAX T-Rex: Volver al Cretácico (imax T-Rex: Back to the Cretaceous, 1998)* por Brett Leonard y *Dinosaurios 3D: Gigantes de la Patagonia (Dinosaurs 3D: Giants of Patagonia, 2007)* de Marc Fafard.

En IMAX 3D, la visión estereoscópica permite al espectador experimentar una forma de inmersión cinematográfica en el que los lugares son experimentados como presencia material. La visión estereoscópica y el cine tridimensional están estrechamente relacionados al sentido del tacto (Clarke y Doel, 2005: 53-54). Estas tecnologías presentan un volumen visual que desafía la percepción óptica al reproducir los cambios de perspectiva que se perciben cuando miramos un objeto. Su intento de imitar la percepción humana lleva al espectador a una relación más estrecha con el espacio visual de la imagen. De acuerdo con David B. Clarke y Marcus A. Doel, la capacidad del estereoscopio de enfatizar visualmente el volumen de un objeto le otorga una cualidad táctil (2005).

La impresión de solidez que proporciona convierte la visión en algo táctil y fusiona lo óptico con lo “real” (Clarke y Doel, 2005: 53-54). Esta cualidad táctil se asocia con una ilusión de volumen y perspectiva. Esto es lo que Miriam Ross denomina “realismo estereoscópico”, una característica que permite al espectador sentir la presencia material del espacio visual a través de imágenes tridimensionales

¹⁶ El slogan de “revolución sensorial” puede encontrarse en la página de DBOX <http://www.d-box.com/en/the-mfx-technology>

(2015: 72).

Este modo de visión se enfatiza en las películas IMAX 3D, en las que las imágenes de alta resolución ofrecen suficientes detalles visuales que hacen que la imagen aparezca palpable y táctil. Sin embargo, la tactilidad de la IMAX 3D ofrece una sensación táctil óptica en lugar de háptica. Laura Marks conceptualiza la visualidad háptica como un modo de visión en la que la proximidad permite al espectador percibir a través de la superficie de una imagen (2000). Para Marks, la diferencia más importante entre las formas ópticas de visión y las táctiles es la proximidad. La visión háptica requiere estar cerca del objeto que percibe, mientras que los modos ópticos de visión requieren suficiente distancia del objeto visto (2000: 162). Al igual que el estereoscopio, el IMAX se basa en una medida de distancia para transmitir su ilusión óptica. La ilusión realista depende de la distancia entre la imagen y el espectador y más específicamente en una distancia relacional entre cada ojo del espectador y la imagen. En ese sentido, el estereoscopio crea un efecto de emulación de la proximidad física, por tanto, ‘el efecto deseado del estereoscopio no es simplemente semejanza, sino tangibilidad inmediata y aparente’ (Crary, 1992: 122-124). La percepción visual de textura permanece distante de la superficie del objeto que aprehende. Esto apunta a la diferencia entre la visión y la experiencia táctil. Merleau-Ponty escribe:

En la experiencia visual, que empuja la objetivación más lejos de lo que lo hace la experiencia táctil, podemos, al menos a primera vista, lisonjearnos que constituimos el mundo, porque nos presenta un espectáculo que se extiende ante nosotros a una cierta distancia, y nos da la ilusión de estar presente de inmediato en todas partes y estar situado en ninguna. La experiencia táctil, por el contrario, se adhiere a la superficie de nuestro cuerpo, no podemos desplegarla ante nosotros y nunca se convierte realmente en un objeto. (1962 [1945]: 369)

Las formas hápticas de visión llevan al espectador más cerca, hasta un punto en donde la textura y la superficie se convierten en forma y en sensación de la forma (Marks, 2000: 162). Imágenes tri-dimensionales implican un modo de visión que no se basa en la cercanía o en la proximidad, cualidades intrínsecas al sentido del tacto. En lugar de esto, la tactilidad óptica está implícita en la presentación visual de textura y en un detalle preciso de volumen visual. En otras palabras, privilegia el poder de representación de la imagen en lugar de su presencia material, como en la visión háptica (Marks, 2000: 162). Las tecnologías visuales tridimensionales ofrecen una representación hiperrealista de volumen y perspectiva, a menudo dejando a un lado las sensaciones atribuidas a su presencia material. Antonia Lant describe esta falta de contacto material en sus escritos sobre cine háptico como el placer de

los ojos para descansar sobre una superficie sin poder tocar o acercarse al objeto que se ve (Lant, 1995: 30).

Thomas Elsaesser escribe que las tecnologías 3D están cambiando la experiencia corporal del espectador de entornos virtuales y de la orientación espacio-temporal (2013: 221). Sostiene que la reciente re-incorporación de las tecnologías 3D en el cine representa un segundo fracaso de iniciativa de la industria del cine para actuar contra la creciente competencia de los sistemas de televisión por Internet, tales como Netflix (Elsaesser, 2013). Las tecnologías 3D están permeando los sistemas de entretenimiento dentro de los hogares, desde videojuegos hasta sistemas de televisión. Esto parece apuntar hacia la experiencia de inmersión, una tecnología que cada vez se naturaliza más (Elsaesser, 2013: 221). En otras palabras, las tecnologías 3D de la actualidad presentan entornos audiovisuales que son ricos en datos y que al mismo tiempo, tienen por objeto simular su propia invisibilidad y pasar desapercibidas por el usuario.

CONCLUSIONES

Los documentales *travelogue* han empleado múltiples técnicas para traducir la experiencia corporizada de los viajes a través del cine y con esto, brindar al espectador la sensación de realismo. Este impulso mimético en la historia del género *travelogue* es evidente en el realismo perceptual de los viajes fantasma y los formatos que buscan una inmersión perceptual, como IMAX. Las técnicas que suscriben esta pauta son los movimientos aéreos de cámara, las tecnologías extra-cinematográficas como pantallas de inmersión y tecnologías que usan una visión estereoscópica, las tomas largas y la narración en primera persona. De estos ejemplos, la estereoscopia es tal vez la técnica que más se asocia a la culminación de una teleología baziniana (Ross, 2015: 78). Sin embargo, aunque la estereoscopia ofrece una ilusión de profundidad más cercana a la percepción natural en la vida real que las pantallas planas, su simulación de entornos tridimensionales es aún limitada. El realismo estereoscópico, así como el realismo panorámico de los movimientos aéreos de cámara conciben la percepción a través de una lógica visual. Aunque el género *travelogue* ha explorado la estética de la experiencia corporizada, la dimensión afectiva y sinestésica del espectador han sido ignoradas. Esto ha sucedido, en gran parte, por concentrar los estilos de representación principalmente en una mecanización de los estímulos sensoriales. Esto no es exclusivo de los desarrollos recientes en tecnología del cine sino más bien ha sido un efecto consistente desde la aparición y el desarrollo de dispositivos y experimentos visuales a lo largo de la historia del cine. *El mito del cine total* entendido como la reproducción completa de la realidad, apunta a la cuestión

de cómo es constituida la percepción por la experiencia corporal y de qué manera esta experiencia podría ser traducida al lenguaje cinematográfico. Con el fin de construir una forma más holística de cine necesitamos acercarnos a la experiencia cinematográfica con un enfoque fenomenológico, y entenderla como un proceso corporizado y perceptivo. Para esto tenemos que tomar en cuenta los cambios afectivos sutiles que se producen sensorialmente, así como en forma sinestésica durante la experiencia de ver una película. En el futuro, puede que no sean los sistemas inmersivos de realidad virtual los que acerquen a los espectadores al mito del cine total de André Bazin, sino más bien un cine que explore la realidad perceptual tal como es experimentada, de un modo corporizado.

REFERENCIAS

- Acland, C. R. (1998). IMAX Technology and the Tourist Gaze. *Cultural Studies*, 12(3), 429-445.
- Altman, R. (2006). From Lecturer's Prop to Industrial Product: The Early History of Travel Films. *Virtual Voyages: Cinema and Travel*. J. Ruoff. London, Duke University Press: 61-78.
- Andrew, D. (1973). "Critics: André Bazin." *Film Comment* 9(2): 64-68.
- Andrew, D. (2004). Foreword to the 2004 Edition. *What is Cinema? Vol. I*, University of California Press.
- Auerbach, J. (2007). *Body Shots, Early Cinema's Incarnations*. Berkeley: University of California Press.
- Barker, J. (2008). Out of Sync, Out of Sight: Synaesthesia and Film Spectacle. *Paragraph*, 31(2), 236-251.
- Barker, J. M. (2009). *The Tactile Eye: Touch and the Cinematic Experience*: University of California Press.
- Bazin, A. (1960). "The Ontology of the Photographic Image." *Film Quarterly* 13(4): 4-9.
- Bazin, A. (1967). The Myth of Total Cinema. *What is Cinema? Volume 1*, University of California Press: 17-22
- Bazin, A. (1967, 2005). *What is Cinema? Vol. I*, University of California Press.
- Bazin, A. (1967). *What is Cinema? Vol. II*, University of California Press.
- Bazin, A. (2014 [1953]). *Cinerama: a bit late. André Bazin's New Media*. D. Andrew, University of California Press: 220-226

- Bazin, A. (2014 [1955]). *New Screen Technologies. André Bazin's New Media*, University of California Press: 215-219.
- Bruno, G. (2002). *Atlas of Emotion, Journeys in Art, Architecture and Film*. New York: Verso.
- Bruzina, R. (2012). "Phenomenology." *The Journal of Speculative Philosophy* 26(2 Special Issue with the Society for Phenomenology and Existential Philosophy): 222-246.
- Buck-Morss, S. (1994). *The Cinema Screen as Prosthesis of Perception: A Historical Account*. The Senses Still. N. Seremetakis, University of Chicago Press.
- Clark, D.B and Doel, M.A. (2005). *Engineering Space and Time: Moving Pictures and Motionless Trips*. *Journal of Historical Geography* 31: 41-60
- Crary, J. (1990). *Techniques of the Observer* (7th Edition ed.): MIT Press.
- Crary, J. (1994). "Unbinding Vision." *October* 68(Spring 1994): 21-44.
- De Luca, T. (2011). "Gus Van Sant's Gerry and Visionary Realism." *Cinephile, The University of British Columbia's Film Journal* 7(2): 43.
- Elsaesser, T. (2013). "The "Return" of 3-D: On Some of the Logics and Genealogies of the Image in the Twenty-First Century." *Critical Inquiry* 39(Winter): 217-246.
- Fielding, R. (1970). *Hale's Tours: Ultra-realism in the Pre-1910 Motion Picture*. *Cinema Journal*, 10(1), 34-47.
- Friday, J. (2005). "Bazin's Ontology of Photographic and Film Imagery." *The Journal of Aesthetics and Art Criticism* 63(4): 339-350.
- Gallese, V. (2001). "The 'Shared Manifold' Hypothesis: From Mirror Neurons to Empathy." *Journal of Consciousness Studies* 8(5): 33-50.
- Gallese, V. (2003). "The Roots of Empathy: The Shared Manifold Hypothesis and the Neural Basis of Intersubjectivity." *Psychopathology* 36: 171-180.
- Gallese, V. (2005). "Embodied simulation: from neurons to phenomenal experience." *Phenomenology and the Cognitive Sciences* 4: 23-48.
- Gallese, V. and Sinigaglia, C. (2011). "What is so special about embodied simulation?" *Trends in Cognitive Sciences* 15 (11): 512-519.
- Giralt, G. F. (2010). "Realism and Realistic Representation in the Digital Age." *Journal of Film and Video* 62(3): 3-16.

- Grierson, J. (2002 [1932]). *First Principles of Documentary. The European Cinema Reader*. C. Fowler, Routledge
- Griffiths, A. (2006). *Time Traveling |MAX Style: Tales from the Giant Screen. Virtual Voyages, Cinema and Travel*. J. Ruoff, Duke University Press: 238-258.
- Gubern, R. (2014). *Historia del Cine*. Barcelona, Editorial Anagrama.
- Guerra, V. G. a. M. (2012). "Embodied Simulation and Film Studies." *Cinema 3*: 183-210.
- Gunning, T. (1989). *An Aesthetic of Astonishment: Early Film and the (In)credulous Spectator*. In A. U. a. K. J. S. Philip Simpson (Ed.), *Film Theory: Critical Concepts in Media and Cultural Studies* (pp. 78-95): Routledge.
- Gunning, T. (2000 [1986]). *The Cinema of Attraction: Early Film, Its Spectator, and the Avant-Garde*. In T. M. Robert Stam (Ed.), *Film Theory: An Anthology*. Oxford: Blackwell.
- Gunning, T. (2006). *The Whole World Within Reach, Travel Images Without Borders*. In J. Ruoff (Ed.), *Virtual Voyages, Cinema and Travel*: Duke University Press.
- Heidegger, M. (1927 [1962]). *Being and Time (Sein Und Zeit)* (J. M. a. E. Robinson, Trans.): Blackwell Publishing.
- Henderson, B. (1972). "The Structure of Bazin's Thought." *Film Quarterly* 25(4): 18-27.
- Henderson, B. (1979). "Bazin Defended Against His Devotees." *Film Quarterly* 32(4): 26-37.
- Hugh Gray, B. H. (1973). "Correspondence and Controversy on Interpreting Bazin." *Film Quarterly* 26(3): 58-61.
- Husserl, E. (1960 [1931]). *Cartesian Meditations* (Dordrecht, Trans.). London: Routledge.
- Husserl, E. (1973 [1913]). *Logical Investigations* (J. N. Findlay, Trans.). London: Routledge.
- Massumi, B. (2002). *Parables of the Virtual, Movement, Affect, Sensation*: Duke University Press.
- Marks, L. U. (2000). *The Skin of The Film, Intercultural Cinema, Embodiment, and the Senses*. Dunham and London: Duke University Press.

- Marks, L. U. (2002). *Touch, Sensuous Theory and Multisensory Media*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Merleau-Ponty, M. (1962, [1945]). *Phenomenology of Perception* (C. Smith, Trans.). London: Routledge.
- Moran, D. (2000). *Introduction to Phenomenology*. London: Routledge.
- Musser, C. (1994). *The Emergence of Cinema: the American Screen to 1907*: University of California Press.
- Neumann, D. (2008). "Instead of the Grand Tour: Travel Replacements in the Nineteenth Century." *Perspecta* 41(Grand Tour): 47-53.
- Peterson, J. L. (2013). *Education in the School of Dreams: Travelogues and Early Nonfiction Film*, Duke University Press.
- Pouliot, L and Cowen, P.S. (2007). "Does Perceived Realism Really Matter in Media Effects?" *Media Psychology* 9: 241-259.
- Rabinovitz, L. (2006). From Hale's Tours to Star Tours: virtual voyages, travel ride films, and the delirium of the hyper-real. *Virtual Voyages*. J. Ruoff: 42-60
- Recuber, T. (2007). *Immersion Cinema: The Rationalization and Reenchantment of Cinematic Space*. *Space and Culture*, 10, 315-330.
- Reeves, H. (1999). "This is Cinerama." *Film History* 11(1 Film Technology): 85-97.
- Rosen, P. (2003). *History of Image, Image of History: Subject and Ontology in Bazin. Rites of Realism: Essays on Corporeal Cinema*. I. Margulies, Duke University Press: 42.
- Ross, M. (2015). *New Realisms. 3D Cinema: Optical Illusions and Tactile Experiences*, Palgrave Macmillan: 72-89.
- Ruoff, J. (2006). *Virtual Voyages, Cinema and Travel*: Duke University Press.
- Rushton, R. (2011). *The Reality of Film: Theories of Filmic Reality*, Manchester University Press.
- Rushton, R. (2011). "Post-Classical Hollywood Realism and "Ideological Reality"." *Cinephile, The University of British Columbia's Film Journal* 7(2): 15.
- Sartre, J.-P. (1957 [1943]). *Being and Nothingness*. London: Routledge.
- Shaviro, S. (1993). *The Cinematic Body*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

- Shaviro, S. (2007). "Emotion Capture: Affect in Digital Film." *Projections* 1(2): 63-82.
- Schivelbusch, W. (1977). *The Railway Journey, The Industrialization of Time and Space in the 19th century*. Los Angeles: University of California Press.
- Sobchack, V. (1992). *The Address of The Eye. A Phenomenology of Film Experience*. New Jersey: Princeton University Press.
- Sobchack, V. (1999). *Toward a Phenomenology of Nonfictional Film Experience*. In M. R. Jane M. Gaines (Ed.), *Collecting Visible Evidence* (Vol. 6, pp. 241-253). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Sobchack, V. (2004). *Carnal Thoughts. Embodiment and Moving Image Culture*: University of California Press.
- Soltani, A. (2008). *CineSensory: A Filmic Design for Mapping Haptic Space*, International Design and Cinema Conference, DESIGN CINEMA 2008, Istanbul, November 19-22
- Urry, J. (1990). *The Tourist Gaze*. London: Sage Publications Ltd.
- Varela, F. J. (1996). "Neurophenomenology, A Methodological Remedy for the Hard Problem." *Journal of Consciousness Studies* 3(4): 330-349.

Filmography

- (1904). *Panorama Exterior Westinghouse Works American Mutoscope and Biograph Company*: 6 min, Silent. Black and White.
- (1910). *Modern China (In Quaint Pekin)*. British Film Institute.
- (1901). *Nankin Road, Shanghai*. British Film Institute.
- (1903). *Old London Street Scenes*. British Film Institute.
- Company, A. M. a. B. (1903). *Elevated Railway, New York* 1 hr. 7 min.
- Coup, T. (2011). *Transformers: The Ride 3D*. USA, Planet C Studios, Universal Creative: 11 min.
- Cresswell, L. and McNichols, S. (2008). *Wild Ocean 3D*. USA: 45 min.
- Curtis, E. S. (1914). *In the Land of the Headhunters* USA, Seattle Film Co.: 65 min.
- Douglas, D. (2014). *Island of Lemurs: Madagascar*. USA, Canada: 39 min.
- Edison, T. A. (1896). *Elevated Railway, 23rd Street, New York* Edison Manufacturing Company: Silent, b&w 15.12 m.

- Fafard, M. *Dinosaurs 3D: Giants of Patagonia*. Canada: 41 min.
- Fitzgerald, T. (2011). *Star Tours: The Adventure Continues USA*, Lucasfilm, Walt Disney Imagineering (WDI): 5 min.
- Flaherty, R. J. (1922). *Nanook of the North*. USA. France. , Les Frères Revillon, Pathé Exchange: 78 min.
- Granoroli, T. (2004). *Star Trek: The Experience-Borg Invasion 4D USA*, Threshold Digital Research Labs, Landmark Entertainment Group: 22 min.
- Hall, H. (2006). *Deep Sea 3D*. USA, Warner Bros, IMAX: 41 min.
- Hall, H. (2009). *Under the Sea 3D*. USA, Canada: 40 min.
- Herzog, W. (1971). *Fata Morgana*. Germany: 1 hr 19 min.
- Herzog, W. (2003). *The Wheel of Time*. Germany: 81 min.
- Herzog, W. (2005). *The Wild Blue Yonder*. Germany, France, Austria, UK: 80 min.
- Herzog, W. (2008). *Encounters at the End of the World USA*: 1 hr 39 min.
- Heyerdahl, T. (1950). *Kon Tiki*. Norway. Sweden: 77 min.
- Interior N.Y. subway, t. S. t. n. S. (1905). American Mutoscope and Biograph Company.
- Kieller, P. (1994). *London*. UK, BFI Production: 85 minutes.
- Kieller, P. (1997). *Robinson in Space*. UK, British Broadcasting Corporation (BBC): 82 minutes.
- Kötting, A. (1996). *Gallivant*. UK, British Film Institute: 103 minutes.
- Kular, J. (1998). *Escape from Dino Island USA*, Iwerks Entertainment.
- Leonard, B. (1998). *IMAX T-Rex: Back to the Cretaceous USA*: 45 min.
- Lumière, A. L. a. L. (1896). *L'arrivée d'un train à La Ciotat (The Arrival of a Train)*. France: 1 min.
- Marker, C. (1957). *Lettre de Sibérie (Letter from Siberia)*. France, Argos Films: USA:62 min
- Marker, C. (1983). *Sans Soleil (Sunless)*. France, Argos Films: USA:100 min.
- Mettler, P. (1994). *Picture of Light*. Canada, Switzerland: 83 min.
- Mettler, P. (2013). *The End of Time*. Switzerland, Canada: 109 min.
- Myers, T. (2010). *Hubble 3D*. USA: 44 min.
- Ponger, L. (1996-2004). *Travelling Light*. Index DVD. Austria: 60 minutes.

- Porter, E. S. (1903). *The Great Train Robbery*: 11 min. Silent. Black and white.
- Porter, E. S. (1903). *Romance of the Rail Edison Manufacturing Company*: 4 min. Silent. Black and white.
- Reggio, G. (1983). *Koyaanisqatsi: Life out of balance USA*, New Cinema and Island Alive 87 minutes.
- Reggio, G. (1988). *Powaqqatsi: Life in transformation USA*, Cannon Films: 99 minutes.
- Reggio, G. (2002). *Naqoyqatsi: Life as war. USA*, Miramax Films: 89 minutes.
- Rosenthal, J. (1901). *Nankin Road, Shangai UK*: 2 min.
- Schlesinger, J. (2013). *Maidentrip. USA*: 82 min.
- Silleck, B. (1996). *Cosmic Voyage. USA*: 36 min.
- Sokurov, A. (2001). *Elegiya Dorogi (Elegy of a Voyage)*. A. Sokurov. France, Idéale Audience (France), Studio Bereg, The Kasander Film Company (Holland): 47 min.
- Thomas Alva Edison, J. H. W. (1899). *104th Street Curve, New York, elevated railway Edison Manufacturing Co.*
- Urban, C. (1910). *Modern China (In Quaint Pekin)*. UK, Charles Urban Trading Company: 8 min.
- Varda, A. (2000). *Les glaneurs et la glaneuse (The Gleaners and I)*. France, Ciné Tamaris: 82 minutes.
- Wenders, W. (2014). *The Salt of the Earth*. France, Brazil, Italy: 110 min.

José Alberto Gómez Isassi



Dr. en Comunicación e Industrias Creativas por la Universidad de Santiago de Compostela, España, Maestro en Comunicación Multimedia por la Universidad de Santiago de Compostela, y Licenciado en Periodismo por la Universidad de Texas Pan-Americana.

Es profesor adscrito a la Unidad Académica de Ciencias Jurídicas y Sociales en el campus Tampico, forma parte del CA Desarrollo Regional y Sustentabilidad. Imparte clases en la licenciatura y maestría de Comunicación, en temas de gestión de imagen corporativa, periodismo digital, competencias digitales, seminario de innovación en la comunicación, nuevas teorías de la comunicación.

En el 2015 recibió el premio *VL Innovators Challenge* 2015 en los Estados Unidos, por el proyecto *www.cityflag.co*, una plataforma digital de participación ciudadana y digitalización de gobierno. Con este mismo proyecto, recibió en México el primer lugar en el concurso *StartUp México 4ta Generación*. Cuenta con publicaciones en revistas académicas internacionales, participa constantemente en conferencias académicas y congresos en la industria tecnológica en México y el extranjero. Ha impartido talleres sobre gestión de redes sociales y comunicación corporativa y *Design Thinking*.

Línea General de Aplicación y Generación del Conocimiento

Medios, Tecnología y Cambios Sociales.

Ecosistemas digitales: La comunicación en internet y la participación ciudadana en redes sociales para el medio ambiente en México

José Alberto Gómez Isassi

RESUMEN

De acuerdo con el último informe del IPCC, es prioridad de los países fomentar el cuidado del medio ambiente e informar a la sociedad sobre las acciones que se deben tomar para mitigar los efectos del cambio climático. Internet, la telefonía móvil y las redes sociales forman un ecosistema digital a través del cual millones de personas se comunican y organizan diariamente. El aumento del uso de las tecnologías de información y comunicación están transformando la forma en que las personas obtienen información, obligando a las organizaciones y empresas adaptar sus mensajes de comunicación a diferentes medios y plataformas con el objetivo de hacer llamadas a la acción para la participación ciudadana. A través del análisis de la Semana Nacional para la Conservación, evento anual organizado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), evaluamos la comunicación de la organización, así como la respuesta de las personas hacia ésta. Se analiza la comunicación de una organización y el nivel de participación de las personas generado a través de los mensajes enviados por Facebook y Twitter.

Palabras Clave: ecosistemas digitales, redes sociales, medio ambiente, participación ciudadana, internet, México

A principios del siglo XXI, en el contexto de la globalización acelerada (Bauman, 1998), se considera que el cambio climático antropogénico llegó a la mayoría de edad siendo ampliamente reconocido como “riesgo global” y exigiendo acción mundial para reducir sus amenazas (Beck, 2010). Se llegó a este consenso a partir de que la comunidad científica internacional publicó el Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) concluyendo, más allá de toda duda razonable, que el clima de la Tierra se está calentando. Dentro de los muchos actores involucrados en acciones para la preservación

del medio ambiente, se encuentran ONGs, agencias gubernamentales, periodistas y ciudadanos preocupados por su futuro y el del planeta. Estos actores buscan motivar la participación ciudadana en acciones hacia el cuidado al medio ambiente.

Este trabajo, no pretende hacer un análisis de los movimientos sociales en defensa del medio ambiente, ni de organizaciones dedicadas al activismo, ni tampoco del activismo *per se*. Sin embargo, sí se recurre a ejemplos protagonizados por estos actores con el objetivo de extraer coincidencias que sirvan para ilustrar lo que ha funcionado y lo que no, dada la experiencia de dichos actores en la gestión de medios, estrategias de comunicación y participación en acciones en defensa al medio ambiente.

En este contexto del medio ambiente y la participación ciudadana, se busca conocer mejor las prácticas comunicativas de las organizaciones vinculadas al medio ambiente y sus esfuerzos para motivar la participación ciudadana hacia el cuidado del medio ambiente, de tal manera que se integren con proyectos de otros organismos gubernamentales o internacionales en la lucha contra acciones que están derivando en el cambio climático con claras manifestaciones a la vista.

A través de este trabajo se busca señalar qué factores deben tomarse en cuenta a la hora de planear una estrategia de comunicación para motivar la participación ciudadana en actividades en pro del medio ambiente. Además, se busca conocer si la comunicación a través de las redes sociales genera participación ciudadana. Algunos casos de estudio señalan el impacto de la comunicación en redes sociales para incentivar la participación ciudadana. Para intentar determinar este fenómeno, primeramente se ha recurrido a estudios previos que identifiquen las condiciones en las que este tipo de campañas se han realizado, para identificar el encuadre o framing de la información utilizado por las organizaciones.

Otro factor fundamental para las campañas de comunicación en redes sociales, es el hecho de que la conectividad influye de manera determinante en las estrategias de comunicación digital. Además de tomar en cuentas el nivel de conectividad en un área geográfica, también se debe considerar el perfil demográfico y las características de los usuarios de internet y redes sociales, sus hábitos y preferencias.

Creemos que una estrategia de comunicación realizada por Internet, que busque promover la participación ciudadana, debe formularse considerando aspectos fundamentales de la Web 2.0 y las características de la sociedad de la información y del conocimiento, ya que la relación del usuario con la información ha cambiado radicalmente. En la era digital, la comunicación sucede a través de nuevas plataformas, aplicaciones y dispositivos tecnológicos, en tiempo real y las 24 horas del día. La ubicuidad de los flujos de información hace necesario repensar los procesos de comunicación.

Los efectos que la tecnología tiene en la forma en que los usuarios de internet se comunican son cambios que deben ser estudiados para elaborar estrategias y campañas de comunicación que movilicen la participación ciudadana en torno a temas vinculados al medio ambiente. El cambio climático ha hecho sonar alarmas en todo el planeta, por lo que es importante continuar explorando la posibilidad de acercarnos al mayor número de respuestas sobre ¿cómo podemos utilizar las herramientas tecnológicas a nuestro alcance para organizarnos y tener un impacto tangible en nuestro entorno natural?

El objetivo en este trabajo es el estudio de una estrategia de comunicación online, dirigida a promover la participación ciudadana durante la Semana Nacional para la Conservación 2015, una iniciativa impulsada por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), un caso concreto cuyo objetivo es promover la participación de las personas en actividades en beneficio del medio ambiente. Para este estudio se utilizará una metodología mixta que incluye técnicas cuantitativas y cualitativas.

La participación ciudadana online, o en internet, no debe terminar en las redes sociales o cuando se apaga el ordenador, para que la acción colectiva a través de un ecosistema digital tenga incidencia esta debe trascender para llegar a impactar el entorno natural de las personas.

REFERENCIAS

- Bauman, Z. (1998). *Globalization: The human consequences*. Cambridge: Polity.
- Beck, U. (2010). Climate for change, or how to create a green modernity? *Theory Culture & Society*, 27(2-3), 254-266.

Edy Izaguirre Treviño



Es licenciado en Derecho, por la Unidad Académica de Derecho y Ciencias Sociales de la Universidad Autónoma de Tamaulipas; donde además, obtuvo Mención Honorífica, la maestría en Derecho Constitucional y el doctorado en Derecho. Es profesor en su *alma mater*, a nivel de licenciatura, de las materias de Derecho Electoral y Constitucional, e imparte las materias de Derecho Constitucional Comparado y Teoría de la Constitución, en los posgrados de Derecho Constitucional y de Ciencias Políticas. En los años 2012, 2014 y 2016, las generaciones de licenciatura, maestría y doctorado en Derecho, impusieron su nombre en reconocimiento a su trayectoria académica.

Ha sido conferencista en diversos foros estatales y nacionales, y coordinador y ponente de seminarios, diplomados, cursos y talleres con diferentes instituciones de prestigio nacional.

Es autor del libro *Medios de impugnación en material electoral*, publicado por la editorial NOVUM.

En febrero de 2011, el Pleno del Congreso del Estado de Tamaulipas, lo designó Coordinador del Instituto de Investigaciones Parlamentarias del Congreso del Estado, cargo en el que fue ratificado en febrero de 2014, para su segundo periodo de tres años. En fecha 19 de noviembre de 2015, el Pleno del Senado de la República lo distinguió designarlo de Magistrado del Tribunal Electoral del Estado de Tamaulipas, donde se desempeña actualmente.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

- Impartición de justicia electoral
- Actividades académicas relacionadas con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

Constitución

Edy Izaguirre Treviño

INTRODUCCIÓN

Para estar en condiciones de analizar las denominadas reformas estructurales a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en juicios orales, derechos humanos, juicio de amparo, transparencia y política-electoral, entre otras, sobre las cuales se pretende asentar un proyecto de nación del que hemos carecido por décadas, en primer lugar, consideramos indispensable comprender el concepto de Constitución, es decir, contextualizar el uso y función de la ley fundamental, sus teorías y conceptos, su evolución, las partes que la conforman, su clasificación, su vínculo con el ciudadano y con el servidor público. Esto nos permitirá establecer las bases para que en los capítulos subsecuentes, se analice de manera particular nuestra constitución vigente y los cambios sustanciales de que ha sido objeto con las últimas reformas. A continuación nuestro análisis del tema.

¿Que es una constitución?

La constitución para el ciudadano ha sido, es y será, la fuente de identidad con la vida pública del pueblo al que pertenece, siempre ha sido así, ya sea en la época o en el contexto en el que se quiera analizar, sencillamente, *-es fuente de derechos o de obligaciones, de libertades o restricciones, de democracia e instituciones, etc., siempre encaminada a regular la eterna relación entre gobernantes y gobernados-*. Podríamos afirmar que, así como la Biblia es para los creyentes la fuente para definir su fe y su relación con Dios; la constitución debe ser para los ciudadanos su principal vínculo de identidad con las instituciones del Estado y la manera en que pueden participar en los asuntos públicos que atañen a la sociedad a la que pertenecen.

Ello se afirma, porque desde que el hombre decidió agruparse en sociedad puso en marcha su ingenio para darse reglas de convivencia que le permitieran desenvolverse en un entorno con condiciones favorables para satisfacer, mínimo, sus necesidades de alimentación, vestido, protección y de participación en los asuntos de la comunidad, es ahí, donde decide plantearse las normas de conducta en sociedad, siendo la ley el instrumento perfecto para regular las relaciones humanas, particularmente, la de los detentores del poder de mandar y los destinatarios del deber de obedecer. Fue así como el hombre atendiendo a su naturaleza advirtió la

necesidad de establecer por escrito la manera en que el gobierno debe organizarse y conducirse, encontrando en la constitución el instrumento ideal para garantizar sus derechos y limitar el poder a los detentores, al respecto, su uso y función se ha ido perfeccionando a través de los siglos, Karl Loewenstein, lo precisa de la manera siguiente:

Han pasado muchos siglos hasta que el hombre político ha aprendido que la sociedad justa, que le otorga y le garantiza sus derechos individuales, depende de la existencia de límites impuestos a los detentores del poder en el ejercicio de su poder, independientemente si la legitimación de su dominio tiene fundamentos fácticos, religiosos o jurídicos. Con el tiempo se ha ido reconociendo que la mejor manera de alcanzar este objetivo será haciendo constar los frenos que la sociedad desea imponer a los detentores del poder en forma de un sistema de reglas fijas <<la constitución>>, destinadas a limitar el ejercicio del poder político. La constitución se convirtió así en el dispositivo fundamental para el control del proceso del poder.¹

El papel de la constitución como instrumento del control del poder, ha generado cuantiosos estudios desde diferentes ópticas del pensamiento humano, sencillamente, ha acompañado al hombre en la evolución del Estado, es decir, la forma de organizar sus funciones y de controlar a quienes las ejercen. En ese contexto, asentar el significado de constitución como el pacto político que sustenta la mayoría de las sociedades contemporáneas no es algo tan sencillo. Como ya se dijo, existen diversos estudios y posturas con relación al mismo, Manuel García Pelayo, atribuye esta pluralidad a las razones siguientes:

En primer término, porque si la mayoría de los conceptos jurídico-políticos son de un modo mediato o inmediato conceptos polémicos, éste, por referirse a la sustancia de la existencia política de un pueblo, está particularmente abocado a convertirse en uno de esos conceptos simbólicos y combativos que hallan su ratio no en la voluntad del conocimiento, sino en su adecuación instrumental para la controversia con el adversario. Sin duda, que el conocimiento llevado a cabo desde una perspectiva polémica, como partidario o como adversario, es capaz, en muchos casos, de una incisión más profunda en la realidad que la que proporciona un punto de vista “neutral”; pero no es menos cierto que con tales supuestos es difícil lograr unidad en la formulación del concepto. Mas a estas razones de índole subjetiva se une otra de carácter objetivo, a saber: el hecho que la constitución forma un nexo entre diversas esferas de la vida humana objetivada, por el que se vinculan sectores de la realidad política, jurídica, sociológica, etc.

¹ Loewenstein, Karl, *Teoría de la Constitución*, 2ª ed., trad., de Alfredo Gallego Anabitarte, Barcelona, Ariel, 1976, p. 149 Loewenstein, Karl, *Teoría de la Constitución*, 2ª ed., trad., de Alfredo Gallego Anabitarte, Barcelona, Ariel, 1976, p. 149

El concepto de constitución está vinculado con diversas ciencias y materias. Se habla de constitución desde el ámbito de la política, el Estado, la democracia, los derechos humanos, el control del poder, la transparencia, la rendición de cuentas, por mencionar algunos. Ciertamente, ese sólo hecho hace² al concepto polémico y lo vuelve un objeto de análisis por las diferentes ramas del pensamiento, es por ello, que se han ocupado de él, a lo largo de los siglos, filósofos, sociólogos, juristas y políticos, entre otros. A continuación algunas teorías y conceptos propuestos en su momento por cada uno de ellos:

Aristóteles

Para este célebre filósofo griego, “la constitución del estado tiene por objeto la organización de las magistraturas, la distribución de los poderes, las atribuciones de la soberanía, en una palabra, la determinación del fin especial de cada asociación política.”³ Es decir, como estructura de poder y esquema que determina la finalidad de la comunidad política. Al mismo tiempo, señalaba que, cuando se propone una constitución, es preciso que pueda ser aceptada y puesta fácilmente en ejecución, partiendo de la situación de los Estados actuales”.⁴ En ese sentido, para Aristóteles “el primer deber de un hombre de Estado consiste en conocer la constitución.”⁵ Para él, el gobernante debe estudiar cuál debe ser la mejor constitución para su país que le permita establecer un gobierno practicable, a la vez, debía ser capaz de mejorar el gobierno ya constituido, bajo ciertos elementos indispensables. Para Aristóteles, conocer la constitución es comprender las formas de gobierno existentes, mismas que deberían perfeccionarse si eran buenas y hacerse a un lado si eran malas. “Las formas buenas son aquéllas en las cuales los gobernantes ejercen el poder teniendo en cuenta el interés público, en las malas los gobernantes ejercen el poder de acuerdo con el interés individual.”⁶ Es evidente, que en el pensamiento de este filósofo *Constitución es forma de gobierno.*

Ferdinand Lassalle

Al disertar una conferencia ante una agrupación ciudadana en Berlín, en abril de 1862, este ilustre pensador señaló que:

La verdadera constitución de un país sólo reside en los factores reales y efectivos de poder que en ese país rigen; y las constituciones escritas no tienen valor ni son duraderas más que cuando dan *expresión* fiel a los factores

2 García-Pelayo, Manuel, *Derecho Constitucional Comparado*, Madrid, Alianza, 2000, p. 33

3 Aristóteles, *La Política*, s.e., México, ed. Época, 2004, p. 189.

4 *Ibidem*, p. 188.

5 *idem*.

6 Bobbio, Norberto, *La Teoría de las Formas de Gobierno en la Historia del Pensamiento Político*, 2ª ed., trad., de José Fernández Santillán, México, FCE, 2001, p. 37

de poder imperantes a la realidad social.”⁷ “En la Prusia de entonces él señalaba como parte de la constitución real, al jefe de Estado, al ejército, la justicia y la administración, la nobleza influyente, la bolsa, los banqueros e industriales y, en fin, la conciencia general y, en último término, la pequeña burguesía y sus trabajadores. Pero esas relaciones reales de poder se hallan en constante movimiento y cambian a cada momento, no obstante lo cual no dan lugar a caos sino que engendran, como organización y constitución, la unidad y ordenación del Estado.”⁸

Bajo estos parámetros, las leyes fundamentales vigentes deben reconocer los poderes públicos, que ya sabemos que serán el legislativo, ejecutivo y judicial, y establecer el rol de la iniciativa privada, sindicatos, los medios de comunicación, los partidos políticos y la oposición, organizaciones no gubernamentales, la iglesia, etc.

Hans Kelsen

Este ilustre jurista distingue dos sentidos del término constitución: el lógico-jurídico y el jurídico positivo.

En cuanto que esta norma fundamental u originaria establece un órgano primario creador del Derecho, es decir, el órgano constituyente que ha de determinar la base del sistema jurídico, representa la *Constitución en sentido lógico-jurídico*. Y en tanto, el legislador así determinado, establece las normas que regulan la legislación, es decir, la creación de normas generales, aparece en calidad de grado inmediato, la *Constitución en sentido jurídico positivo*.⁹

En ese orden de ideas, “el término “constitución”, en el sentido material más amplio de la palabra, hay que entender una norma o un conjunto de normas que regulan la creación de otras. En sentido estricto, solamente se emplea este término para designar los preceptos que regulan la creación de las normas jurídicas de grado superior, y, en particular, la creación de normas generales llamadas leyes.”¹⁰

De la constitución en sentido material, corresponde distinguir la constitución en sentido formal, esto es, el documento denominado “constitución” que, como constitución escrita, no sólo contiene normas que regulan la legislación, esto es, la producción de normas jurídicas generales, sino también normas que se refieren a otros objetos políticamente importantes, así como disposiciones según las cuales las normas contenidas en ese documento, la ley constitucional, no pueden ser derogadas o modificadas por simples leyes,

7 LASSALLE, Ferdinand. *¿Qué es una Constitución?* 2ª ed., trad., de Wenceslao Roces, México, Ariel, 2002, p. 119.

8 Heller, Harmann, *Teoría del Estado*, 2ª ed., trad., de Luis Tobío, México, FCE, 2011, p. 317.

9 KELSEN, Hans, *Compendio de Teoría General del Estado*, s.e., trad., de Luis Recaséns Siches y Justino de Azcarate, México, colofón, 2007, p. 191.

10 *Idem*.

sino bajo condiciones más difíciles mediante un procedimiento especial. Estas disposiciones configuran la constitución que, como forma, puede recibir cualquier contenido, sirviendo en primer término para estabilizar las normas que aquí designamos como constitución material, y que constituye el fundamento jurídico-positivo de todo orden jurídico estatal.¹¹

Respecto la constitución material y formal, el constitucionalista mexicano Jorge Carpizo, hace las precisiones siguientes:

- La constitución en sentido material significa que ella contiene: i) el proceso de creación de las normas jurídicas generales como las leyes; ii) las normas referentes a los órganos superiores, lo que estos pueden realizar, cómo se divide la competencia de ellos, y) iii) las relaciones de los hombres con el poder estatal: o sea, en la constitución se encuentra todo un catálogo de derechos fundamentales.
- La constitución en sentido formal existe cuando la distinción entre leyes ordinarias y leyes constitucionales; y cuando estas últimas para su creación y modificación siguen un procedimiento diferente y más complicado que el que se necesita para las leyes ordinarias, y además se necesita un órgano especial que no es el que crea y modifica la legislación secundaria. La constitución en sentido formal sólo existe cuando hay constitución escrita, o sea que no se halla en los países de Norma Fundamental consuetudinaria.¹²

Hermann Heller

El ilustre pensador alemán, refiere que la constitución política es aquella producida mediante la actividad humana consciente de ello y “su realidad potencial tiene su expresión en la probabilidad relativamente previsible de que la cooperación entre sus miembros vuelva a producirse de modo semejante en el futuro. La configuración actual de cooperación, que se espera se mantenga de modo análogo en el futuro, por la que se produce de modo constantemente renovado la unidad y ordenación de la organización, es lo que nosotros llamamos constitución en el sentido de la ciencia de la realidad.”¹³ Heller acentúa que el carácter dinámico del Estado y del derecho y en base a ello, refiere que: “La constitución del Estado no es por eso, en primer término, proceso sino producción, no actividad sino forma de actividad, es una forma abierta a través de la cual pasa la vida, vida en forma y forma nacida de la vida.”¹⁴ En su postura la constitución es una forma de actividad de la vida,

11 Kelsen, Hans, *Teoría Pura del Derecho*, 13ª ed., trad., de Roberto J. Vernengo, México, Ed., Porrúa 2003, p. 233

12 Carpizo, Jorge, *Estudios Constitucionales*, 8ª ed., México, Porrúa-UNAM, 2003, p. 36 y 37.

13 Heller, Hermann, *op. cit.*, nota 8, p. 317.

14 *idem*

por lo tanto, debe estar en ella reflejada la dinámica de los procesos de integración constantemente cambiantes, para que pueda permanecer a través de los tiempos.

Carl Schmitt

Para el alemán Schmitt, la palabra constitución reconoce diversidad de sentidos, pero, abordarse con inteligencia es delimitarla con el Estado, es decir, de la unidad política de un pueblo. En esa delimitación distingue los conceptos siguientes:

- **Constitución en sentido absoluto.** Es la manera de ser resultante de cualquier unidad política existente. Asimismo, señala tres acepciones dentro de este concepto: la primera, constitución es unidad y ordenación social. Aquí el Estado no tiene una constitución <<según la que>> se forma y funciona la voluntad estatal, sino que el Estado es constitución, es decir, una situación presente del ser y estatus de unidad y ordenación. La segunda, la constitución es forma de gobierno, pues le corresponde siempre una de las formas en la que los estados existen (monarquía, república, democracia, etc). En la tercera, constitución es igual al principio de devenir dinámico de la unidad política, del fenómeno de la continuamente renovada formación y erección de esta unidad desde una fuerza y energía subyacente u operante en la base.
- **Constitución en sentido relativo.** Consiste en que en lugar de fijarse el concepto unitario de constitución como un todo, se fija sólo el de ley constitucional concreta, en sentido relativo, significa pues, ley constitucional en particular.
- **Constitución en sentido positivo.** Surge mediante un acto del poder constituyente. Pero este acto no expide normas cualesquiera, sino, precisamente por un único momento de decisión, la totalidad de la unidad política considerada en su particular forma de existencia. Este acto constituye la forma y modo de la unidad política.
- **Constitución en sentido ideal.** Se denomina así a la constitución que satisface los principios y postulados de los partidos políticos, así como de la clase burguesa. En este contexto, su contenido satisface a cada uno de los actores de poder.¹⁵

15 Schmitt, Carl, *Teoría de la Constitución*, Madrid, Alianza Universidad Textos, 1982, pp 29-62.

Manuel García Pelayo

El español García Pelayo, señala que:

La constitución es un complejo normativo establecido de una sola vez y en el que de manera total, exhaustiva y sistemática se establecen las funciones fundamentales del Estado y se regulan los órganos, el ámbito de sus competencias y las relaciones entre ellos.¹⁶ En diversa reflexión en torno al derecho comparado refiere que “la constitución es, pues, un sistema de normas. No representa una suma resultante de decisiones parciales tomadas según van surgiendo los acontecimientos o presentándose las situaciones, sino que aparte de la creencia en la posibilidad de establecer de una sola vez para siempre y de manera general un esquema de organización en el que se encierre la vida del Estado y en el que se subsuman todos los casos particulares posibles.¹⁷

A la vez, distingue las tipologías siguientes:

- **Concepto racional normativo de constitución.** Se concibe como un complejo normativo establecido de una sola vez y en el que de una manera total, exhaustiva, y sistemática se establecen las funciones fundamentales del Estado y se regulan los órganos, el ámbito de sus competencias y las relaciones entre ellos. La constitución es, pues, un sistema de normas, donde la existencia y competencia de los poderes e instituciones tradicionales deben su existencia política y jurídica a la constitución.
- **Concepto histórico tradicional de constitución.** Surge en su formulación consciente como actitud polémica frente al concepto racional o dicho de un modo más preciso, como ideología del conservatismo frente al liberalismo. El revolucionario mira en el futuro y cree en la posibilidad de conformarlo; el conservador mira en el pasado y tiende a considerarlo como un orden inmutable. Pero, en todo caso, el historicismo constituye el fundamento espiritual de la tesis que la constitución de un pueblo no es un sistema producto de la razón, sino de una estructura resultado de una lenta transformación histórica, en la que intervienen frecuentemente motivos irracionales y fortuitos irreductibles a un esquema. Por consiguiente, está claro que la constitución de un país no es creación de un acto único y total, sino de actos parciales reflejos de situaciones concretas y, frecuentemente, de usos y costumbres formados lentamente y cuya fecha de nacimiento es imprecisa.

¹⁶ García Pelayo, Manuel, *Escritos políticos y sociales*, Madrid, Centro de estudios constitucionales, 1989, p. 34.

¹⁷ García Pelayo, Manuel, *op. cit.*, nota 2, p. 35.

- **Concepto sociológico de constitución.** Es la proyección de sicologismo en el campo constitucional, entendiendo por tal una concepción científica y una actitud mental que de manera más o menos intensa relativiza la política, el derecho y la cultura a situaciones sociales. En todo caso, es característica del concepto sociológico de constitución entender que la estructura política real de un pueblo no es creación de una normatividad, sino expresión de una infraestructura social, y que si tal normatividad quiere ser vigente ha de ser expresión y sistematización de aquélla realidad social subyacente.¹⁸

Biscaretti di Ruffia

Para Biscaretti di Ruffia la expresión constitución es variable, por lo que, para su comprensión es necesario atender sus diferentes connotaciones, las que resume de la manera siguiente:

- **Sentido institucional.** Es el acogido por las ciencias naturales en el que constitución significa estatus, orden, conformación, estructura esencial de un ente o de un organismo en general.
- **Sentido sustancial.** Constitución es todo aquel complejo de normas jurídicas fundamentales, escritas o no escritas, capaz de trazar las líneas maestras del mismo ordenamiento.
- **Sentido instrumental del latín *strumentum*: documento legal.** Es el acto fundamental en el cual han sido formuladas solemnemente la gran mayoría de las normas materialmente constitucionales. Aquí la constitución es redactada y votada por una Asamblea Constituyente ad hoc elegida generalmente por sufragio universal y notablemente representativo y extenso.
- **Sentido material.** Constitución en sentido material es régimen político. En este sentido serviría para indicar el conjunto de los elementos organizadores necesarios para que subsista el Estado.¹⁹

Ricardo Guasini

Como hemos señalado, son precisamente las manifestaciones de la vida social y, particularmente, los actos del hombre en el ejercicio del poder, por las que surgen varias teorías y conceptos sobre la constitución, al margen de otras disciplinas, en un contexto meramente jurídico y político, encontramos que el profesor italiano

¹⁸ *Ibidem*, 1991, pp. 33-53.

¹⁹ Biscaretti di Ruffia, Paolo, *Derecho Constitucional*, trad., de Pablo Lucas Verdu, Madrid, 1982, ed., Técno, pp. 148-151.

Ricardo Guasini, distingue los cuatro significados principales, al referir que:

- En una **primera acepción**, “constitución” denota todo ordenamiento político de tipo “liberal”.
- En una **segunda acepción**, “constitución” denota un cierto conjunto de normas jurídicas, grosso modo, el conjunto de normas —en algún sentido fundamentales— que caracterizan e identifican todo ordenamiento.
- En una **tercera acepción**, “constitución” denota —simplemente— un documento normativo que tiene ese nombre (o un nombre equivalente).
- En una **cuarta acepción**, en fin, “constitución” denota un particular texto normativo dotado de ciertas características “formales”, o sea de un peculiar régimen jurídico.²⁰

Jorge Carpizo

Para éste ilustre constitucionalista mexicano,

“la constitución de un país es un eterno duelo entre ser y deber ser, entre realidad y norma. La constitución de un país es una perpetua adecuación entre un folleto y la vida. En esta forma podemos explicarnos que un concepto constitucional gramaticalmente invariable modifique su sentido y alcance a través de la jurisprudencia, de la doctrina jurídica o de algún otro medio, en sentido diferente al que se le solía atribuir.”²¹

Evidentemente, Carpizo hace sentir en su concepto la necesidad de la adecuación de la constitución a la evolución de las sociedades, como un elemento de realidad del texto constitucional.

Elisur Arteaga Nava

Este otro célebre jurista mexicano señala que “una constitución es un complejo normativo de naturaleza suprema y fundamental. Es un conjunto de normas dispuestas sistemáticamente con el propósito de organizar un Estado; ellas regulan el uso del poder, garantizan el respeto de las libertades y permiten el acceso de derechos; son de jerarquía superior, permanente, escrita, general y reformable. Estas características, en la actualidad, pudieran ser aplicables en el caso del estado mexicano.”²²

Como podemos advertir, la palabra constitución vinculada con el Estado, ha generado un sin número de teorías y definiciones, el hombre ha tratado de con-

20 Guastini, RICARDO, *Estudios de Teoría Constitucional*, trad. de Miguel Carbonell, México, 2001, Doctrina Jurídica Contemporánea – UNAM, pp. 29-30.

21 Carpizo, Jorge, op.cit., p. 43

22 Arteaga Nava, Elisur, *Derecho Constitución*, 3ª ed., México, Oxford, 2008, p. 2

cretar cuál es su uso y función a través de la historia de la humanidad, lo cual, por supuesto, no le ha sido sencillo, ya que, las sociedades que se han constituido en un Estado bajo un pacto constitucional, dan expresión a sus costumbres, usos, prácticas, evolución, instituciones, etc., básicamente, lo que han sido, son y a lo que aspiran constituirse (ser y deber ser). Por lo tanto, al representar las sociedades características tan diversas que se manifiestan a través de sus leyes, por ello, encontramos en las teorías y conceptos expuestos parámetros similares pero también diferencias, particularmente, las expresadas antes de la Declaración Universal de los Derechos del Hombre y del Ciudadano de Francia de 1789, en la que, se estableció en el artículo 16 que: *Toda la sociedad en la cual la garantía de los derechos no está asegurada ni la separación de poderes establecida, no tiene Constitución.*

A partir de aquí, el concepto se generalizó y se volvió más uniforme, surgió entonces un concepto moderno y por “constitución puede entenderse, por ejemplo, como un ordenamiento jurídico de tipo liberal; como un conjunto de normas jurídicas que contiene las disposiciones en algún sentido fundamentales de un Estado; como un documento normativo que tiene ese nombre; y como una norma dotada de ciertas características, es decir, que tiene un régimen jurídico particular”.²³ “En definitiva, debe considerarse la constitución como la ley fundamental y suprema del Estado, que atañe tanto a las atribuciones y límites a la autoridad como a los derechos del hombre y pueblo de un Estado. Además, la constitución estipula los derechos y deberes tanto de los gobernantes como de los gobernados en orden a la solidaridad social”.²⁴

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos es la máxima ley de nuestro país, en ella se albergan los derechos humanos de las personas y las garantías para hacerlos efectivos, asimismo, se estructuran los poderes públicos en las ramas legislativa, ejecutiva y judicial, y atendiendo a nuestra forma de gobierno federal se establecen los estados que componen la federación, se prevé la organización política de la Ciudad de México como capital del país, y de las entidades federativas y de los municipios, respectivamente, es decir, la existencia de los órdenes de gobierno federal, estatal y municipal, finalmente, se establecen una serie de órganos autónomos que realizan funciones que el *Constituyente Permanente* les ha delegado, tales como, la protección de derechos humanos, la organización de las elecciones, transparencia, telecomunicaciones, de la evaluación del nuevo modelo educativo, entre otros.

23 http://www.miguelcarbonell.com/docencia/que_es_una_Constitucion.shtml (marzo de 2014).

24 Arnáiz Amigo, Aurora, Diccionario del Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM, Porrúa-UNAM p. 791

El uso de la constitución en la época antigua

Hay constituciones que han sobrepasado a su época por el notable ingenio con el que fueron diseñadas en su contenido. Preguntas inevitables relacionadas con el tema son: ¿Desde cuándo existen constituciones? ¿Cuáles fueron las primeras? ¿Cuáles se prolongaron a través de los siglos? En ese sentido, vale precisar que en tiempos remotos y lugares lejanos, existieron pueblos como Grecia y Roma que se esforzaban por darse reglas de convivencia, orden social y progreso. Lugares donde surgió el concepto de constitución, precisamente, como el instrumento de control de los integrantes de la sociedad y de los depositarios del poder público. Evidentemente, la constitución de los tiempos antiguos no es la misma de los tiempos modernos.

En las siguientes líneas se realiza un breve apunte de la historia constitucional, a fin de cotejar la función de la constitución como instrumento de control social en el devenir de los siglos.

Grecia

Para entender como la *politeía* de Aristóteles es, lo que en los tiempos actuales denominamos constitución, es necesario ubicarnos en el contexto social, político y económico de aquella época, particularmente en las prácticas desarrolladas a mediados del siglo IV antes de Cristo. Lo que de manera puntual narra Maurizio Fioravanti, al señalar que:

“Se trata de un tiempo de decadencia política provocada, sobre todo, por la transformación de la ciudad –la polis- de lugar de ejercicio de derechos políticos de la ciudadanía, de reconocimiento colectivo de una pertenencia política común, a lugar caracterizado preferentemente por la economía y el intercambio, de manera particular en relación con el cada vez más intenso tráfico comercial y marítimo. La mercantilización de la polis produce también, con frecuencia de manera violenta, un creciente conflicto entre pobres y ricos, en el que los primeros reivindican formas cada vez más amplias de asistencia pública y los segundos luchan por impedir que el problema de la indigencia se responda con medidas radicales, con la confiscación y la distribución de las tierras.”²⁵

Así, de ser Atenas el lugar donde se garantizaba a los ciudadanos su participación en asambleas públicas, el espacio de oportunidad para cargos públicos y magistraturas a todos los ciudadanos en condiciones de igualdad, la *polis* de la alternancia

25 Fioravanti, Maurizio, *Constitución. De la Antigüedad a Nuestros Días*, trad., de Manuel Martínez Neira, Madrid, ed., Trota, 2001, p. 15.

de gobernantes y de la rendición de cuentas, entre otros derechos y prácticas democráticas, ahora se encontraba en plena decadencia política. Es precisamente aquí donde Aristóteles, “en un contexto de crisis y replanteamiento, de balance y valoración de la triunfante forma de gobierno democrático toma cuerpo con firmeza un uso concreto del concepto *politeía*, que los modernos traducen habitualmente con el sentido de constitución.”²⁶ Evidentemente, la necesidad de los atenienses en la época antigua versaba en establecer la forma o manera de la organización que garantizara la unión del pueblo. El mismo Maurizio Fioravanti, nos puntualiza el fin de la constitución de Atenas:

En pocas palabras, no es más que el instrumento conceptual del que se sirve el pensamiento político del siglo IV para enunciar su problema fundamental: la búsqueda de una forma de gobierno adecuada al presente, tal que refuerce la unidad de la polis, amenazada y en crisis desde distintos frentes. En el ámbito de ese pensamiento, esta búsqueda tiene ahora una palabra que la anima, que le permite expresarse, que es precisamente politeía. Con ella se intenta subrayar la necesidad de penetrar en la forma de la unión política, de manera que tome lo que en el fondo caracteriza la polis, lo que la mantiene unida.²⁷

Aristóteles escribe la constitución de Atenas como producto del primer estudio de derecho constitucional comparado, pues “no hay que olvidar que Aristóteles fue el primer poseedor de una gran biblioteca.”²⁸ En ésta contaba con una “inmensa compilación de las constituciones de las ciudades, que comprendía hasta 158.”²⁹ *La Constitución de Atenas* es en cierto modo un muestrario de los distintos tipos de constitución que en teoría aparecen en la *Política*.³⁰ La constitución para Aristóteles en su concepción Estado-ciudad, es aquella que regula y estructura las funciones de la *polis* y, a la vez, establece la finalidad de la comunidad política.

Roma

Los romanos son la comunidad política en la que encontramos los antecedentes y evolución de la palabra constitución. En la Roma (*civitas*) es de donde proviene este vocablo. “El simple hecho de que las lenguas modernas hayan conservado el término constitución hace indispensable un estudio del significado original de *constitutio*, palabra de la cual derivan sus equivalentes modernos.”³¹ Lo afirmado

26 *Ibidem*, p. 18.

27 *Idem*, p. 19.

28 Tovar, Antonio, en el estudio preliminar a Aristóteles. *La Constitución de Atenas*, trad., Tovar, Antonio, Madrid, Instituto de Estudios Políticos, 1948, p.

29 *Ibidem*., p. 17.

30 *Idem* pp., 26-27

31 Tamayo y Salmorán, Rolando, *Introducción al Estudio del Derecho*, México, Fontamara, 1979, p. 37

nos lleva a escudriñar su raíz etimológica, lo que Rolando Tamayo y Salmorán, nos refiere que:

Constitutio (onis) viene del verbo latino constituere que significa poner, colocar, levantar, constituir, fundar...

Asimismo, señala diversos usos y significados de la palabra *constitutio*, entre otros, refiere los siguientes:

Estado, postura, carácter, orden, organización, disposición, norma, estatuto, ley, ordenanza.

Lo cierto es que, la constitución en Roma “se traduce esencialmente en una teoría de magistraturas y del equilibrio entre los poderes,”³² ya sean cónsules, senado, aristocracia y la expresión del pueblo en las asambleas como el referente de expresión democrática.

En resumen, en la época antigua la constitución de Atenas estaba encaminada a establecer la disciplina y la unión social y la de Roma, la del ejercicio y limitación del poder.

La constitución medieval

La palabra constitución fue consolidando sus diversos significados durante la edad media, particularmente, aquella atinente a legislación, como lo apunta Georges Burdeau³³, al señalar que:

La constitución de la comunidad es siempre la manera de ser de la organización política, es más una descripción que una norma. Para que la constitución sea comprendida como legislación negociada (pactos, cartas, etcétera), en el que se establezcan prerrogativas y obligaciones de gobernantes y súbditos es necesario esperar la renovación de las bases de la comunidad política que se realiza, justamente, en la Edad Media.

En esta época, la palabra constitución va a emplearse como sinónimo de cartas, pactos o fueros, para otorgar franquicias, privilegios y libertades, como sustento a las relaciones entre regiones, ciudades, villas, comunas, reinos, etcétera. En ese sentido, constitución en la edad media “va a adquirir progresivamente el significado “legislación”; pero de una legislación que fundamenta y explica las relaciones de poder de los individuos en la comunidad política.”³⁴ En este contexto, Georges Burdeau,³⁵ precisa:

³² Fioravanti, Maurizio, op. cit., nota 25, p. 26.

³³ Burdeau, Georges en Tamayo y Salmorán, Rolando, *Introducción al Estudio del Derecho*, México, Fontamara, 1979, p. 52.

³⁴ Tamayo y Salmorán, op. cit., nota 31, p. 52

³⁵ Burdeau, Georges en Tamayo y Salmorán, Rolando, op. cit., nota 33, p. 57

Estas cartas, pactos o constituciones, definen el estado jurídico de una colectividad, de un territorio, de una ciudad. Poco importa que los derechos de los que se trata hayan sido otorgados, reconocidos o arrancados por fuerza o consagrados por la costumbre; ellos definen un Estado cuyo contenido beneficia a la entidad (ciudad) a nombre de la cual la carta o constitución haya sido expedida.

Así como en la antigüedad encontramos a la constitución de Atenas como ejemplo de esta época; en la edad media contamos con la *Carta Magna* de 1215, emitida por el rey Juan Sin Tierra. Esta contiene una serie de concesiones a sus rebeldes barones que se le habían revelado a éste monarca, al grado de negarle su fidelidad por causa de sus arbitrariedades. “La importancia de la Carta Magna está en que se estableció por primera vez un principio constitucional muy significativo, a saber, que el poder del rey puede ser limitado por una concesión escrita. Y está considerada como la base de las libertades constitucionales de Inglaterra.”³⁶ Otro de los grandes aciertos de este documento es que contenía un medio de quejas para la observancia de los derechos que en ella se establecían, es decir, los instrumentos para hacer prevalecer su contenido. “Ciertamente, el caso inglés tiene sus características específicas, pero no se trata de un caso aislado. Junto a la *Magna Charta* de 1215 pueden recordarse la bula de oro húngara de 1222, el privilegio general aragonés de 1283, hasta aquellos verdaderos y propios contratos que después se estipularon entre señores territoriales y estamentos, sobre todo en los territorios alemanes, como el Tratado de Tubinga de 1514. Y junto al parlamento inglés tenemos los Estados generales de Francia, las Cortes de la Península ibérica, los *Landtage*, las asambleas territoriales, en Alemania. Asistimos así, a lo largo de todo el territorio europeo, a la formación de un *derecho público*, en el amplio contexto del reino o dentro de ámbitos territoriales más reducidos, que tiene como carácter dominante aquel medieval de la *territorialidad*, que responde a una concepción del territorio no como mera definición perimetral del poder del *imperium*, como sucederá en el derecho público moderno, sino como realidad viva, que contiene un derecho concreto de la comunidad política, que los distintos contratos y acuerdos escritos, a partir de la *Magna Charta*, presuponen y prevén en su organización, con el intento evidente de mantener aquel derecho, de asegurar en su puesto y en su función a todas las fuerzas agentes de aquel territorio cierto.”³⁷ En esta época, podemos “señalar que constitución significa un instrumento, generalmente de tipo legislativo, por medio del cual se otorgan ciertas franquicias o privilegios —estimados como derechos reales— a los individuos de una comunidad política, burgos, villas o ciudades”³⁸ en sín-

36 MICHICADO, Jorge, Carta Magna de Juan Sin Tierra de 15 de junio 1215., p. 6

37 Maurizio, Fioravanti, op. cit., nota 25., pp. 51-52

38 Tamayo y Salmorán, op. cit., nota 31, p. 54

tesis, en la edad media hablar de constitución es hablar de reglas, pactos, convenios donde se establecían límites al poder gobernante.

Durante la edad media, Inglaterra continuaría con una fuerte tradición constitucional para reconocer derechos a los pueblos y limitando cada vez más al monarca, de ahí que además de la Carta Magna, la historia registre los siguientes documentos constitucionales: a) *Bill of Petition* de 1628; b) *Habeas Corpus* de 1679; y, c) *Bill of Rights* de 1689.

- **Bill of Petition.** En este documento se estableció, entre otras cosas: a) Que nadie podía ser obligado a prestar dinero al rey contra su voluntad porque tal obligación era contraria a la razón y a las libertades del Reino; b) Nadie podía ser arrestado sino de acuerdo con la ley; y, c) Nadie debía pagar impuesto alguno, salvo común consentimiento otorgado por la Ley del Parlamento.³⁹
- **Habeas Corpus.** En esta ley se estableció que los jueces podían exigir comparecencia ante sus tribunales de cualquier persona que estuviese detenida, para examinar si la declaración era justa, pues nadie que estuviese acusado o convicto de un delito podía ser privado de su libertad.⁴⁰
- **Bill of Rights.** Esta Carta de Derechos estableció: a) Que no se pueden suspender las leyes y la aplicación de las mismas, en virtud de la autoridad real y sin el consentimiento del Parlamento; b) Toda cobranza de impuestos en beneficio de la corona o para su uso, bajo el pretexto de la prerrogativa legal sin consentimiento del Parlamento es ilegal; c) El reclutamiento o mantenimiento de un ejército dentro de las fronteras del Reino en tiempo de paz, sin la autorización del Parlamento son contrarios a la ley; d) El Parlamento debía reunirse con frecuencia; e) Las elecciones de los miembros del Parlamento deben ser libres; f) Las libertades de expresión, discusión y actuación en el Parlamento no pueden ser juzgadas ni investigadas por otro tribunal que el Parlamento.⁴¹

La Petición de Derechos vendría a confirmar y aumentar los derechos y garantías previstos en la Carta Magna, en tanto, el *Habeas Corpus* tenía como finalidad garantizar la libertad e impedir detenciones arbitrarias, finalmente, la Carta de Derechos establece una serie de derechos humanos indispensables para el desarrollo del hombre en sociedad en aquella época. Estas leyes servían de pacto entre el rey y los súbditos, es decir, no creaban derechos para las futuras generaciones sino el reco-

39 Secco Ellauri, Oscar y Baridon, Pedro Daniel, en Sirvent Gutiérrez, Consuelo, *Sistemas Jurídicos Contemporáneos*, 10ª ed., Porrúa, México, 2007, p. 68.

40 *Ibidem*, p. 69

41 *Ídem*.

nocimiento de los derechos que se les reconocía al pueblo en las generaciones que precedían, lo contrario, se realiza en las declaraciones de derechos de las constituciones de las colonias americanas, donde el reconocimiento de los derechos servían de legado a las generaciones venideras. Sin embargo, vale precisar, que esos cinco siglos de evolución constitucional del pueblo inglés representan un antecedente del origen y evolución de los derechos humanos.

La Constitución Moderna (Estados Unidos y Francia)

La constitución moderna tiene sus antecedentes en dos movimientos revolucionarios, el de Estados Unidos de América y el de Francia, que por su legado se convirtieron en corrientes de pensamiento que sirvieron de inspiración para la construcción del constitucionalismo moderno, “con su tipología de *constitución formal* o escrita, suprema y rígida, tiene como presupuesto el ser esa constitución la *superley* de garantías para las personas y para todo el ordenamiento jurídico.”⁴²

Estados unidos

El concepto de constitución en sentido moderno tiene sus antecedentes en hechos políticos que se expandieron como corrientes de pensamiento. “En este aspecto, puede afirmarse que las raíces inmediatas del constitucionalismo escrito se encuentran también en el pensamiento político de Locke, Montesquieu, Rousseau y otros filósofos de la Ilustración, que hicieron circular interesantes y novedosas ideas sobre los derechos del hombre, el principio de la división de poderes y la soberanía del pueblo. Tales ideas encontraron cabida en la teoría contractualista que gozaba de mucha popularidad, y según la cual la sociedad había nacido sobre un pacto. Se pensó entonces en elaborar una especie de contrato o pacto, donde se inscribían todos esos principios ideológicos y de gobierno para que fueran respetados, así nacieron las primeras constituciones en Norteamérica y en Francia.”⁴³

Así como los antecedentes más significativos de la constitución antigua y medieval los encontramos en Grecia e Inglaterra, con la *politeía* y la Carta Magna, el surgimiento de la constitución moderna tiene su origen en los Estados Unidos de América, la cual fue redactada en la convención de Filadelfia.

Ésta inició sus sesiones el 25 de mayo de 1787, con la asistencia de 29 delegados provenientes de todos los estados, con excepción de Rhode Island. El mismo día que se iniciaron las sesiones, George Washington fue nombrado presidente de la convención y se dispuso que las sesiones fueran secretas.

42 Bidart Campos, Germán, *El Derecho de la Constitución y su Fuerza Normativa*, EDIAR-UNAM, México, 2003, p. 25
43 Fix-Zamudio, Héctor y Valencia Carmona, Salvador, *Derecho Constitucional Comparado*, 5ª ed., Porrúa, México, 2007, pp. 49-50.

Asimismo se debatió el objeto de la convención y se concluyó que éste ya no sería proponer enmiendas a los Artículos de la Confederación, sino elaborar una nueva constitución.⁴⁴

Las colonias habían encontrado en la redacción de leyes fundamentales la fuente de sus derechos y el establecimiento de límites a las autoridades. “La aparición de la constitución de Virginia de 1776 vendría a modificar los usos de constitución o, al menos, a alterarlos gravemente -producirían la discriminación de los otros significados-, varios son los elementos que intervienen para producir este cambio: a) La tradición política de Inglaterra, b) La práctica constitucional de las colonias inglesas de Norteamérica y, c) La filosofía de la ilustración”.⁴⁵ La constitución de los Estados Unidos de América de tan sólo 7 artículos⁴⁶ estableció “cuatro pilares del gobierno estadounidense: 1) Federalismo –crea un gobierno central y gobiernos locales con jurisdicciones distintas-; 2) Separación de poderes –establece tres ramas independientes que son el Legislativo, el Ejecutivo y el Judicial-; 3) Sistema de pesos y contrapesos –incluye límites ente las ramas de gobierno para evitar abusos del poder-, y 4) Carta de Derechos Fundamentales –contiene los derechos que protegen a los individuos.⁴⁷ La constitución de Estados Unidos de América de 1787 es un referente para los estudiosos del derecho constitucional, sencillamente, por las razones siguientes, entre otras: 1) Es la constitución más antigua del mundo; 2) Es la constitución con menos reformas, no obstante los más de dos siglos de vigencia; y, 3) Estableció una forma de gobierno presidencial, sin precedente en ningún otro país.

Francia

Una afirmación generalizada por la doctrina es -aunque aún se discute-, que las constituciones americanas, particularmente, la constitución de Virginia de 1776, son el antecedente de la Declaración Universal de los Derechos del Hombre y del Ciudadano.⁴⁸ Sin embargo, “el gran valor y trascendencia de la Declaración Francesa de 1789, fue el de haber inscrito de manera formal los derechos del hombre; antes de ese momento tal costumbre no existía, por lo que a partir de ese momento cobró una validez universal; en esa virtud el fenómeno ha sido histórico.”⁴⁹ Es a

44 Velasco, Márquez, Jesús, *¿Qué es Estados Unidos?* 1ª ed. 2008, editorial FCE, México, p. 32.

45 Tamayo y Salmorán, op. cit., nota 31, pp. 69-70.

46 Más adelante se enmendaría a la Constitución Americana para reconocer los derechos de los ciudadanos, que originalmente no se contempló su articulado.

47 Blackmore, Hazel, *¿Qué es Estados Unidos?* 1ª ed. 2008, Editorial FCE, México, p. 131

48 Sirve de ejemplo el debate suscitado entre el alemán George Jellinek y el francés Emile Boutmy, derivado de la publicación que el primero realizó en torno a la Declaración de los Derechos del Hombre y del Ciudadano, donde, entre otras cosas, señaló que la declaración de derechos no tenía su antecedente en Francia sino en Estados Unidos.

49 Vallarta, Plata, José Guillermo, *La protección de los Derechos Humanos Régimen Internacional*, 1ª ed.,

partir del 26 de agosto de 1789 con la aprobación de esta declaración que surge la codificación progresiva de los derechos humanos en los textos constitucionales.

La Declaración Universal de los Derechos del Hombre y del Ciudadano de Francia, consta de un preámbulo y 17 artículos. El pensamiento iusnaturalista contenido en su preámbulo, se transcribirá más adelante, en relación a los derechos que establecía dicha declaración, se resumen en el cuadro⁵⁰ siguiente:

Artículos	Resumen de su Contenido
Artículo 1	Igualdad y libertad
Artículo 2	Los derechos naturales e imprescriptibles
Artículo 3	La soberanía
Artículo 4	La libertad y sus límites
Artículo 5	Las prohibiciones legales
Artículo 6	El papel de la ley
Artículo 7	Legalidad penal
Artículo 8	Características de las penas
Artículo 9	Presunción de inocencia
Artículo 10	Libertades de opinión y religión
Artículo 11	Libertad de expresión
Artículo 12	La fuerza pública
Artículo 13	Principios fiscales
Artículo 14	Supervisión de la recaudación y características de las contribuciones
Artículo 15	Rendición de cuentas
Artículo 16	La Constitución
Artículo 17	La propiedad

En el contexto del tema que nos ocupa, se hace necesario transcribir íntegramente el contenido del artículo 16 de la declaración en consulta, por ser la enumeración que habla de la Constitución, mismo que se reproduce a continuación:

- *Artículo 16.- Toda la sociedad en la cual la garantía de los derechos no está asegurada ni la separación de poderes establecida, no tiene constitución.*

Miguel Carbonell⁵¹ en sus comentarios a este dispositivo legal, refiere que: estas ideas son las que justifican que la división de poderes sea una exigencia “mínima”

México 2006, editorial Porrúa, p. 55

50 El resumen de los artículos es el señalado por Miguel Carbonell en su estudio de la Declaración Universal de los Derechos del Hombre y del Ciudadano de Francia, en la obra: Una Historia de los Derechos Fundamentales.

51 Carbonell, Miguel, *Una Historia de los Derechos Fundamentales*, México, UNAM-PORRÚA-CNDH, 2005, p.142.

de cualquier constitución (en realidad se podría decir, del tipo Estado Constitucional), junto con los derechos fundamentales. Es probable que en el momento fundacional del Estado constitucional, que es justamente cuando se expide la declaración, la idea de la división de poderes fuera más una reacción contra el absolutismo monárquico y una prevención de la tutela de los derechos (en la idea de Montesquieu), que un entramado muy bien pensado de “pesos y contrapesos”.

Contenido de la constitución

Tradicionalmente la constitución escrita se divide en tres grandes apartados para su análisis, a decir son: un preámbulo, la parte dogmática y la orgánica.

Preámbulo

No toda constitución contiene un Preámbulo. En él se expresa la búsqueda del bien común a través de ideas básicas, principios o valores que llevaron al Poder Constituyente a expedir una nueva constitución, por lo que, no es usual trastocar la Ley Fundamental de un país, para reformar, adicionar o derogar el contenido de este apartado.

Los preámbulos universalmente más conocidos son el de la constitución de los Estados Unidos de América, el de la Declaración Universal de los Derechos del Hombre y del Ciudadano de Francia; y, el de la Ley Fundamental de la República Federal de Alemania de 1949, éstos establecían lo siguiente:

- **Constitución de los Estados Unidos de América.** NOSOTROS, el Pueblo de los Estados Unidos, a fin de formar una Unión más perfecta, establecer Justicia, asegurar la tranquilidad interior, proveer para la defensa común, promover el bienestar general y asegurar para nosotros y para nuestra prosperidad los beneficios de la Libertad, establecemos y sancionamos esta Constitución para los Estados Unidos de América.
- **La Declaración Universal de los Derechos del Hombre y del Ciudadano de Francia.** Los representantes del pueblo francés, constituidos en Asamblea Nacional, considerando que la ignorancia, el olvido o el desprecio de los derechos del hombre son las únicas causas de los males públicos y de la corrupción de los gobiernos, han decidido exponer, en una declaración solemne, los derechos naturales, inalienables y sagrados del hombre, con el fin de que esta declaración, constantemente presente para todos los miembros del cuerpo social, le recuerde permanentemente sus derechos y sus deberes; con el fin de que los actos del poder legislativo y los del poder ejecutivo, al poder ser comparados a cada instante con la

meta de toda institución política, sean más respetados; con el fin de que las reclamaciones de los ciudadanos, fundadas desde ahora en principios simples e incontestables se dirijan siempre al mantenimiento de la constitución y a la felicidad de todos.

- **Ley Fundamental de la República Federal de Alemania.** Consciente de su responsabilidad ante Dios y ante los hombres, animado de la voluntad de servir a la paz del mundo, como miembro con igualdad de derechos de una Europa unida, el pueblo alemán, en virtud de su poder constituyente, se ha otorgado la presente Ley Fundamental. Los alemanes, en los Länder de Baden-Wurtemberg, Baja Sajonia, Baviera, Berlín, Brandeburgo, Bremen, Hamburgo, Hesse, Mecklemburgo-Pomerania Occidental, Renania del Norte- Westfalia, Renania-Palatinado, Sajonia, Sajonia-Anhalt, Sarre, Schleswig-Holstein y Turingia, han consumado, en libre autodeterminación, la unidad y la libertad de Alemania. La presente Ley Fundamental rige, pues, para todo el pueblo alemán.
- **Constitución de Francia.** El pueblo francés proclama solemnemente su adhesión a los derechos humanos y a los principios de la soberanía nacional tal y como fueron definidos por la Declaración de 1789, confirmada y completada por el Preámbulo de la Constitución de 1946. Así como a los derechos y deberes definidos en la Carta del Medio Ambiente de 2003. En virtud de estos principios y del de la libre determinación de los pueblos, la República ofrece a los Territorios de Ultramar que manifiesten la voluntad de adherirse a ella nuevas instituciones fundadas en el ideal común de libertad, igualdad y fraternidad y concebidas para favorecer su evolución democrática.

En el ámbito nacional, dos de nuestras constituciones, la de 1824 y la de 1857, establecían un preámbulo, poco difundido su contenido, por no decir nada, ha sido abordado su estudio por la doctrina constitucional en nuestro país. Nos atrevemos a afirmar, que esto se debe “posiblemente” a que se señala a Dios como autor y legislador supremo de la sociedad, o que se expiden en su nombre sendas leyes fundamentales. A continuación se transcribe el contenido de los mismos.

- **Constitución de los Estados Unidos Mexicanos de 1824.** En el nombre de Dios Todopoderoso, autor y supremo legislador de la sociedad. El congreso general constituyente de la nación mexicana, en desempeño de los deberes que le han impuesto sus comitentes para fijar su independencia política, establecer y afirmar su libertad, y promover su prosperidad y gloria, decreta la siguiente CONSTITUCIÓN DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS.

- **Constitución de los Estados Unidos Mexicanos de 1857:** IGNACIO COMONFORT, Presidente sustituto de la República Mexicana, a los habitantes de ella, sabed:

Que el Congreso extraordinario constituyente ha decretado lo que sigue:

En el nombre de Dios y con la autoridad del pueblo mexicano.

Los representantes de los diferentes Estados, del Distrito y Territorios que componen la República de México, llamados por el plan proclamado en Ayutla el 1° de Marzo de 1854, reformado en Acapulco el día 11 del mismo mes y año, y por la convocatoria expedida el 17 de Octubre de 1855, para constituir a la Nación bajo la forma de República democrática, representativa, popular, poniendo en ejercicio los poderes con que están investidos, cumplen con su alto encargo decretando la siguiente CONSTITUCION POLITICA DE LA REPÚBLICA MEXICANA sobre la indestructible base de su legítima independencia, proclamada el 16 de septiembre de 1810, y consumada el 27 de septiembre de 1821.

El Poder Constituyente de 1916-1917, no se ocupó de la redacción de un preámbulo para la constitución que expedirían. Es comprensible desde la óptica de la separación de la iglesia y el Estado emprendida por Benito Juárez y que dio lugar a las leyes de Reforma, en el entendido que las constituciones anteriores tenían preámbulos de tinte religioso.

Parte dogmática

La parte dogmática de la Constitución, por regla general, es aquella en la que se establecen los derechos humanos de las personas. Aunque en la parte orgánica también puede darse el caso de su existencia, verbigracia, en la constitución mexicana el artículo 35 establece los derechos políticos y el 123 los derechos laborales. La Constitución que actualmente nos rige, contiene un capítulo, desarrollado en los primeros 29 artículos, denominado: De los Derechos Humanos y sus garantías, titulado: *de las garantías individuales*, antes de la reforma constitucional en materia de derechos humanos del 10 de junio de 2011.

En el derecho comparado encontramos que la Constitución de Francia de 1978, que regula actualmente vida jurídica y política de aquella nación, no contiene un capítulo de derechos humanos, como lo establece su preámbulo citado. En sí, la parte dogmática “recoge el orden de valores a que responde la Constitución, los principios constitucionales que le son esenciales para la comprensión del orden jurídico general y los derechos fundamentales que la Constitución reconoce y protege.”⁵² La parte dogmática es la más importante para los ciudadanos, pues son el

⁵² García Ruiz, José Luis, Introducción al Derechos Constitucional, Universidad de Cádiz, España, 2012, p. 87.

conjunto de libertades que ejerce para su desarrollo y convivencia en la sociedad y que el Estado le debe garantizar.

Parte orgánica

En la parte orgánica de la constitución se estructura a los poderes públicos del Estado. En ella, esencialmente, se designan las funciones que corresponden a los poderes legislativo, ejecutivo y judicial, asimismo, en frecuencia con la forma de Estado federal, se señalan las competencias de las entidades federativas, así como a la Ciudad de México, en su calidad de capital de la república mexicana, así como las funciones del municipio como estructura administrativa de los estados.

Podemos afirmar de manera general, que en la parte orgánica de la Constitución, entre otras previsiones, se establecen:

- La estructura del poder público;
- La designación de los poderes federales y su integración;
- La estructura federal de nuestro Estado mexicano;
- Normas que regulan la elección de los órganos del Estado, ya sean de naturaleza federal, estatal o municipal,
- La integración de los órganos autónomos del Estado mexicano;
- Distribución de competencias en los poderes reconocidos, así como las excepciones en su ejercicio;
- Principios constitucionales del sistema político y jurídico que regula;
- Instituciones y mecanismos de rendición de cuentas;
- Responsabilidad política y penal de los funcionarios; y,
- Procedimientos de reformas a la Ley Fundamental.

En general, cualquier órgano del Estado es regulado en la parte orgánica de la constitución. Pero así como dijimos que en la parte orgánica de las leyes fundamentales se encuentran derechos humanos, así también en la parte dogmática encontramos órganos del Estado, tales como: el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación; el Instituto Nacional de Acceso a la Información; el Sistema Nacional de Información Estadística y Geografía y, el Instituto Federal de Telecomunicaciones, recientemente establecidos en los artículos 3, 6, 26 y 28, respectivamente, de la constitución vigente.

Función de la constitución

La constitución tiene una razón de ser. Su existencia ha sido fundamental como instrumento de estructura política para mantener la unidad de los pueblos en la antigüedad, más adelante, para limitar el ejercicio de poder público de los gober-

nantes durante la edad media y, finalmente, fuente de derechos humanos y de la división del poder público en la época moderna.

la constitución es el eje de la vida social, de ella depende el conjunto del aparato normativo que rige una comunidad; es ella la que establece las bases de legitimación y ejercicio del poder; es en ella donde residen los instrumentos que garantizan la libertad y la igualdad de los integrantes de la sociedad. Pero además de las funciones jurídica y política, la constitución tiene otra de carácter simbólico: es un punto de referencia que auspicia la cohesión social.

La vida política es esencialmente agonal. Todo proceso político está prioritariamente orientado a la contienda. Las fases conciliatorias entre algunos agentes de la política son transitorias y circunstanciales: están condicionadas por la lucha contra terceros, o bien significan un diferimiento de la contención entre todos. Las alianzas tienen como origen el temor mutuo o la suma de esfuerzos para volcarlos contra un adversario común. Llevada a cabo sin reglas acatadas por todos los protagonistas, la política escindiría irreparablemente a la sociedad. Es ahí donde la constitución juega un papel fundamental para transformar las tendencias entrópicas de la pugna política en fuerza de cohesión. Tanto más intensas sean las tensiones producidas por la política, tanto mayor deberá ser el efecto integrador de la constitución.⁵³

En seguimiento a esta idea, Diego Valadés, continúa precisando:

Esa función de la constitución supone la positividad y la aplicabilidad de la norma. El solo enunciado nominal de la constitución no basta para regular los procesos de lucha por el poder.⁵⁴

El autor español José Luis García Ruiz,⁵⁵ siguiendo el pensamiento del inglés Wolf-Philips, establece que para que la constitución sea digna de este nombre, debe cumplir las funciones siguientes:

1. **Función Legitimadora.** Toda constitución es en definitiva un símbolo nacional que justifica un determinado momento histórico: el inicio de un nuevo régimen; el acceso a la independencia de un país.
2. **Función Organizativa.** Una constitución efectúa una división racional del trabajo político, organizando la tarea de los órganos políticos. (Esto no ha de suponer obligadamente una separación de poderes porque hay constituciones, como sabemos por ejemplo de constitucionalismo soviético, que establecen un sistema de unidad de poder).

53 Valadés, Diego, *Constitución y Democracia*, UNAM, 2002, pp. 107-108

54 Valadés, Diego, *Ídem*, p. 108

55 García Ruiz, José Luis, *op. cit.*, nota 52, pp. 85-86

3. **Función Política.** Una constitución establece las reglas de juego para el acceso al poder, para su ejercicio y para su transmisión.
4. **Función Ideológica.** En toda constitución aflora un programa de defensa e implantación de determinados intereses socio-políticos.
5. **Función Jurídica.** La constitución debe presidir la estructura de normas de un país, ser la piedra angular de ordenamiento jurídico y definir y regular lo que se acepta como Derecho.
6. **Función Protectora.** La constitución debe reconocer y amparar unos derechos inviolables que se encuentran por encima de la acción estatal y debe servir como límite al ejercicio de poder mediante las técnicas establecidas para ello.

Debe destacarse, que cuando se asciende a los peldaños establecidos en las funciones 5 y 6, estamos en presencia de una constitución normativa. Estamos en presencia de un pacto político digno de llamarse constitución de un Estado.

Clasificación de las constituciones

Al ser la constitución definida por un sinnúmero de jurisprudencias de muy diferentes partes del planeta, es lógico que también haya sido objeto de muy diversas clasificaciones a partir de la realidad constitucional de los diferentes países. Hay quienes abordan las clasificaciones más tradicionales hasta quienes se interesan por hacer las propias.⁵⁶ “Se habla así de constitución formal y material, de constitución rígida y flexible, de constitución originaria y derivada, por referirnos sólo a alguno ejemplos.”⁵⁷ Las clasificaciones atienden a los diversos conceptos y acepciones de que es objeto el término constitución en el ámbito del derecho constitucional.

Primero, porque la clasificación es útil al Derecho Comparado y sirve para comprender a primera vista, las notas sobresalientes del sistema político de un país; segundo, porque tienen una importancia política que nos lleva de la mano a plantearnos el problema de qué tipo de constitución es la mejor. Desde este punto de vista la primera clasificación de las constituciones – identificando aquí, aunque no es correcto, constitución con gobierno-, la realizó Aristóteles; y tercero, porque tiene un valor didáctico, ya que es una forma de poder conocer, con más método, una diversidad de constituciones.⁵⁸

Bajo esas premisas, a continuación se atiende las sistematizaciones más usuales de las constituciones.

56 Carpizo, Jorge, en su ensayo “La democracia y la clasificación de las constituciones. Una propuesta” realiza una abundante y puntual análisis de derecho constitucional comparado a partir de los autores que han elaborado sus propias clasificaciones.

57 Fix-Zamudio, Héctor, y Valencia Carmona Salvador, op. cit., nota 43, p. 54

58 Carpizo, Jorge, *Estudios Constitucionales*, 8ª ed., México, Porrúa-UNAM, 2003, p. 424

Constitución formal y material

La clasificación formal y escrita de la constitución es atribuible a Kelsen, al distinguir la constitución en el sentido jurídico positivo. Enrique Carpizo señala: “La constitución en sentido formal existe cuando la distinción entre leyes ordinarias y leyes constitucionales; y cuando estas últimas para la creación y modificación siguen un procedimiento diferente y más complicado que el que se necesita respecto de las leyes ordinarias, y además se necesita un órgano especial que no es el que crea y modifica la legislación secundaria. La constitución en sentido formal sólo existe cuando hay constitución escrita, o sea que no haya en los países de Norma Fundamental consuetudinaria.”⁵⁹

Con relación a la clasificación material de la constitución, en su Teoría General del Estado, Kelsen, refiere:

Por el término “*constitución*” en el sentido material más amplio de la palabra, hay que entender una norma o un conjunto de normas que regulan la creación de las otras. En sentido estricto solamente se emplea este término para designar los preceptos que regulan la creación de las normas jurídicas de grado superior, y, en particular, la creación de las normas generales llamadas “leyes”.⁶⁰

Constitución rígida y flexible

La rigidez y la flexibilidad de una constitución se encuentra en el procedimiento que en ella se establece para reformarse.

Se denomina constitución rígida a la que es elaborada por un procedimiento especial señalado en el mismo texto fundamental, como sucede en la constitución mexicana donde ese procedimiento lo señala el artículo 135. Por el contrario, la constitución flexible es aquella que puede ser modificada sin necesidad de ajustarse a un procedimiento especial; es decir, por la vía legislativa ordinaria, así acontece con la constitución inglesa que puede ser modificada por el propio Parlamento. Otros dos casos de leyes fundamentales flexibles se encuentran en Israel y Nueva Zelanda.⁶¹

Constituciones democráticas y no democráticas

El ilustre mexicano Enrique Carpizo⁶² expone con claridad los elementos a distinguir en esta clasificación, al señalar que, las constituciones democráticas son aqué-

59 Ibidem, pp. 36 y 37

60 KELSEN, Hans, *Compendio de Teoría General del Estado*, s.e., trad., de Luis Recaséns Siches y Justino de Azcarate, México, Colofón, 2007, p. 191

61 Fix-Zamudio, Héctor y Valencia Carmona, Salvador, op.cit., nota 43, p. 56

62 Carpizo, Enrique, op. cit., nota 58, pp. 430-431

llas que aseguran los derechos fundamentales, garantizan un mínimo de seguridad económica y no concentra el poder en una persona o grupo. En sentido opuesto, la constitución no democrática es aquella que no asegura los derechos humanos ni los mínimos económicos, y el principio de la separación de poderes y del sistema de partidos políticos se resume en la voluntad de quien detenta el poder.

Constitución originaria y derivada

La constitución originaria es aquella que establece principios novedosos a los ya establecidos, por ejemplo, la relación entre los poderes constituidos, gobernantes y gobernados, así como lo que se conoce como pesos y contrapesos. En ese sentido, las constituciones de Estados Unidos de América, Inglaterra, Suiza y Francia, pueden ser catalogadas como originarias. Por otra parte, aquellas que se establecen o evolucionan a la luz de las ya establecidas se catalogan como derivadas.

La constitución de nuestro país de 1917,⁶³ atiende ambas clasificaciones, es derivada de la de Estados Unidos de América pero original en relación a los derechos sociales y el juicio de amparo, figuras jurídicas que han sido asumidas por otros países.

Constituciones normativas, nominales y semánticas

Esta clasificación es atribuible Karl Loewenstein,⁶⁴ quien al advertir el cambio que ha sufrido el papel de la constitución en la realidad sociopolítica, realizó una nueva clasificación de las constituciones, señalando diferencias de carácter normativo, nominal y semántico. Por una parte, califica de constitución normativa a aquella que es efectivamente vivida por sus destinatarios, siendo necesario un ambiente favorable para su realización. Una constitución es nominal cuando carece de realidad existencial por no adaptarse a la dinámica de la vida política. Una constitución es semántica cuando la conformación de poder está diseñado en beneficio de los detentores, independientemente de que éstos sean una persona individual (dictador), una junta, un comité, una asamblea o un partido, en este caso, precisa: *el traje no es en absoluto un traje, sino un disfraz.*

Quien expide la constitución

La constitución la expide el congreso o la asamblea constituyente que en la mayoría de los casos se ciñe a las causas de un movimiento independentista, de una revolución y muy esporádicamente de una transición pactada o democrática que

⁶³ Diario Oficial de la Federación del 5 de febrero de 1917

⁶⁴ Loewenstein, Karl, op. cit., nota 1, pp. 216-217

motiva la expedición de una nueva constitución. Independientemente la causa que motiva su origen, lo importante es lo que sigue después del triunfo de quienes iniciaron determinada lucha social o transición política, al respecto, el constitucionalista Ignacio Burgoa, refiere:

...el pueblo o nación como unidad real, no puede por sí mismo ejercer el poder constituyente. Es imposible física y psicológicamente que en todo el conjunto humano que representa se de una constitución. La elaboración de este ordenamiento fundamental es obra de la inteligencia y de la voluntad y cuya producción, por ende, requiere indispensablemente la acción del entendimiento manifestada en varias operaciones sucesivas, tales como la confección de un proyecto, su estudio y discusión, y su aprobación. Estas operaciones, cuyo desarrollo exige por modo necesario un método, no son susceptibles de realizarse por el mismo pueblo en atención al número considerable de sus componentes, al vasto territorio sobre el que se asienta, a la heterogeneidad de los sectores sociales que lo integran en una palabra, a una variedad y multiplicidad de factores de hecho. Por ello, si bien el poder constituyente pertenece al pueblo como aspecto teleológico inherente a su soberanía, no puede desempeñarse por su titular. Imperativos ineludibles constriñen depositar su ejercicio en un cuerpo, compuesto de representantes populares, que se denomina Congreso o asamblea constituyente y cuya misión única consiste en elaborar un constitución a nombre del pueblo.⁶⁵

En sí, "...lo más frecuente en el constitucionalismo del siglo XX es que la constitución sea aprobada por una asamblea constituida *ad hoc*, esto es, con una específica finalidad -asamblea constituyente- que se disuelve tras la entrada en vigor de la constitución; en ocasiones la aprobación de ésta requiere una mayoría cualificada y a veces se precisa además la expresión de la voluntad popular a través del referéndum. Con ello se hace patente en la génesis misma de la constitución que ésta se encuentra por encima de los poderes cuya actuación regula."⁶⁶ La asamblea o poder constituyente es el órgano que materializa los ideales de un pueblo en una Ley Fundamental y establece los poderes que han de caracterizar a la forma de estado y de gobierno de una sociedad y, por supuesto, el señalamiento de un catálogo de derechos humanos.

Quién actualiza la constitución

La sociedad es dinámica. Ello implica una constante evolución de las manifestaciones de convivencia social. Lo que en el pasado satisfacía en el presente resulta insu-

65 Burgoa Orihuela, Ignacio, Derecho Constitucional Mexicano, 25ª ed., México, Porrúa, 2002, p. 252

66 De Otto, Ignacio, Derecho Constitucional, España, Ariel, 2012, p. 52

ficiente para el desarrollo económico, político, social y cultural de los integrantes de las comunidades. Dichas transformaciones sociales repercuten en el contenido de la constitución por ser ésta un instrumento de proyecto de nación, en ese sentido, se reconocen dos formas institucionales de actualizar nuestra Ley Fundamental, por una parte, la constitución misma establece en el artículo 135 un procedimiento rígido para actualizarse en el que participan ambas cámaras del Congreso de la Unión, las legislaturas de los estados y el titular del poder ejecutivo federal y, por otra parte, la interpretación jurisdiccional que realizan los órganos del Poder Judicial de la Federación quienes aplican y actualizan la constitución a los tiempos modernos. En los Estados Unidos de América se dice que su constitución se reforma cada que sesiona el máximo órgano jurisdiccional, la Corte Suprema de Justicia.

El ciudadano y la constitución

El hombre a través de los siglos ha experimentado todo tipo de formas y de normas para autorregularse dentro de su esfera individual y colectiva. En el Derecho encontró la manera más eficiente para mantener la armonía social y perfilar su eterna búsqueda del bien común, de ahí el aforismo latino *ubi societas ibi jus* (donde hay sociedad hay Derecho). Evidentemente que a través del Derecho se evolucionó de una estructura sencilla y rudimentaria a una cada vez más compleja y extensa que requiere de un amplio sistema de normas constitucionales, legales, reglamentarias, morales y de trato social, entre otras, que regulen la conducta externa del hombre en sociedad y de las instituciones del Estado.

La lealtad de los habitantes de una comunidad a las normas que se han dado para mantener el orden social es lo que se conoce como cultura de legalidad, es decir, hay una sumisión a un orden jurídico establecido, en el entendido, de que el hombre puede desarrollar todas las conductas habidas y por haber, siempre y cuando, no estén prohibidas por mandato legal, por el contrario, las autoridades solo pueden ejercer las atribuciones expresamente señaladas en la ley. Es decir, la armonía social implica la observancia de la ley por parte de ciudadanos y de los servidores públicos, sin estos dos elementos complementarios entre sí, es imposible desarrollar nuestras actividades en sociedad bajo un Estado de Derecho.

Por ello, en el ámbito de la lealtad que debemos guardarle a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, son preocupantes los resultados de la encuesta sobre cultura constitucional que elaboró de manera conjunta el entonces Instituto Federal Electoral y el Instituto de Investigaciones Jurídicas de la Universidad Nacional Autónoma de México en el año 2011, particularmente, en el apartado de constitución, donde más de la mitad de los encuestados señalan que la constitución ya no responde a las necesidades del país y un porcentaje similar considera

que hay que cambiarla en parte (actualizarla). Sin embargo, en nuestra opinión, son aún más alarmantes los porcentajes negativos que arrojan las respuestas a la pregunta siguiente: ¿qué tanto considera usted que conoce la constitución: mucho, poco o nada? a lo que, el 65.1 de los encuestados contestó que la conoce poco; el 27.7 nada; el 3.6 mucho; el resto dio otra respuesta, no sabe o no respondió. De igual manera son poco alentadoras las respuestas al siguiente cuestionamiento ¿qué tanto cree que se cumple la Constitución en México? A lo que, el 59.3 contestó que poco; 21.4 nada; el 6.7 depende; tan solo el 5.9 mucho; el resto dio otra respuesta, no sabe o no respondió. Y es más preocupante aún, que los que contestaron que no se cumple nada son los jóvenes de 15 a 34 años y los que habitan en el centro del país.⁶⁷

Por lo tanto, en el contexto del centenario de la vigencia de la constitución a conmemorado el 5 de febrero de 2017, deben proyectarse una serie de actividades similares a las que se desarrollaron con motivo del bicentenario de la independencia y centenario de la revolución mexicana en el año 2010. Conscientes de ello, los titulares de los tres poderes del estado mexicano, suscribieron el Acuerdo al que concurren los tres poderes de la unión para la Conmemoración del Centenario de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en el que se acordó la creación de un Comité, con el objeto de establecer en forma coordinada los eventos, celebraciones, homenajes, expresiones y demás acciones que se llevarán a cabo a partir de esta fecha y hasta el 5 de febrero de 2017, estableciéndose que sus acciones primordialmente se orientarían: a) Difundir el contenido y concientizar sobre la importancia del cumplimiento cabal de sus postulados; b) Recordar su importancia histórica y sus contribución al desarrollo económico, política y social del país; y, c) Reflexionar sobre los mejores mecanismos para hacer efectivos los derechos fundamentales en ella consagrados.⁶⁸

En nuestra consideración, deben continuar los festejos y en función dicho comité, adicionalmente, mínimo se deben desarrollar, entre otras, las acciones siguientes:

- Establecer o incentivar en las entidades de la república mexicana para que a la brevedad se instale un consejo conmemorativo del centenario de la constitución, aquí puede aprovecharse para difundir la constitución local y las leyes más trascendentes de la entidad correspondiente, a fin de abonar a la cultura de la legalidad y formar una nueva generación de ciudadanos observadores de las disposiciones jurídicas establecidas para mantener el orden social.
- Aprovechar el tiempo del Estado en la televisión y la radio para comenzar

67 Encuesta Nacional de Cultura Constitucional: *Legalidad, legitimidad de las instituciones y Rediseño del Estado*, IFE-IJ, UNAM, 2011

68 Diario Oficial de la Federación del 6 de febrero de 2013

un programa de contenido constitucional de largo alcance con la finalidad de dar a conocer nuestro máximo ordenamiento jurídico. Este espacio debe ser similar al que se otorga a los partidos políticos durante los procesos electorales, pues hay que tener presente que en el siglo de las tecnologías se educa a través de los medios de comunicación masivas. Aquí se puede recurrir en positivo a la tesis escrita por Giovanni Sartori en su obra: *La sociedad teledirigida*, donde sostiene que la televisión entretiene pero también informa y educa.⁶⁹

- De igual manera, la Secretaría de Educación Pública debe revisar los contenidos de las materias cívicas y establecer un libro, folleto o videos encaminados a divulgar la historia constitucional de nuestro país con auge en la que actualmente nos rige.

El centenario de la constitución es la oportunidad y el pretexto perfecto para difundir de manera permanente los contenidos de nuestra Ley Fundamental, máxime, cuando las encuestas y los hechos sociales de ciudadanos y servidores públicos, lamentablemente arrojan un desconocimiento de las normas jurídicas vigentes o una falta de lealtad a sus contenidos.

El servidor público y la constitución

El estado de derecho se fortalece con la observancia de la constitución y las leyes por parte los servidores públicos. En ese sentido, el artículo 128 de la constitución vigente establece que: Todo funcionario público, sin excepción alguna, antes de tomar posesión de su encargo, prestará la protesta de guardar la constitución y las leyes que de ella emanen. En las entidades federativas encontramos una disposición de contenido similar para quienes ocupen cargos relevantes en los tres poderes del Estado, así como para integrantes de órganos autónomos y de los ayuntamientos. Por otro lado, de manera general el artículo 16 de la Ley Fundamental del país refiere que: Nadie puede ser molestado en su persona, familia, domicilio, papeles o posesiones, sino en virtud de mandamiento escrito de la autoridad competente, que funde y motive la causa legal del procedimiento, lo que se conoce como el principio de legalidad. Ambas disposiciones implican una lealtad a la constitución y a las leyes que de ella emanen, por lo que, jurídicamente los servidores públicos están obligados a desarrollar sus actividades con estricto apego a las atribuciones que le confiere la ley.

69 GIOVANNI, Sartori, Homo videns La Sociedad teledirigida, FCE, 2011, 71

CONCLUSIONES

- a. La constitución es el instrumento que el hombre diseñó para limitar al poder, al tiempo que afianzaba cada vez más sus derechos.
- b. En la Edad Antigua el discurso sobre la constitución (de la *polis* y la *res pública*) estaba dirigido a la construcción de la unidad política y de la ciudadanía común, pues consideraban que el primer enemigo de la constitución es el espíritu de facción, es decir, todo aquello que divide a la comunidad política y que debilita el sentido político de permanencia sobre el cual se funda la polis y la res pública. Bajo esta postura, se instaba a los hombres a ejercer la práctica de la virtud, de la dedicación a la cosa pública mediante su participación activa en las asambleas públicas.
- c. En la Edad media el discurso sobre la constitución estaba dirigido a la defensa y tutela del orden jurídico dado. En esta época, el principal enemigo de la constitución es el arbitrio, es decir, toda posible y desmedida pretensión de dominio sobre la complejidad de la realidad jurídicamente ordenada. En ese sentido, hablar de la constitución medieval significa hablar de reglas, de límites, de pactos y contratos, de equilibrio.
- d. En la Edad Moderna la constitución es utilizada para dividir el poder público, a fin de que cada uno sea contrapeso del otro, principalmente, en la rama legislativa, ejecutiva y judicial. Asimismo, es la fuente de los derechos humanos y sus mecanismos de protección. Este pensamiento se recogió del artículo 16 de la Declaración Universal de los Derechos del Hombre y del Ciudadano de Francia en el año 1789.

Germán Salazar Mendívil



Estudió la licenciatura en Sociología de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa en la Ciudad de México, la maestría en Ciencias en Sociología Rural de la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México y el doctorado en Ciencias del Desarrollo Rural del Colegio de Postgraduados Campus Montecillos, Estado de México.

Es Profesor de Tiempo Completo en la Unidad Académica de Trabajo Social y Ciencias para el Desarrollo Humano.

Es líder del Cuerpo Académico de Trabajo Social y Desarrollo considerado por la Dirección de Superación Académica en estatus de “en consolidación”.

En su trayectoria académica en la UAT ha dirigido 4 proyectos de investigación con financiamiento externo por parte de Sedesol y PRODEP.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

Desarrollo social y humano de la comunidad.

Presencia y percepción de programas sociales en las Zonas de Atención Prioritaria de SEDESOL en Ciudad Victoria, Tamaulipas¹

Germán Salazar Mendiivil

RESUMEN

Desde hace más de tres décadas las acciones para promover el desarrollo social en México distan mucho siquiera de lograr contener a la pobreza que en términos generales continúa aumentando y agudizándose (Ortiz 2013). El gobierno, como principal responsable del problema, se limita a exaltar en su discurso algunas cifras referidas a la mayor inversión y en cierto avance en términos de atención de pobreza extrema, señalando a la crisis económica de contexto internacional como la causa determinante del escaso crecimiento económico redundando en la escasa generación de empleos y de los bajos salarios. Por su parte asociaciones dedicadas a la investigación de la pobreza y su atención gubernamental han aportado análisis y críticas relevantes. En cuanto a las valiosas acciones de asociaciones filantrópicas y organismos de ayuda social resultan del todo insuficientes. Mientras esto sucede, el grueso de la población la padece en proporciones crecientes.

La pobreza juega un papel central como causa y efecto de la problemática social manifiesta en todos los ámbitos de la vida cotidiana frente a la incertidumbre sobre cómo el gobierno y la sociedad enfrentarán el problema ya que hasta ahora, bajo el actual sistema político, económico, social y cultural, no se conciben planteamientos alternativos para socavarla suficientemente.

Desde el quehacer de la investigación en ciencias sociales el tema de la pobreza -ahora más que nunca- adquiere mayor prioridad. Su concepción, abordaje y desarrollo teórico exigen un ejercicio amplio e integrador, que de manera comprometida, conlleve a planteamientos alternativos de carácter propositivo ante los responsables de la política pública para que, por su propio peso, contribuyan a las transformaciones que deben implementarse en materia de desarrollo social para ejercer una verdadera atención de la pobreza.

¹ Este capítulo derivó de una investigación amplia y se presenta aquí sintetizado de acuerdo al formato solicitado por los compiladores.

Es claro que para atender la pobreza es necesario conocerla y a partir de sus diagnósticos diseñar la estrategia nacional a aplicar, con sus variantes regionales, mediante la implementación de programas adecuados. Para ello es necesario considerar las características diferenciadas en cuanto a territorio y necesidades de las diferentes poblaciones, para realizar una atención de la pobreza que esté desarrollada con sus distintas funciones: operación, seguimiento, evaluación y ajustes eficientes.

JUSTIFICACIÓN

La carencia de conocimiento con base en estudios locales exploratorios y/o descriptivos sobre las características tanto de la pobreza como de su atención mediante programas sociales de política pública en Victoria, es una deuda de los diferentes niveles de gobierno y de la academia en la ciudad, lo que repercute como limitante para:

- El examen de la justificación, pertinencia y continuidad de los programas sociales en función del cumplimiento de sus objetivos considerando la magnitud de los recursos empleados y su impacto real en el desarrollo socioeconómico local/municipal, o sus necesarias adecuaciones, mejoramientos o, incluso, cambios y sustituciones tanto en el diseño de la propia política pública actualmente aplicada como en los programas y acciones que de ello deriven con el fin de que funcionen con mayores y mejores efectos.
- La generación de materiales de discusión para ser difundidos entre los organismos de la sociedad civil abocados al tema y, de manera fundamental, a los profesionales que son actores dentro de las diferentes tareas relacionadas con el combate a la pobreza entre los que de manera destacada se debieran encontrar aquellos profesionales dedicados a la intervención en zonas de pobreza como es el caso específico de los trabajadores sociales de la Unidad Académica de Trabajo Social y Ciencias para el Desarrollo Humano (UATSCDH) de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT). Para esto último el tema de investigación y caso de estudio es materia relevante en la línea de investigación: Política Pública, Participación Social y Desarrollo Local del Cuerpo Académico de Desarrollo Social de la UATSCDH que prevé la continuidad de investigaciones sucesivas sobre el particular.

OBJETIVO Y PROPÓSITO

Derivado de una investigación sobre el tema de la pobreza, este capítulo aborda -de manera general y producto de un ejercicio exploratorio- las características de pobreza y su atención por parte de las secretarías de Desarrollo Social, federal y estatal, para el caso definido como Zonas de Atención Prioritaria (ZAP) de Cd.

Victoria, Tamaulipas. En específico se trata de la descripción de las características sociodemográficas y socioeconómicas de la población residente en 24 polígonos de la ciudad y el impacto de los programas sociales en estas áreas estudiadas, así como la percepción que de ello tienen los residentes mediante la aplicación de una encuesta. El propósito del trabajo ha sido generar información y análisis útil en el abordaje de la problemática local y pretende ser un referente que oriente las diferentes iniciativas de atención a la pobreza por parte de actores gubernamentales y de la sociedad organizada.

PRINCIPAL METODOLOGÍA UTILIZADA

Para la obtención de la información requerida se implementó:

- Un desagregado de indicadores sociodemográficos -cuya fuente es INEGI- correspondientes a las 24 ZAP de la ciudad apoyado por el Sistema de Información Georeferenciada del Instituto Municipal de Planeación de Victoria (IMPLAN), de donde se derivaron los mapas y cuadros descriptivos.
- Una encuesta de percepción a una muestra representativa de hogares (400) de un total de 6 800 en las zonas estudiadas con una confiabilidad del 95%, utilizando una cédula cuestionario como herramienta de recolección de datos. La información derivada de la encuesta fue procesada con programa de Análisis Estadístico para Ciencias Sociales (SPSS versión 22).

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un análisis de la pobreza y su atención en las 24 ZAP utilizando referentes demográficos y socioeconómicos, de política de desarrollo social, de impacto de programas sociales y de la percepción de los mismos.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Examinar las características demográficas y socioeconómicas de la población en las áreas de estudio.
- Observar el impacto de los programas sociales en las áreas de estudio en cuanto a la atención a las condiciones de pobreza de la población.
- Conocer la percepción sobre los resultados de los programas de desarrollo social en opinión de los residentes.

IMPACTO CIENTÍFICO, ACADÉMICO Y TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO

En cuanto a documentos derivados de la investigación, además de este capítulo de libro, se generó un artículo en proceso de revisión para su posible publicación en revista indexada. En cuanto a la difusión, llevar los resultados de la investigación a espacios de divulgación académica y a ámbitos gubernamentales. Por ahora el trabajo ha sido presentado en: 1) el XII Coloquio Internacional sobre Políticas Sociales Sectoriales VI Seminario Nacional y II Internacional de Investigación en Trabajo Social Facultad de Trabajo Social de la Universidad Autónoma de Nuevo León celebrado en agosto de 2016; y, 2) el Foro Nacional por Derecho a la Ciudad Hábitat III llevado a cabo en la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción de Cd. Victoria Tamaulipas el 5 de octubre del mismo año.

En relación a la formación de recursos humanos se ha dispuesto que los materiales derivados de la investigación formen parte de los documentos bibliográficos de los cursos desarrollados por los profesores del Cuerpo Académico de Trabajo Social y Desarrollo de la Unidad Académica de Trabajo Social y Ciencias para el Desarrollo Humano de la UAT. Además durante la investigación se dio la participación de una alumna que en su calidad de becaria consolidó su trabajo de tesis como parte de la formación de nuevos investigadores.

Con el propósito de conocer sobre el carácter, operación y resultados de diferentes programas sociales que impactan en Victoria se acudió a diferentes dependencias para obtener información mediante entrevistas con funcionarios de SEDESOL, federal y estatal, del Programa LICONSA y la dirección de Obras Públicas Municipales, así como con exfuncionarios y otras personas que han tenido que ver con las tareas relacionadas a la atención de la pobreza. Además en el evento denominado Reunión Preparatoria HABITAT 2017 se presentó el trabajo ante autoridades de SEDUMA Estatal, SEDATU, federal y estatal, presidencia municipal y la Cámara de la Industria de la Construcción de Ciudad Victoria.

ANTECEDENTES

Los materiales recientes sobre política pública y pobreza fueron utilizados aquí como referentes de análisis. La investigación no se apega a un determinado enfoque interpretativo sino que se sustenta, sobre todo, en la normativa oficial de política pública y el discurso gubernamental oficial de atención a la pobreza, en contraste con las evaluaciones que al respecto ha realizado el Coneval y las críticas de orden periodístico y académico, además de referencias de percepción social. Lo anterior representa el fundamento y forma de abordaje teórico conceptual útil en

la interpretación de la pobreza y su atención para el caso de estudio que como ya se ha mencionado fue de carácter de exploración.

El marco de referencia para el abordaje de la atención a la pobreza en las áreas estudiadas ofrece:

- a. Una concepción sobre la pobreza y sus características desde diferentes disciplinas y enfoques de estudio a partir de planteamientos de Amartya Sen (1992), Spicker (2009) y Ferrullo (2006).
- b. Una retrospectiva de los acontecimientos políticos y económicos en el mundo partir de la Segunda Guerra Mundial para entender el devenir del desarrollo económico mundial y nacional y de forma paralela la atención a la pobreza, fundamentalmente derivada de los diseños de políticas públicas rectoras y el papel que juegan los distintos organismos internacionales para su promoción: Fondo Monetario Internacional (FMI), Banco Mundial (BM), Organización de las Naciones Unidas (ONU) y su Organismo para la Alimentación y la Agricultura (FAO) así como los organismos regionales Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Comisión Económica para América Latina (CEPAL).
- c. Una repaso de lo sucedido en México desde el gobierno de López Portillo hasta la actual administración para dar cuenta como la situaciones enfrentadas en el país son, en gran medida, determinadas desde el exterior mediante la adopción de la política internacional que repercute en la problemática de la pobreza y viene modificando su concepción y tratamiento y de cómo la política internacional y nacional se reflejan en ámbito local utilizando referentes de los trabajos de Calderón (2009), Tetreault (2012), Calderón (2012) y de Leco y Bollain (2013).
- d. Información sobre los índices de pobreza nacional, estatal y local a partir de información de Conapo (2012); además de una breve descripción de cómo se concibe y se mide oficialmente la pobreza en México de acuerdo al Consejo Nacional de Evaluación de la Política Pública (CONEVAL) (2012).
- e. La identificación de los programas de las Secretarías de Desarrollo Social federal y de la entidad mediante los cuales se atiende la pobreza y las normativas en que se sustentan: Ley General de Desarrollo Social, Ley de Desarrollo Social en Tamaulipas. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (www.gob.mx/sedesol), Plan Estatal de Desarrollo 2010-2016 y Planes de Desarrollo Municipal 2010-2012 y 2013-2016 y Sistema de Indicadores para el Desarrollo Social del Estado de Tamaulipas (<http://200.23.59.63/sistemageo/>).
- f. Los señalamientos principales como resultado de la evaluación y críticas desarrolladas por el Consejo Nacional de Evaluación de Desarrollo Social relacionados con la atención de la pobreza (CONEVAL, 2015).
- g. Argumentos sobre la relevancia y utilidad de la percepción social en relación a los programas sociales a partir de trabajos como los de Luis Fernando Aguado

(2006); López, Rodríguez y Trujillo (2004), además el de Gonzalo Hernández Licona y Lilia Marcela del Razo Martínez. (2004).

- h. Finalmente información referida a la determinación de la focalización geográfica de las ZAP de SEDESOL federal de la política de atención de la pobreza apoyada en información de CONEVAL (2014).

PRINCIPALES RESULTADOS

En cuanto a las características de orden sociodemográfico se tiene que de cada 10 hogares:

- En al menos 6 las familias tienen más de 5 años de residencia; en 2.5 existe jefatura femenina; en 4 los jefes o jefas de familia provienen de fuera del municipio; en 3 viven una o más personas además de los padres e hijos; en uno había o hubo una menor de 19 años embarazada; en casi 1 habita una persona discapacitada y que 2 viviendas son rentadas o prestadas.

En relación a servicios públicos básicos de orden municipal (agua, drenaje, alumbrado público, recolección de basura, pavimentación):

- En poco menos de 1 hogar no cuentan con agua potable y energía eléctrica; en 2.5 no cuentan con drenaje; en 8 no cuentan con pavimento; en 2 no cuentan con servicio de recolección de basura y en más de 2 no cuentan con alumbrado público.

También de orden sociodemográfico pero referentes a derechos sociales por se tiene que de cada 10 hogares:

- En más de 2 el jefe u otro miembro de la familia no cuentan con servicio de salud; en 4.5 cuentan con el Seguro Popular para su atención médica; en 7.5 el jefe u otro miembro de la familia no cuentan con ahorro para el retiro; en casi 8 el jefe u otro miembro de la familia no cuentan con crédito para vivienda; en más de 2 cuentan con sólo un cuarto para dormir y en 5 con dos; en 1 existen paredes de lámina y madera; en poco menos de 3 tienen techo de lámina; en poco menos de 3 tienen piso de tierra.

Respecto a las características de orden socioeconómico también en uno de cada diez hogares encuestados se tiene que:

- En 5 los jefes o jefas de familia trabajan solo en ocasiones o no lo hacen; en 2.5 además del jefe de familia trabaja al menos una persona; en 8.4 tienen un ingreso familiar semanal de 2 000 pesos o menos; en casi ningún hogar reciben algún apoyo de familiares desde el exterior; en 9 gastan en alimentación un máximo de 1 000 pesos semanales; en más de 5 sólo se hace una comida al día

y en 4 solo dos; en más de 2 las raciones de comida que se sirven son consideradas como escasas; y, en poco menos de 3 como poco nutritivas.

En cuanto al impacto de los programas:

- Se identificó la presencia de 15 diferentes de entre los cuales Prospera y Apoyo Alimentario y/o Despensas tanto del orden federal como estatal cubren al 60% de los residentes y los restantes 13 programas -la mayoría estatales- solo el 16.5%.
- El total de apoyos ejercidos en los 400 hogares encuestados fue de 436 que en promedio representan 1.09 apoyos por hogar; sin embargo existen hogares que reciben más de un programa y otros en los que no reciben ninguno. Entre Prospera y Apoyo Alimentario concentran el 59.9% de los apoyos repartidos. El resto de los programas ofrecieron 77 apoyos en solo 134 de los hogares encuestados, lo que indica un alto índice de concentración.
- El programa Prospera concentra en 6 colonias 85 acciones (21.25% de hogares). El programa de Apoyo Alimentario concentra en 4 colonias 50 acciones (12.5% de hogares). El resto de los programas no alcanzan ni 10 acciones en ninguna de las colonias, salvo Mejorando Mi Vivienda-Letrinas con 13 acciones distribuido en 8 colonias. Las colonias más desfavorecidas de los dos principales programas (Prospera y Apoyo Alimentario) son Esperanza con solo 6 apoyos y Manuel Cavazos y Enrique Lara con 4 acciones cada una.

En cuanto al impacto de los programas por obras físicas se tiene que:

- Al descontar a quienes no saben o no contestaron, en uno de cada tres de los hogares afirman que no se realizó ninguna obra en su colonia. Entre los que sí reconocieron presencia de obras en sus colonias (265 hogares) distinguen los siguientes programas como los de mayor presencia: parques (15.1%), introducción de agua y drenaje (14%), alumbrado y pavimentos con 9.3% cada uno. Que el 25.3% de los hogares encuestados señalaron no reconocer presencia de obras en su colonia (1 de cada 4). De las obras de las que tienen conocimiento el 45.8% considera que éstas les benefician poco o nada frente a 29% que señalan que sí les beneficiaron. Que el 72% de los encuestados que contestaron y que sí reconocen obras realizadas en sus colonias, afirman que la situación de unión y organización entre vecinos permanece como siempre.

En cuanto a acceso y/o gestiones para recibir los apoyos mediante los programas se tiene que de cada diez hogares:

- En 2.5 no estaban enterados de que en su colonia existen programas sociales

de gobierno; en 6.5 se enteraron de los programas por medio de familiares vecinos o líderes, y solo en 1 por medio del personal de los programas; en 2 no fueron aceptados para ser beneficiarios; en poco menos de 3 consideran que de algún modo se les consultó sobre sus principales necesidades; en sólo 2.5 se les pidió opinión sobre los resultados de los programas; en 3 tuvieron dificultades al realizar sus trámites; en poco menos de 5 de los beneficiados calificaron los trámites de lentos y en poco más de 5 consideraron que los apoyos o beneficios tardaron mucho tiempo en llegar.

En cuanto a la percepción sobre los programas:

- En una relación de poco más de dos a uno se encuentran insatisfechos con la atención o trato recibido por los encargados de los programas. Por cada hogar que dice haber mejorado mucho su alimentación hay 3 que no están de acuerdo y por cada hogar que dice haber mejorado mucho la atención de salud existen dos que opinan lo contrario.

Continuando con la percepción de los programas se tiene que de cada diez hogares:

- En 9 se encuentran insatisfechos con los productos o beneficios de los programas recibidos; en poco más de 7 opinan que son buenos y sin embargo ante la respuesta de si fueron de mucha o poca ayuda para mejorar sus condiciones de vida, en 7 dicen que no lo fueron de mucha; en 6.6 de los que contestaron señalaron que les afectaría mucho dejar de ser beneficiarios; en poco más de 9 calificaron su pobreza desde un nivel medio hasta uno muy alto; en 8.5 consideran que si existen otros lugares de mayor pobreza más allá de su colonia; en 7 afirman que los vecinos de la colonia conocen poco o nada sobre los programas; en 5.7 dicen que sí se ha generado dependencia de los programas; en 5 dicen que sí existe un uso electoral; en 6 consideraron que los programas ofrecen resultados insatisfactorios en cuanto a la disminución de su situación de pobreza y en 4.3 señalaron que lo que más requieren es el empleo y capacitación.

CONCLUSIONES

Aspecto sociodemográfico

La precariedad en cuanto a la dotación de servicios públicos en general no depende del hecho de que se tratara de colonias con antecedentes de irregulares o por ser de reciente creación ya que en estos asentamientos la mayoría de las familias tienen

tres o más años de residencia. En cuanto a los programas sociales a pesar de que su ejecución debe ocurrir prioritaria y focalmente en estos sitios no están teniendo ni la presencia ni los resultados esperados en cuanto a cobertura y satisfacción suficiente entre la población.

A pesar de tratarse de áreas en donde uno de cada cuatro hogares cuenta con jefatura femenina no se identificaron programas enfocados a su atención específica mediante el seguro de vida a madres solteras, guarderías, becas, entre otros, es posible concluir que por cuanto la condición de hogares con jefatura femenina en gran medida los apoyos recibidos en las ZAP no tienen relación.

El hecho de que casi la mitad de los jefes o jefas de familia provengan de fuera de Victoria representa el agravamiento de la situación de pobreza al interior de las ZAP y, obviamente, de la ciudad en general. Y de mantenerse o aumentar esta tendencia en proporción al crecimiento poblacional y de la geografía urbana de la ciudad, la pobreza aumentará tanto por su propia reproducción interna así como por el componente que se le deberá sumar producto de la recepción de población inmigrante.

Es urgente atender la formación básica tanto de jefes como de jefas de familia por lo que tiene que ver en su calidad de ciudadanos al igual que en su capacitación para poder educar correctamente a sus hijos y para estar en posibilidad de poder administrar de mejor manera sus hogares y sus finanzas personales. Por otra parte, por su escasa preparación tanto hombres como mujeres tienen grandes limitaciones para poder encontrar empleos y aquellos con mejor remuneración. Frente a lo anterior no se detectó programa alguno que se avoque a la atención focalizada dentro de las ZAP para que retomen los estudios y/o se capaciten en distintos trabajos.

En la atención del embarazo adolescente los programas Prospera y Apoyo Alimentario y/o Despensas atienden a cuatro quintas partes de embarazadas menores de 19 años. Al contrastar la información de los programas detectados frente a la condición de embarazo adolescente es notoria la ausencia tanto de programas preventivos como de atención dirigida expresamente a estas menores en lo referente a atención médica especializada y en todo lo requerido para afrontar su situación de madres frente a la atención que necesitarán sus hijos y la dificultades a las que se enfrentarán ellas mismas en muchos terrenos (abandono de estudios e imposibilidad de llevar a cabo proyecto de vida, formación adecuada para atender a los hijos en las distintas etapas de su crecimiento, forma de mayores carencias económicas ante su nueva situación y opciones y posibilidades laborales muy disminuidas, alteración en sus relaciones familiares y sociales, etc., etc.). Por otra parte los programas estatales son prácticamente inexistentes en este segmento vulnerable de la población.

En el caso de la atención a otro grupo vulnerable como el representado por aquellos que padecen alguna discapacidad física o mental, no se detectaron programas especiales o dirigidos expresamente ni en lo médico ni en lo referido a su atención especializada y con su transportación a los lugares de atención. Una tarea pendiente es revisar los padrones del DIF estatal y municipal, para ver si hay personas atendidas por estas dos entidades que habiten dentro de estas ZAP.

El hecho de que en uno de cada diez de los hogares las viviendas hayan sido adquiridas a un particular, un beneficiado originario, con el lote y los apoyos para la construcción de la vivienda, para luego venderla a una persona caracterizada por ser pobre y que habitará en una Zona de Atención Prioritaria, es un dato que mueve a pensar en cómo se producen estas situaciones. Personas en pobreza que venden sus viviendas a otras personas en pobreza. En cantidades que, por bajo que sea su valor, no es algo que deba desdeñarse. ¡Pobres que venden la vivienda a otros pobres! Es definitivo que esta cuestión tiene un gran significado en cuanto al ámbito patrimonial se refiere, al igual que en cuanto a los ingresos requeridos para poder cubrir con los adeudos originados con la compra de la vivienda más la manutención y el sufragar las demás necesidades del hogar.

Aspecto de derechos sociales

La cantidad de hogares con sus respectivos miembros que quedan fuera del servicio de salud es muy alta, poco menos de uno de cada cuatro hogares. Y por lo que refiere a la poca satisfacción y hasta insatisfacción por parte de los usuarios/beneficiarios de los distintos servicios, aunque no lo dice la encuesta dado que no se preguntó de forma específica, es lógico pensar que se deba a la limitada calidad y a las deficiencias con que se brindan.

El porcentaje de los jefes de familia que gozan de ahorro para el retiro (24.8%) es muy parecido a quienes tienen acceso a crédito para la vivienda (22.8%) que también se asemeja a aquellos que están pagando su vivienda al gobierno. Lo anterior lleva a suponer que estos hogares pertenecen a aquellos donde los jefes o las jefas de familia cuentan con un empleo de carácter formal que cubre esta prestación.

Si en 3 de cada 10 hogares vive al menos un miembro adicional a los padres e hijos y en dos tercios de estos hogares cuentan con uno o dos cuartos solo para dormir, se puede concluir que, en términos generales, el índice de hacinamiento es alto. Si se da por supuesto que los cuartos y/o habitaciones son de dimensiones reducidas en el tipo de viviendas existentes en las colonias populares y a ello se suma su escaso número frente al número de miembros en las familias, se puede dar como un hecho las características del hacinamiento lo que viene a agudizar las condiciones de pobreza de la población en las ZAP. Ahora bien, el hacinamiento no

está siendo atendido de manera adecuada a pesar de la frecuencia con la que se presenta. Lo anterior queda demostrado para el caso de las ZAP donde solamente uno de los 400 hogares se vio beneficiado con el programa dotación de cuarto adicional, el cual ahora cambió su nombre a Cuarto Rosa por las implicaciones de género que con el nombre se hacen implícitas.

Se pudo observar que siguen privando porcentajes elevados en cuanto a la mala calidad de los materiales empleados en la construcción de las viviendas (7.5% de paredes de madera, 28.7% de techos de lámina y 26.5% pisos de tierra). Además de estar presente una calidad de vida deficiente por cuanto a la calidad de construcción de las viviendas en proporciones importantes de los hogares encuestados. Ello refleja una actuación deficiente de los programas oficiales. Resulta relevante señalar que por lo que respecta a esos hogares la valorización de su patrimonio deja que desear.

No es aceptable que en una colonia no considerada como asentamiento irregular existan viviendas que carecen de los servicios públicos municipales básicos como son agua potable, drenaje y alumbrado público. El que las viviendas cuenten con agua en su interior es de la mayor importancia, por lo que tampoco es justificable que independientemente del tiempo que se tenga de residencia se carezca de este servicio. En cuanto a la carencia de drenaje la situación se agrava al alcanzar una cuarta parte de los hogares encuestados. No queda nada claro que el hecho de que se practique la dotación de agua entubada en una vivienda y no se haga simultáneamente la dotación de drenaje. Es una situación inexplicable y mantiene en condiciones de insalubridad no solo la vivienda que carece de drenaje sino que afecta un área considerable en sus alrededores. Por lo que respecta a la carencia de alumbrado público igualmente no es concebible que una vez que están trazadas las calles no se introduzca este servicio y la situación se agrava porque además en una proporción alta de los hogares encuestados se carece del servicio de energía eléctrica al interior de las viviendas. Lo anterior revela que en las 24 ZAP es grave la carencia de los servicios municipales básicos agregando a ello la muy deficiente recolección de la basura. Por lo que se refiere a la pavimentación de las calles es tema aparte ya que la carencia es abrumadoramente mayoritaria. Una vez relacionados el total de las carencias en cuanto a los servicios municipales básicos en el total de los hogares encuestados, resulta que en promedio por hogar existe 1.64 carencias, es decir, que bajo esta medición ningún hogar estaría libre de carencias. Ello demuestra la desigualdad incluso dentro de la pobreza.

Aspecto socioeconómico

Sin considerar a quienes no respondieron el cuestionario en 2 de cada tres hogares trabaja más de un miembro además del jefe de familia. La situación anterior refleja que por cada hogar donde sólo trabaja el padre de familia existen dos en los cuales

lo hacen entre una y dos personas más. La proporción de miembros adicionales a los padres e hijos es de un tercio en los hogares lo que conlleva a que, por un lado, los ingresos monetarios de los distintos miembros que los aporten a los hogares, al prorratarlos por el número de miembros se disminuyen de manera más que significativa. Lo anterior definitivamente aumenta la pobreza de ingreso de dichos hogares así como las demás carencias.

Es relevante señalar que un 6.3% de los hogares encuestados se encuentre por debajo de los 500 pesos semanales (\$71.43 diarios o \$2 142.86 mensuales), el 34.8% obtiene un máximo de \$1,000 (\$142.86 diarios o \$4 285.71 mensuales), el 27% llega a \$1 500 (\$214.28 diarios o \$6 428.57 mensuales) y el 16% obtienen un máximo de dos mil pesos (\$285.71 diarios o \$8 571.30 mensuales). Es decir, que entre estos 4 grupos se acumulan 336 de los hogares encuestados que significan el 84%, es decir, casi 8 y medio de cada 10.

En 25 de los hogares encuestados (6.3%) se perciben ingresos totales de 500 pesos o menos a la semana (\$71.43 diarios o \$2 142.90 mensuales), lo que los determina por el ingreso total por hogar como en pobreza extrema. Pero CONEVAL señala ingreso per cápita lo cual nos lleva a dividir dichos ingresos entre el número de miembros de los hogares que INEGI afirma que el promedio en Ciudad Victoria es de 3.8, dando como resultado que el ingreso mensual per cápita en esos hogares sería de \$563.90 mensuales o \$148.39 diarios.

Además hay que señalar que lo anterior fue considerando que en todos esos hogares el ingreso fuera el tope mayor de 500 pesos semanales, pero que como nos demuestra la encuesta existen 11 hogares que ingresan semanalmente cantidades menores: \$450 (2 casos), \$400 (1 caso), \$350 (1 caso) y \$300 (7 casos). Al dividir estos ingresos entre el promedio de 3.8 miembros por hogar, en esos 11 hogares nos resultan los siguientes ingresos per cápita mensuales y diarios, respectivamente: \$482.14 / \$16.07, \$451.13 / \$15.04, \$375.00 / \$12.50 y \$338.35 / \$11.28. Como se observa, la distancia frente a lo que CONEVAL señala como la Línea de Bienestar para cada uno de estos grupos de hogares es muy considerable.

Resulta significativo en la gran mayoría de los hogares encuestados NO reciben ayuda externa para mejorar su economía familiar por parte de familiares o amistades de fuera de Victoria. Por lo anterior, en estas zonas los ingresos por esta vía no son significativos o, más bien, casi nulos.

Haciendo una síntesis en el análisis de los datos referentes a la alimentación en los hogares encuestados, se puede afirmar, de manera categórica, que a pesar de la proporción tan alta de su ingreso gastada en ese rubro, al final de cuentas, se come poco y mal.

Impacto de los programas sociales en las ZAP

Salvo en los casos de Prospera y de Apoyo Alimentario y/o Despensas cabe observar la muy escasa presencia de programas sociales dado el escaso número de programas y la cuantía de los hogares y beneficiarios.

Fuera de los programas señalados como de gran presencia en los hogares encuestados dentro de las ZAP, la presencia del resto de programas es prácticamente nula ya que, en suma, los programas escasamente impactan al 10% de los hogares después de descontar a aquellos que no supieron o no contestaron (25.8%). Es difícil de entender lo que significa Zonas de Atención Prioritaria ya que como se ha venido observando, los hogares mantienen con una gran cantidad de carencias y los programas sociales destinados a atenderlas no llegan a la población.

La cantidad de los programas aplicados es mínima frente a la totalidad de programas existentes dentro de las políticas públicas tanto de orden federal como estatal y que en la encuesta en las ZAP aparecen ausentes. No es posible que el gobierno en sus tres niveles se mantenga afirmando que los programas sociales mantienen una presencia significativa en estas zonas y, que los pocos que si aplican, reflejan una muy baja cobertura.

Es necesario revisar cada uno de los programas desde el diseño hasta la aplicación para ver su impacto y, por lo tanto, su utilidad o viabilidad así como el monto de los recursos que se les asignan. Para ello es necesario que los programas en su implementación observen un efectivo proceso de seguimiento veraz, de manera continua y permanente. Solo así sería posible una rigurosa evaluación. Sin lo anterior es imposible poder determinar con toda objetividad su función y sus resultados.

En lo que refiere a la presencia de obras físicas derivadas de los programas se tiene que poco menos de uno de cada tres de los hogares encuestados afirma que no se realizó ninguna obra en su colonia. Los programas que más se distinguieron son: parques, introducción de agua y drenaje, alumbrado y pavimentos. Sin embargo es de resaltar la muy escasa presencia de obras realizadas en la mayoría de los polígonos. Además de esto, la gente no señala cambios notorios en cuanto a organización vecinal como producto de las obras. No obstante, esa respuesta lleva a la interpretación de que en lugar de que los programas generadores de obras físicas esté induciendo hacia la solidaridad y el mejoramiento del tejido social y su cohesión a nivel de las colonias o barrios, lo que viene aconteciendo al final de cuentas es el fomento del individualismo entre los vecinos, sin importar los beneficios comunales.

Percepción sobre los programas sociales en las ZAP

El contacto directo del personal encargado de los programas sociales con la gente por lo que se refiere a la promoción e incorporación de los residentes en las ZAP es de escasa participación, situación que se refleja en apenas un 8.5% de los hogares encuestados.

Parte del seguimiento y la valoración de los resultados de los programas sociales debería tener absolutamente que ver con preguntarles a los beneficiados sobre su situación en cuanto a antes de ser beneficiarios y como cambió su situación después de haber recibido los apoyos. Como eso no se realiza de manera permanente el seguimiento prácticamente no existe y la valoración es limitada sino es que errónea, y hasta mal intencionada en cuanto a no calificarlos mal o a intentar posicionar los posibles resultados como muy buenos.

Se muestra la verticalidad en el diseño y operación de los programas sociales. Se vuelve a insistir en que por tratarse de residentes en Zonas de Atención Prioritaria las consultas y la atención debiera ser personalizada y obligatoria para todos los programas la presencia en todos y cada uno de los domicilios de los beneficiarios -e incluso de aquellos que por alguna razón no lo hayan sido- por parte de los distintos tipos del personal encargado de cada uno de los programas. Solamente de esta manera sería posible palpar las necesidades de estos grupos de población al igual de sus posibles resultados o desviaciones y, de esa manera, intentar tanto un mejor diseño de éstos con mayor eficiencia y mejor atención a los beneficiarios.

Debe señalarse en referencia a la evaluación que las propias dependencias involucradas hacen sobre los programas que aplican que sin consultar, si no es posible a la totalidad, al menos a la mayoría de los beneficiarios, de ninguna manera es posible que obtengan una evaluación objetiva, correcta y apoyada en datos reales.

Cabe decir, que de alguna manera o bajo alguna modalidad de diagnóstico, los programas Prospera y Apoyo Alimentario y/o Despensas aparecen como aquellos programas en los cuales las dependencias encargadas de operarlos, aunque a nuestro juicio de manera limitada, están acudiendo a la gente para sus evaluaciones.

Prospera (antes Oportunidades) y Apoyo Alimentario y/o Despensas que son los que más se distribuyeron son igualmente los más aceptados al ser calificados positivamente por los beneficiarios de programas. El resto, salvo Mejorando Mi Vivienda, tienen bajas calificaciones. En los casos de Prospera el 82.2% los califica de buenos mientras que en Apoyo Alimentario y/o Despensas esta calificación es de 53.1%, aunque cabe señalar que el porcentaje está por debajo del promedio de aceptación de los programas en general.

Las personas encuestadas señalaron que los programas son de poca ayuda y les otorgaron bajas calificaciones. Sin embargo, al preguntarles sobre la afectación

que se les ocasionaría en el supuesto de no ser beneficiarios, la relación se invierte ya que de aquellos que contestaron la pregunta, 2 de cada 3 señalaron que les afectaría mucho.

De más está decir que de ninguna manera los residentes en las ZAP piensan que los apoyos y beneficios recibidos los hacen dejar su calidad de pobres y que, por lo tanto, sólo se trata de ayudas o pequeñas mejoras en la condición de vida en sus hogares. No obstante, es importante señalar de qué manera se revela el grado de dependencia de los beneficiarios. Independientemente de la valoración que hacen con respecto a los apoyos en alimentación, salud y vivienda además de las otras cuestiones que les hayan ayudado en su calidad de vida en sus hogares, es más que revelador la manera tan contundente con las que señalaron la afectación que sufrirían si se les privara de esos apoyos.

Llama la atención que el 84.3% de los encuestados digan que existen colonias más pobres que la suya, lo que quiere decir que al no considerarse los más pobres, para los fines de una evaluación de los programas, significa que deben ubicarse los otros lugares donde sus habitantes requieren con urgencia de apoyos en sus hogares, y quizá de programas distintos.

Se observan grandes deficiencias en la difusión y promoción de los programas mediante presencia directa de personal dedicado a estas tareas.

El hecho de que casi la mitad de los encuestados que contestaron la pregunta señaló que la presencia de lo electoral está bien afincada no sólo en la percepción que desde fuera de esta problemática se tiene al respecto, sino que la manifestación directa de los involucrados pasa a ser como la ratificación de ello.

En general existe una insatisfacción en cuanto a los resultados de los programas para los encuestados estos han tenido poco o muy poco efecto en cuanto a disminuir la situación de pobreza en sus colonias.

REFERENCIAS

- Aguado Quintero Luis Fernando y Ana María Osorio Mejía. (2006) Percepción subjetiva de los pobres: una alternativa a la medición de la pobreza. *Reflexión Política*, vol. 8, núm. 15, junio, pp. 26-40. Universidad Autónoma de Bucaramanga. Bucaramanga, Colombia.
- Calderón Colín Rafael (2012). Alcances y limitaciones de Progres-Oportunidades en la ruptura de la pobreza intergeneracional. Propuesta de modelo integral de evaluación. Tesis de Licenciatura Facultad de Ciencias Políticas y sociales centro de estudios sociológicos México, DF.

- Calderón Ortiz Gilberto (2009). Las políticas públicas y el combate a la pobreza Gestión y Políticas públicas en la era del neoliberalismo REDPOL No. 1 Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. <http://redpol.azc.uam.mx>
- CONEVAL (2015) Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. Informe de Evaluación de la Política de Desarrollo Social en México. DF.
- CONEVAL (2014) Metodología para la Medición Multidimensional de la Pobreza. (Segunda Edición) México, D.F. Coneval.
- CONEVAL (2012) <http://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Glosario.aspx>.
- Ferrullo Hugo (2016). El Concepto de pobreza en Amartya Sen. *Revista Valores en la Sociedad Industrial*. Año XXIV. N 66. Agosto.
- Hernández Licona Gonzalo y Lilia Marcela Del Razo Martínez. (2004). “Cada quien habla de la feria...”: Características socioeconómicas de los hogares y percepciones sobre la pobreza y la política social. Serie: Documentos de Investigación, 16 ISBN: 968-838-591-3. Octubre. Secretaría de Desarrollo Social
- Leco Tomás Casimiro y Esteban Bollain Parra. (2013). La Política Social en México, 1970-2013 INCEPTUM, Vol. VIII, No. 15. Julio - Diciembre, pp. 177 – 212.
- López Calva Luis F, Lourdes Rodríguez-Chamussy y Francisco Trujillo. (2004). “Cada quien habla de la feria...”: Características socioeconómicas de los hogares y percepciones sobre la pobreza y la política social. Serie: Documentos de Investigación, 16 ISBN: 968-838-591-3. Noviembre de 2004 Secretaría de Desarrollo Social
- Plan Nacional de Desarrollo (2013-2018). México Gobierno de la República <http://pnd.gob.mx/>
- Plan Estatal de Desarrollo (2011-2016). Gobierno del Estado de Tamaulipas. Actualización octubre 2013. <http://transparencia.tamaulipas.gob.mx/wp-content/uploads/2013/11/III-PED-TAMAULIPAS-Actualizaci%C3%B3n-2013-2016.pdf>
- Plan de Desarrollo Municipal (2013-2016). Presidencia Municipal de Victoria www.google.com.mx/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF8#q=Presidencia+Municipal+de+Victoria+Plan+de+Desarrollo+Municipal+2013-2016.

Sen k. Amartya (1992). Sobre Conceptos y medidas de Pobreza. Comercio Exterior, vol 42, núm 4, México, abril de 1992. <http://www.eumed.net/cursecon/economistas/textos/sen-medida%20de%20la%20pobreza.htm>

Spicker Paul, Sonia Álvarez Leguizamón y David Gordon (2009) Pobreza: Un glosario Internacional. <http://biblioteca.clacso.edu.ar/ar/libros/clacso/crop/glosario/06spicker.pdf>

Tetreault Darcy Víctor (2012) La política social y los programas para combatir la pobreza en México ¿oportunidades para quienes? *Estudios Críticos del Desarrollo Volumen II*. No. 2 Primer semestre de 2012 pp. 41-74.

Nota: Seguimiento de notas, artículos y columnas en periódicos denominados de circulación nacional (La Jornada, Milenio, El Universal, El Financiero y Excélsior) como de orden local (Diario de Cd. Victoria, El Mercurio y Expreso) durante el periodo de investigación correspondiente a junio de 2015 a junio de 2016.

Juan Gilberto Silva Treviño



Estudió la Carrera de Licenciado en Computación Administrativa, la maestría en Sistemas de Información y el doctorado en Administración en la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

Es Profesor de Tiempo Completo en la Facultad de Comercio y Administración Victoria, candidato con el Perfil Deseable PRODEP.

Es integrante del Cuerpo Académico de Estrategias de Desarrollo Regional, Urbano y Rural Evaluado como en Consolidación. En su trayectoria ha dirigido 2 tesis de licenciatura y 1 de maestría.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

Estrategias de desarrollo regional, urbano y rural, calidad en el servicio.

Modelo de emprendimiento e inserción en las cadenas agrícolas del Altiplano tamaulipeco

Juan Gilberto Silva Treviño

RESUMEN

Tamaulipas es un estado del noreste de México que se caracteriza por su heterogeneidad estructural. Tiene seis regiones: Fronteriza, Valle de San Fernando, Centro, Sur, Mante y Altiplano; integradas por 43 municipios. Cada una de las regiones posee una particularidad económica distintiva. Este trabajo tiene como unidad de análisis la región del Altiplano tamaulipeco, considerado la más pobre del estado, con el objetivo de identificar y clasificar por su importancia socioeconómica y competitividad (dimensiones), las cadenas más importantes para el desarrollo rural del territorio, y proponer acciones de emprendimiento social, que contribuyan a mejorar la situación socio económica del territorio. Lo que se presenta es un resultado de un proyecto de investigación más amplio orientado a impulsar la inserción de los productores en las cadenas productivas regionales¹.

El Altiplano tamaulipeco está formado por cinco municipios: Bustamante, Jau-mave, Miquihuana, Palmillas y Tula. Es una región con baja densidad demográfica y su población apenas llega al 2% de la de todo el estado (INEGI, 2010). Ninguno de los cinco municipios alcanza el 1% de la población estatal. Tiene una densidad poblacional de 6.82 personas por kilómetro cuadrado, muy inferior a la del estado (40.71) (INEGI, 2015). Las cifras poblacionales municipales en el 2015, reflejan una contracción absoluta de la población del 19,6% con respecto al año 1990 y de un 22% a 2010, a pesar de la leve recuperación ocurrida en ese año con respecto a 1990 (INEGI, 2015). Entre los factores influyentes en la reducción absoluta de la población están la alta tasa migratoria (Bermúdez, *et al.*, 2016) y el muy elevado índice de marginación existente en la región (SEDESOL, 2015). Esta situación probablemente está condicionada por la desintegración estructural del tejido productivo, gran escasez de fuente de empleos y la inseguridad presente en el territorio.

El Altiplano es la región con mayor índice de pobreza en el estado. Cuatro de

¹ Proyecto de investigación financiado por PRODEP (2015-2016), bajo el título “Mecanismos de inserción en las cadenas productivas locales del Altiplano Tamaulipeco desde un enfoque de emprendimiento social y desarrollo sustentable”.

Los cinco municipios poseen un alto índice de marginación y tres de ellos se ubican entre los primeros seis lugares de pobreza y marginación a nivel del país (SEDESOL, 2015). Comparado con el 2010, la cifra de municipios en condiciones de extrema pobreza pasó de dos a cuatro en un período de cinco años (SEDESOL, 2015; SEDESOL, 2012). En general, el 73% del total de habitantes de esa región se encuentra en situación de pobreza multidimensional (CONEVAL, 2010). La cantidad de población con ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo aumentó del 2010 al 2014 en un 17% (CONEVAL, 2015). Según el Censo Económico 2009, sólo el 5.36% de la Población Económicamente Activa estaba empleada en el sector formal (INEGI, 2009).

La economía del Altiplano tamaulipeco es eminentemente agrícola, con limitada presencia a nivel estatal y nacional, y cuya producción agroindustrial está escasamente involucrada con las cadenas productivas regionales. Con absoluto predominio de las micro, pequeña y medianas empresas (MIPYMES) (INEGI, 2015). En 2015 la agricultura del Altiplano ocupó una superficie de 36,714 hectáreas para los ciclos primavera – verano y otoño – invierno. De ese total, solo el 21% era de riego, el resto de temporal. En 2014, los principales cultivos por el valor de producción de temporal fueron el maíz en grano y la avena forrajera. En riego los principales fueron: chile verde, tomate rojo, cebolla y aceituna (SAGARPA, 2015).

Para dinamizar la región y orientar las políticas de desarrollo para la mejora de las cadenas productivas agroalimentarias en el Altiplano, se requiere entender las características y el funcionamiento de las cadenas en el contexto regional. Ello implica el análisis de las dinámicas de la oferta y demanda de productos, y la forma en que se organizan e interrelacionan las empresas productivas y los modos de inserción en el mercado regional y estatal. De este modo podrán aprovecharse las ventajas comparativas en términos de disponibilidad de recursos naturales y trabajo.

Las cadenas productivas son consideradas como un sistema integrado por proveedores, productores, industriales y distribuidores, cuyo objetivo es llevar hasta el consumidor un producto final determinado. En este recorrido, cada segmento agrega valor al producto. En estos segmentos las empresas son agentes cuya competitividad depende no solo de su gestión, sino del desempeño de todas aquellas involucradas. En consideración, los estudios de las cadenas productivas han sido tratadas con diferentes enfoques y desde diferentes disciplinas. Entre estos enfoques destacan el de cadena de valor, cuando el objetivo es analizar el conjunto de actividades que se realizan para develar las ventajas competitivas potenciales de las empresas/agentes en cada eslabón de la cadena e identificar el valor y su participación en ella, para detectar las posibilidades del aumentar su participación en la generación de valor agregado, ya sea como parte de la cadena principal o auxiliar (Porter, 1985; Gereffi, et.al., 2005); y con un enfoque de cadena de suministro,

cuando el objetivo es analizar las relaciones entre las empresas/agentes de cada eslabón aguas arriba y aguas debajo, desde las fuentes de materia prima hasta el cliente final, detectando las razones y causas que originan las diferencias de precios pagados en cada eslabón y el precio pagado por el consumidor final (Altenburg, 2007).

De las 24 cadenas agrícolas existentes en el Altiplano, sólo cuatro tienen presencia a nivel estatal, determinada por el coeficiente de especialización regional (CE). Estos son: cebada en grano, tuna, nuez y alfalfa verde². En el caso de las cadenas agroalimentarias que se identificaron en el Altiplano, son cadenas que sólo contienen los eslabones producción y proveedores. Los productores no agregan valor adicional mediante algún tipo de transformación a sus productos, comercializando el producto primario obtenido fuera de la región.

La necesidad que impulsar el desarrollo del Altiplano, pasa necesariamente por la implementación de acciones de desarrollo de capacidades productivas locales que incrementen la productividad, que promueven las formas de aglomeración productiva (o asociatividad), que aumentan los beneficios de los participantes, y la definición de acciones conducentes a alcanzar un reparto más equitativo del beneficio a lo largo de las cadenas, con acciones de apoyo que proporcionen estabilidad y eleven sus ingresos. Para el pequeño empresario, la opción de emprender actividades de negocios, que se basen en recursos y capacidades locales pero con una visión de desarrollo de los procesos de acumulación para integrarse a las cadenas productivas, es una urgencia de primer orden, como vía para promover el crecimiento de emprendimientos locales que generen empleo y riqueza desde el mismo territorio.

En este capítulo, se persigue definir un modelo de emprendimiento, que a partir de las condiciones socioeconómicas del Altiplano, identifique un mecanismo de intervención que proyecte el desarrollo del territorio hacia una senda de crecimiento y de generación de ingresos. Para ello, inicialmente en la introducción se caracteriza la región del Altiplano tamaulipeco, posteriormente, se plantea el debate sobre el emprendimiento, su fuentes teóricas, destacando el papel del emprendedores en la creación de empresas para transformar el territorio. Se presenta la metodología, mixta, de tipo exploratoria, descriptiva. En los resultados, en primer lugar, se aborda el diagnóstico de las capacidades de emprendimiento en la región y en segundo lugar, se propone, a partir del análisis de diversas propuestas de emprendimiento estudiadas, un modelo de intervención que se apoye en las capacidades locales para generar emprendimientos en el territorio.

² Por coeficiente de especialización regional se entiende a la relación entre la participación de la cadena productiva en el sector agrícola de la región dada y la participación de la cadena estatal en el sector agrícola del estado.

Las preguntas de investigación que guían esta investigación: ¿cuáles son las capacidades de emprendimiento en la región del Altiplano?, ¿Qué mecanismo de intervención puede promover el desarrollo de capacidades de emprendimiento en la región para incentivar el desarrollo local y la inserción en las cadenas agroalimentarias?

El emprendimiento como mecanismo de inserción en las cadenas agroalimentarias

El emprendimiento es un concepto relativamente nuevo en la ciencia económica. Son muchas las acepciones que son hoy aceptadas de emprendimiento, pero el mismo puede ser definido como la actividad en la economía en torno a la creación de nuevas empresas, y que ésta dinámica involucrada depende de las actitudes del emprendedor hacia factores críticos (Chaston y Sadler-Smith, 2012). Diversos autores también han definido al emprendimiento previamente como la creación de organizaciones (Gartner, 1989) o bien como un tipo de comportamiento que se concentra en oportunidades en lugar de recursos (Stevenson y Grumpert, 1991, citado en Thurik y Wennekers, 2004).

Una variante adicional, como el emprendimiento social, es definido como la actividad creadora de valor innovador y valor social que sucede entre o a lo largo de los sectores gubernamental, empresarial y sin fines de lucro (Austin *et al.*, 2006, p. 2), aunque el desarrollo de un fenómeno de emprendimiento históricamente va unido al desarrollo de una idea que busca satisfacer objetivos económicos, políticos o sociales. Ese acto emprendedor tiene dos atributos indispensables: incertidumbre e innovación. Drucker (1985: 28), cercano a esa concepción afirma, que la innovación es: “el medio con el cual explotar el cambio como una oportunidad para un negocio diferente”.

Algunos académicos han encontrado, en la historia económica, algunos antecedentes del concepto. En el economista francés Cantillón, hay propuestas para entender el fenómeno actual, por el énfasis que hace en el riesgo y la incertidumbre en que conducen sus negocios (Thornton, 1998). Smith hace referencia al *entrepreneurship*, como un fenómeno casual, al igual que el beneficio (extraordinario), temporal, pues la propuesta clásica concibe las dinámicas emprendedoras de rupturas y de desequilibrios, solamente de forma temporal o externo. Marshall, otro de los economistas de gran impronta en la ciencia, introduce un nuevo factor de producción, factor organizador. A diferencia de Smith, Marshall introduce en el análisis económico el tema de las fallas del mercado y de la limitación a la competencia. Lo interesante del análisis innovador de Marshall, es que al introducir el elemento organizador, como función de coordinación de los factores productivos, asocia al emprendedor, con las funciones de gerente, lo que exige capacidad de tomar de-

cisiones en condiciones de incertidumbre ante la limitada información disponible (Marshall, 1957).

El tema del emprendimiento en la ciencia económica tiene su nueva etapa, con J.A Schumpeter. Si bien sus estudios abarcan una parte de todo el siglo XX, no es hasta el último tercio, cuando su enfoque del emprendedor en la economía capitalista es retomado en el debate de la ciencia, como una propuesta innovadora en relación con lo que anteriormente la economía neoclásica, había producido. En Schumpeter, el emprendedor no es un gerente, sino es un tipo especial del sistema capitalista que lo convierte en el elemento dinamizador del mismo. Supone para Schumpeter, la capacidad de romper con el “flujo circular de la economía” e impulsarla a una senda de crecimiento diferente a lo que significa el estado estacionario de equilibrio de los procesos económicos (Carrasco y Castaño, 2008).

El emprendedor de Schumpeter es un innovador, es una de las características que más resalta. En su libro, *Capitalismo, socialismo y democracia* (1968), Schumpeter afirma:

La función de empresario consiste en reformar o revolucionar el patrón de producción, explotando un invento, o, de una manera más general, una posibilidad técnica no probada, para producir una mercancía nueva o una mercancía antigua por un método nuevo; para abrir una nueva fuente de provisión de materias primas o una nueva salida para los productos, reorganizar una industria, etc. (p. 181).

Para Schumpeter, el emprendedor se guía por diferentes motivaciones. Estas son la necesidad de fundar una nueva dinastía, la de ganancia y conquista y la satisfacción en la solución de problemas. Por último, en cuanto a los elementos que entorpecen la actividad emprendedora, señala a la inercia propia del empresario y la conducta de rechazo a lo nuevo, a lo que rompe con las rutas tradicionales de hacer las cosas (Schumpeter, 1934).

Schumpeter, en su última etapa defiende el capitalismo de grandes empresas monopolíticas, según su argumento, cuando un emprendedor alcanza una posición de monopolítica derivado de sus innovaciones, se generan múltiples beneficios extraordinarios y producen imitaciones de todo tipo, que ponen en riesgo la posición monopolítica del innovador (Schumpeter, 1968). Ese proceso de difusión de la innovaciones a través de innumerables imitaciones, produce un efecto multiplicador sobre el resto de la economía, que producto crecimiento y derramas económicas para el territorio y el país.

Las tesis schumpeterianas sobre el emprendedor y la actividad emprendedora fueron retomadas a fines de los 70, principios de los 80, por la nueva economía evolutiva, en particular, los llamados neoschumpeterianos liderados por Freeman,

Pérez, Dosi (Dosi, *et al.*, 1988), que situaron el papel de la innovación en el centro de las transformaciones de la economía capitalista de ese momento.

El concepto contemporáneo de emprendimiento tiene entonces, su raíces en la teoría económica desarrollada por los economistas mencionados, y otros (J.B. Say, S. Mill, Amartya Sen, etc.), los cuales aportaron diferentes matices al entendiendo actual del fenómeno. Desde la perspectiva que interesa a este trabajo, el emprendimiento debe ser entendido como un fenómeno que desde el territorio o localidad promueve los cambios económicos y sociales que generan el desarrollo de la región y por consiguiente, mecanismos que creen las capacidades para que los productores y empresarios puedan participar en las cadenas productivas locales y regionales.

La perspectiva del desarrollo local promueve por iniciativa propia, el desarrollo de proyectos utilizando los recursos locales para encontrar soluciones a sus propias necesidades (Vázquez Barquero, 2007). Según la perspectiva del desarrollo endógeno: “las iniciativas de desarrollo local se pueden considerar como las respuestas de los actores públicos y privados a los problemas y desafíos que plantea la integración de los mercados en la actualidad” (Vázquez Barquero, 2007: 184). El mismo autor, crítica la visión del desarrollo autárquico, o autodesarrollo, según el cual, los procesos de desarrollo pueden satisfacerse a nivel local. El autor insiste en que las iniciativas de desarrollo local deben estar dirigidas “sobre las fuerzas y los mecanismos determinantes del proceso de acumulación de capital” (p.198). Eso implica el papel determinante que deben desempeñar el emprendedor local en la creación y desarrollo de empresas.

Desde este enfoque, el emprendedor se convierte en la herramienta fundamental de desarrollo local como mecanismo determinante del propio proceso de acumulación. Es decir, el emprendedor como individuo interactúa en un sistema de relaciones que lo coloca como actor directo en la generación de nuevas ideas y proyectos de tipo schumpeteriano pero también como gerente coordinador de actividades y decisor en la toma de decisiones de tipo marshalliana.

La capacidad emprendedora desarrollada a nivel local, sobre todo en pequeñas y medianas empresas pueden ser y de hecho han sido en diferentes experiencias a nivel mundial, un vehículo importante para la creación de empleos y de nuevos productos que cubren necesidades específicas y generan demandas a proveedores locales y extraterritoriales (Chelen, 1999).

La endogenización del proceso emprendedor, es por consiguiente un componente básico de la teoría del desarrollo local. Sin embargo, para que tenga lugar un efecto derrama en el territorio, se requieren de dos aspectos, que hay que tomar en cuenta:

1. Desarrollar procesos conscientes de identificación y promoción de las capacidades emprendedoras del territorio.
2. Impulsar procesos de creación y desarrollo de nuevas micro y pequeñas empresas, asociadas con clientes locales y foráneos, es decir, promover su integración en las cadenas regionales de valor.

En contextos donde domina la economía agropecuaria con elevados niveles de marginación como el Altiplano tamaulipeco, el emprendedor dispone de espacio físico y económico, con limitada competencia para desarrollar nuevas empresas ya incorporadas a cadenas regionales.

La CEPAL ha identificado los procesos que deben favorecer la inserción de las actividades de emprendimiento (MIPYMES) en las cadenas regionales de valor (Stezano, 2013). Estos procesos son: a) la contribución al aumento de la productividad, a través de la “introducción de cambios tecnológicos y organizativos mediante los cuales las MIPYMES podrían convertirse en agentes que favorecen el cambio estructural al ayudar a la creación y difusión de innovaciones y al desarrollo de nuevos mercados” (p. 23). b) La mayor competencia que tiene lugar con la entrada de nuevos socios, se promueven nuevos modelos de negocios que deben contribuir a mejoras en la productividad. Complementar las economías de escala de las grandes empresas. Las MIPYMES tienen mayor flexibilidad y probablemente dado sus menores costos de transacción, pudieran acceder a mercados diversificados y a cadenas de valor más allá del mercado local, beneficiándose de transferencia tecnológica y conocimientos. c) Desarrollar una función capital en la articulación de aglomeraciones productivas. La formación de aglomeraciones empresariales genera un beneficio derivado de la cercanía geográfica y de acciones colaborativas entre los agentes locales. Las MIPYMES participantes en esas asociaciones deben lograr niveles productivos mayores. d) Contribuir a la inclusión social al aumentar los ingresos de las microempresas, mejorar las condiciones laborales de los trabajadores y reducir su vulnerabilidad. Las microempresas que adoptan modelos de negocio orientados a resolver problemas de segmentos de la población vulnerables, pueden participar de instrumentos y políticas de apoyo para elevar sus ingresos y proporcionar estabilidad.

Metodología y fuente de datos

Existe un debate extenso en la literatura especializada, sobre el emprendimiento, los tipos de emprendimiento y los modelos de emprendimiento. Para este trabajo en la región del Altiplano tamaulipeco, se realizó un extenso trabajo de campo con

una muestra de 96 cuestionarios, aplicados a tres grupos de agentes o stakeholders: microempresarios, ex-microempresarios y a personas con disposición para emprender algún negocio.

La investigación fue de tipo mixta, exploratoria, descriptiva. Durante la fase cualitativa, se constituyó un panel de expertos para definir el concepto de capacidades de emprendimiento en el contexto regional de Tamaulipas. El panel colaboró en el diseño y validación de un cuestionario dirigido a los agentes mencionados. Se logró registrar un total de 87 cuestionarios válidos.

En segundo lugar, y utilizando el cuestionario validado por el panel de expertos, se procedió a la recogida de información mediante una encuesta. El cuestionario contiene 10 preguntas organizadas según el objetivo de la investigación, revelar las capacidades de emprendimiento en el Altiplano tamaulipeco.

Además de las técnicas e instrumentos mencionados anteriormente, se realizaron intervenciones con la comunidad del Altiplano, en donde se obtuvo valiosa información sobre las condiciones y necesidades que se viven hoy en día en la región.

RESULTADOS

1. Diagnóstico de las capacidades de emprendimiento en el Altiplano tamaulipeco.

Como parte del proceso de diagnóstico de las capacidades emprendedoras en la región, encuestas y *focus group* se realizaron, y se identificaron ciertos problemas complejos, en los cuales se requiere plantear una propuesta de solución integral a través de diversas estrategias empresariales, misma que el modelo propuesto de intervención pretende resolver.

- a. El primer problema que se detectó es que la mayoría de la población en la región del Altiplano de Tamaulipas es de edad avanzada y con poca escolaridad, debido a las escasas oportunidades de educación que se ofrecen a los jóvenes tienden a emigrar, para contrarrestar dicho problema, se propone generar carreras técnicas que facilite tanto las herramientas como los conocimientos necesarios para poder emprender un negocio aprovechando los recursos con los que cuentan en su región.
- b. Con base a las encuestas se identifica que existe poca participación en los programas de gobierno y en los programas de inversión extranjera, dado a que la mayoría de los emprendedores han iniciado su negocio con dinero propio, por lo cual se plantea promover talleres de difusión de los programas de financiamientos para emprendedores por los representantes de dichos programas.

- c. Otro factor que destaca es que los emprendedores del Altiplano de Tamaulipas tienen un alcance de ventas a nivel local, lo que quiere decir que tienen muy poca participación en los mercados nacionales y extranjeros, para ello, se requiere que en las carreras técnicas antes propuestas se realicen cursos de innovación y producción para generar un valor agregado a sus productos y así buscar alianzas con organismos nacionales que a través de proyectos de inversión ayuden a que estos puedan tener acceso a los mercados y cumplir sus exigencias.
- d. Existe una resistencia al cambio, por lo cual se plantea promover continuas capacitaciones tanto teóricas como prácticas por parte del equipo profesional y especializado de la Universidad Autónoma de Tamaulipas para concientizar la importancia que tiene la implementación de nuevas estrategias que favorezcan la eficiencia de su servicio, producto y distribución.

Las capacidades de emprendimiento de la región involucran un grupo de factores que afectan la capacidad de emprender nuevos negocios. Entre los factores, existen varios que limitan el crecimiento en la región en los últimos años; se observa que existe muy poca participación de los jóvenes en actividades que comprendan un desarrollo rural regional.

El 41.25% de la población encuestada del Altiplano dice no estar satisfecha con su empleo o actividad económica actual, principalmente porque perciben bajos salarios y porque les gustaría tener otras fuentes de ingresos. Un 71.25% cuenta con la idea de emprender su propio negocio en algún momento determinado, pero están conscientes que necesitan capacitación formal para poderlo llevar a cabo sus proyectos y esto se refleja en un 81.25% de la población que no ha recibido esta capacitación.

Un dato importante es que la mayoría de los encuestados necesita principalmente tres tipos de capacitación: en financiamiento y programas de apoyo, en finanzas y contabilidad, y en estrategias de ventas y mercadeo.

Así mismo algunos empresarios agrícolas y ganaderos regionales mencionaron algunos de los problemas que presentan en su trabajo, los cuales les impiden mejorar en su productividad, eficiencia y llegar a captar más clientes, por ejemplo: falta de recursos para compra de insecticidas para combatir las plagas, escasos recursos para la inversión, falta de capacitación y asesorías para mejorar la calidad de los productos, desconocimiento del mercado potencial de su producto y de la región, por tanto no hay mercado desarrollado, poca coordinación en los niveles del Gobierno, en algunos casos la edad, pocas oportunidades de desarrollo, falta de instalaciones para la comercialización de productos, poca inversión en maquinaria, desconocimiento de proveedores y compradores.

Por estas necesidades en la región resultó imperativo que el objetivo en la formación de capacidades emprendedoras y en especiales de los jóvenes de las zonas rurales ya que cada año las áreas rurales pierden una parte vital de su fuerza de trabajo ya que los jóvenes emigran a las ciudades o al extranjero en busca de oportunidades económicas. Con la ayuda de la sociedad del Altiplano, y la integración de los actores de acción social como gobierno e instituciones de educación superior, la propuesta es incorporar al emprendimiento social en lo rural una alternativa de organización productiva.

2. Modelo de intervención para la formación de capacidades emprendedoras en la Región del Altiplano Tamaulipeco

Este modelo de intervención es el resultado de la integración de los modelos que han desarrollado diferentes autores, los cuales contribuyeron a las bases de creación del presente para orientar la práctica, las formas de organización, los agentes que la realizarán y los requerimientos que el proceso debe cumplir para contribuir al alcance del máximo desarrollo posible, todo esto de acuerdo a las fortalezas y debilidades con las que cuenta la región del Altiplano (Figura 1).

Por lo tanto, para la elaboración del modelo de intervención fue fundamental contar con los modelos propuestos y desarrollados de autores como: Vicens y Grullón (2011), el modelo de fases de Shapero (1984), el modelo de factores aditivos de Martin (1989), el modelo de Greenburger y Sexton (1989) y el modelo de proceso emprendedor de Huuskonen (1993), además de otros referentes importantes como: González Domínguez (2004), Sanabria Landazábal y Burgos Baquero, Rychen y Hersh Salganik (2003), Tobón y Nieto García (2012) principalmente, los cuales contribuyeron a ilustrar y definir pautas que pueden ser usadas como referentes en este modelo.

Varios de estos modelos de proceso emprendedor hacen énfasis en la etapa previa a la generación de la idea de negocio. Es decir, en los factores o condiciones que se han denominado como formación de la vocación emprendedora, y han permitido que las instituciones de fomento, presenten iniciativas para el apoyo al entorno emprendedor (González Domínguez, 2004).

Según Nieto García (2012), el emprendimiento promueve la creación de puestos de trabajo, la presencia en el mercado de las pequeñas y medianas empresas, así como los trabajadores autónomos, aumentan las oportunidades laborales desencadenando de esta forma una generación de empleos e implica que la tasa de desempleo en la región disminuya de forma gradual. Los empresarios son motores de crecimiento y desarrollo económico, aportan riqueza y empleo, y son más abiertos a los cambios.

Nieto García (2012) considera que el emprendimiento en zonas rurales puede contribuir a combatir la despoblación a causa de la migración a zonas urbanas e incluso atrayendo nuevos residentes, favoreciendo a una mejora general en la calidad de vida de la zona, aumentando el número de servicios y productos disponibles.

A partir del análisis de modelos presentados por diversos autores y a los escritos, artículos y estudios de autores mencionados anteriormente se llegó a la elaboración de un Modelo de intervención propio, de acuerdo a las condiciones económicas, sociales y de desarrollo que la región del Altiplano presenta en la actualidad. Prentendiendo que este modelo aporte las herramientas necesarias para el desarrollo capacidades emprendedoras y contribuya a una cultura de emprendimiento social en la región.

Un modelo complementario de emprendimiento considera tres factores: formación del emprendedor; promoción del valor del emprendimiento e innovación y desarrollo de un ecosistema de apoyo. Para maximizar la eficiencia de este modelo, este proceso debe llevarse a cabo de manera integrada y acelerada para lograr ejemplos exitosos que autoalimenten el movimiento (Vicens y Grullón, 2011).

Esta propuesta promueve la Formación de Capacidades Emprendedoras a través del trabajo en equipo de la comunidad del Altiplano para así formar una economía sustentable y cooperativa.

A partir de estas competencias y condiciones, se propone un Modelo de intervención del Altiplano el cual se muestra a continuación (figura 1).

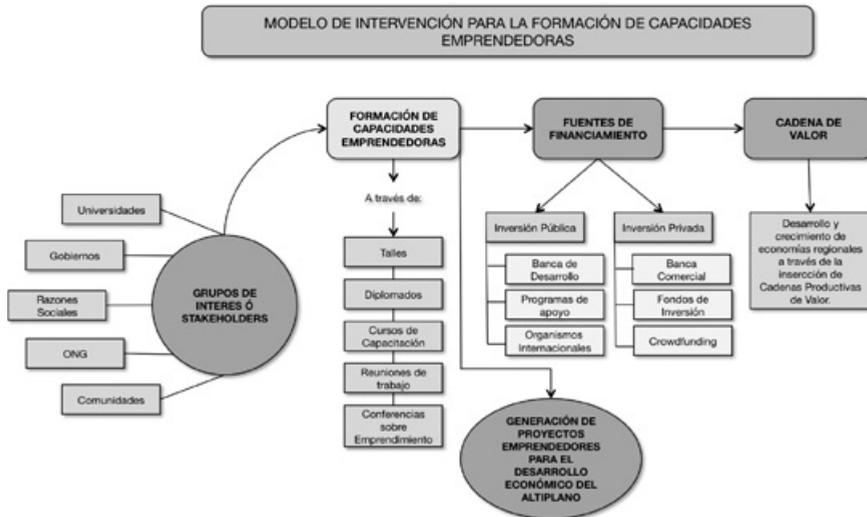


Figura 1. Modelo de intervención para la formación de capacidades emprendedoras
Fuente: elaboración propia

En el modelo de intervención, tenemos a los *Stakeholders* o grupos de interés que son las universidades, los gobiernos, las razones sociales, las organizaciones no gubernamentales y la propia comunidad los cuales son agentes de cambio para la formación de capacidades emprendedoras a través de talleres, diplomados, cursos de capacitación, intervenciones y reuniones de trabajo en la región y conferencias sobre emprendimiento.

Con ello generamos proyectos de carácter emprendedor con el objetivo de desarrollo económico de la región para así poder acceder a fuentes de financiamiento por medio de inversiones públicas como: banca de desarrollo, programas de apoyo y de organismos internaciones y por otro lado tenemos la inversión pública como: la banca comercial, fondos de inversión y *Crowdfunding* o ángeles de negocio. Todo esto con el objetivo final de que estos proyectos emprendedores puedan incursionar en cadenas productivas de valor.

Como una línea de investigación futura se llega a la conclusión de que la formación emprendedora en los grupos sociales (jóvenes entre 18 y 30 años, mujeres y hombres mayores de 31 años y los empresarios de micro, pequeñas y medianas empresas) es una vía o mecanismo para la generación de desarrollo económico y social en la zona del Altiplano Tamaulipeco.

CONCLUSIONES

El rezago social, la pobreza y migración que enfrenta el Altiplano Tamaulipeco da la tarea de generar una formación de competencias emprendedoras para que tanto jóvenes, mujeres, hombres y emprendedores sean partícipes del desarrollo y despeque económico de la región. Así pues la aportación principal de este trabajo consiste en la presentación de un Modelo de Intervención para el Altiplano Tamaulipeco integrado por contribuciones de diferentes autores, para ello se tomaron puntos importantes que se aterrizan a la realidad que vive actualmente en la región.

Con el modelo de intervención que se realizó para la región del Altiplano Tamaulipeco se espera que aporte elementos para seguir construyendo el debate sobre la necesidad de fomentar la cultura emprendedoras en las regiones rurales así como una formación formal de capacidades que permita despertar el interés entre el ámbito público, privado y sociedad en general por estudiar los alcances y límites de los proyectos ya existentes y así construir políticas públicas a la realidad del sector rural en México.

Durante el desarrollo de esta investigación se pudieron identificar las principales competencias emprendedoras en la región del Altiplano Tamaulipeco a partir de los estudios e investigaciones de los diversos autores mencionados, a las interven-

ciones realizadas en la región del Altiplano y a la recolección de datos por medio de encuestas. A partir de ello se diseñó un modelo para el desarrollo de estrategias y acciones que permitan un despegue económico, todo esto a través de una formación emprendedora para los pequeños y medianos empresarios, jóvenes y público en general con deseos de crecimiento económico y social.

La formación de capacidades emprendedoras en los diferentes grupos sociales puede ser una vía o mecanismo de desarrollo económico y social para zonas rurales y en especial para la región del Altiplano Tamaulipeco, ya que se logró definir las competencias necesarias para una adecuada formación emprendedora y como los organismos externos como universidad, gobiernos o razones sociales se pueden ver beneficiados con este tipo de acciones para el desarrollo de la sociedad y consecuentemente económico de una región o país.

REFERENCIAS

- Altenburg, (2007). T. *Donor approaches to supporting pro-poor value chains*. Disponible en: <https://www.die-gdi.de/uploads/media/DonorApproachestoPro-PoorValueChains.pdf>
- Austin, J., Stevenson, H., Wei-Skillern, J. (2006). Social and comercial entrepreneurship: same, different, or both? *Enterp. Theory Pract.* 30, 1–22.
- Bermúdez, J. y Reyes, A. (2016). Inmigrantes mexicanos en Estados Unidos. Una revisión del perfil sociodemográfico de la migración reciente, 1995-2015. En *La situación demográfica de México*. México, D.F.: CONAPO.
- Carrasco, I. y Castaño, M.S. (2008). El emprendedor schumpeteriano y el contexto social, *Información Comercial Española*, 845, 121-134.
- Chaston, I., Sadler-Smith, E. (2012). Entrepreneurial cognition, entrepreneurial orientation and firm capability in the creative industries. *British Journal of Management*, 23, 415–432.
- Chelen, F.D. (1999). Emprendedores como creadores de riqueza y desarrollo regional Programa Emprendedores como creadores de riqueza y desarrollo regional INTEC Chile Disponible en http://www.intec.cl/documentos_linea/ARI2487-INV-PFDI.pdf
- Dosi, G., Freeman,; Nelson, R.; Silverberg, G. y Soete, L. (1988). *Technical change and Economic Theory*, Londres: Pinter Publisher,
- Drucker, P. (1985). *La Innovación y el empresario innovador*. Barcelona: Ed. Edhasa.

- Freeman, C. y Pérez, C. (1988). Structural Crisis of adjustment, bussines cycles and investment behavior. En Dosi, G.: *et al.*, *Technical change and Economic Theory* (pp. 38- 67). London: Pinter Publisher.
- Gartner, W.B., 1989. “Who is an entrepreneur?” is the wrong question. *Enterp. Theory Pract.* 13 (4), 47–68.
- Gereffi, G.; Humphrey, J.; Sturgeon, T. (2005). The governance of global value chains. *Review of International Political Economy*, 12 (1), 78-104.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información (INEGI) (2015). Censo económico 2014. México, D.F.: INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información (INEGI) (2010). Censo económico 2009. México, D.F.: INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información (INEGI) (2010). Censo de Población y Vivienda. México, D.F. INEGI.
- Marshall, A. (1957): Principios de Economía. Madrid: Ed. Aguilar.
- Nieto García, Y. (2012). *Educación para el emprendimiento. Curso de adaptación a Gade* 2011/2012, 15-50.
- Porter, M. (1985). *Estrategia competitiva. Técnicas para el análisis de los sectores industriales y de competencia*. CECSA. México: Biblioteca de Planeación y Estrategia.
- SAGARPA. (2015). *Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/produccion-agropecuaria/>
- Schumpeter, J. A. (1934): The Theory of Economic Development. Cambridge, MA, Harvard University Press.
- Schumpeter, J. A. (1968). Capitalismo, socialismo y democracia. Madrid: Ed. Aguilar.
- Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). (2012). *Programa sectorial del gobierno del estado de Tamaulipas, Documento de trabajo*. Disponible en: <http://sedesol.tamaulipas.gob.mx/wp-content/uploads/2013/05/PROGRAMA-SECTORIAL-PROPUESTA.pdf>
- Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). (2015). *Zonas de atención prioritaria 2015*.
- Stezano, F. (2013). Políticas para la inserción de las microempresas y las pequeñas y medianas empresas en cadenas globales de valor en América Latina. México, D.F.; UN/CEPAL.

- Thornton, M. 1998. The Origin of Economic Theory: A Portrait of Richard Cantillon (1680-1734). Disponible en www.mises.org/Cantillon.
- Thurik, R., Wenekers, S. (2004). Entrepreneurship, small business and economic growth. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 11(1), 140–149.
- Tobón, S. (2004). Formación basada en competencias. Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica. Bogotá: ECOE.
- Vázquez Barquero, A. (2007). Desarrollo endógeno. Teorías y políticas de desarrollo territorial. *Investigaciones Regionales*, 11, 183-210
- Vicens, L. y Grullón, S. (2011). Innovación y emprendimiento; Un modelo basado en el desarrollo emprendedor. *Banco Interamericano de Desarrollo*, 11-22.

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Edgar Pérez Arriaga



Estudio la Carrera de Ingeniería Industrial en Calidad en el Tecnológico Nacional de México, la maestría en Gestión de la Calidad por el Centro de Excelencia de la Universidad Autónoma de Tamaulipas y el doctorado en Medio Ambiente en la Facultad de Ingeniería “Arturo Narro Sillar”.

Es Profesor de Tiempo Completo desde 2015 en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia “Dr. Norberto Treviño Zapata”.

Cuenta con proyectos realizados con la industria de la manufactura, con empresas Transnacionales como Delphi, Kemet de México y Springs Windows Fashions.

En el municipio de Victoria desarrolló el proyecto de Diseño de Rutas del Sistema de Recolección de Residuos Sólidos urbanos. Y en la zona sur el Análisis ambiental de la zona lagunaria el Chairel.

Ha dirigido 8 Tesis de Nivel maestría, también participa como colaborador con la Red Temática Binacional en Salud Fronteriza. (México-Estados Unidos). Realiza una investigación con apoyo (PRODEP) orientada al estado ambiental de cuerpos de agua y su contaminación por residuos como metales pesados, pesticidas en sedimento y agua, coliformes totales y fecales en peces y agua derivados de la actividad agrícola y medio ambiente natural adyacente. Siendo de gran importancia para la comunidad y los habitantes que dependen del uso de este recurso natural.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

Residuos sólidos urbanos; tecnología ambiental; y medio ambiente y desarrollo sustentable.

Estudio prospectivo de sanidad ambiental en la presa Caballeros, en Cd. Victoria Tamaulipas, México

Edgar Pérez Arriaga

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la presa Caballeros del municipio de Victoria, Tamaulipas, México, en el que se muestra la prospectiva de la situación sanitaria de los recursos naturales como agua y suelo, la situación real de la presencia de contaminantes como metales pesados y pesticidas, asimismo la evaluación de aspectos bacteriológicos y parasitológicos de los peces que ahí habitan, para determinar un perfil sanitario de los recursos naturales. Esto marcará la pauta del impacto generado en la presa y establecer las bases para evaluar la factibilidad del proyecto original, asegurando de esta manera la calidad del uso humano, agrícola, pecuario y del potencial acuícola. El estudio se realizó durante un periodo de 6 meses, en los cuales se monitorearon 10 sitios a lo largo de la presa, cada mes se recolectaron muestras de agua, sedimento para determinar metales pesados y pesticidas, así como colecta de peces para los análisis bacteriológicos y parasitológicos. Las técnicas utilizadas fueron fotometría, espectrofotometría de absorción atómica, cromatografía de gases, bacteriología y parasitología convencional. Los datos encontrados se contrastaron con los límites permisibles de calidad de agua y sanidad acuícola y las normas oficiales mexicanas.

INTRODUCCIÓN

La presa Caballeros se ubica en la localidad de Congregación Caballeros situado en el Municipio de Victoria, estado de Tamaulipas. Cuenta con 784 habitantes y se localiza a 240 metros sobre el nivel medio del mar. La superficie es de 60 Ha.

Su población consta de 382 hombres y 402 mujeres. La relación mujeres/hombres es de 1.052. El ratio de fecundidad de la población femenina es de 2.69 hijos por mujer. El porcentaje de analfabetismo entre los adultos es del 3.06% (3.14% en los hombres y 2.99% en las mujeres) y el grado de escolaridad es de 6.96 (6.86 en hombres y 7.05 en mujeres).

Esta presa fue creada con la finalidad de darle un uso agrícola y pecuario, sin embargo existen antecedentes de que para fines de evaluar un potencial acuícola se intentó sembrar peces con la finalidad de criarlos mediante la técnica de jaulas flotantes, proyecto que no tuvo resultados positivos. (CESATAM, 2010).

La contaminación del agua es la acción y efecto de introducir materiales o modificar las condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica.

La contaminación de las aguas superficiales es producto de las actividades del hombre que añade sustancias ajenas a la composición natural, modificando la calidad de la misma. Está contaminación es producto de diversos factores:

1. Agentes patógenos: bacterias, virus, protozoarios, parásitos que entran a las aguas provenientes de desechos orgánicos.
2. Desechos que requieren oxígeno: los desechos orgánicos pueden ser descompuestos por bacterias que usan oxígeno para biodegradarlos. Si hay poblaciones grandes pueden agotar el oxígeno del agua y matar las formas de vida acuática.
3. Sustancias químicas inorgánicas: ácidos, compuestos de metales tóxicos (mercurio, plomo), envenenan el agua.
4. Los nutrientes vegetales: pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas que después mueren y se descomponen, agotando el oxígeno del agua y causar la muerte de las especies marinas (zona muerta).
5. Sustancias químicas orgánicas: petróleo, plástico, plaguicidas, detergentes que amenazan la vida.
6. Sedimentos o materia suspendida: partículas insolubles de suelo que enturbian el agua, y que son la mayor fuente de contaminación.

Estudios realizados

Estudios ecotoxicológicos desarrollados en peces como la carpa, indican que son bioindicadores de contaminación esto tiene relación con su baja actividad metabólica y su ubicación en la cadena, los estudios tienen que ver con los procesos de biomagnificación del agua a los tejidos, parten desde la dieta que permite evaluar la transferencia de contaminantes a través de la red trófica. (Fisk *et al.*, 2001; Široká *et al.*, 2005; Christoforidis *et al.*, 2008; Randak *et al.*, 2009)

Metales pesados

Los metales pesados se encuentran en forma natural en la corteza terrestre. Se pueden convertir en contaminantes si su distribución en el ambiente se altera mediante actividades humanas. En general puede ocurrir durante la extracción minera, el refinamiento de productos mineros o por la liberación al ambiente de efluentes industriales y emisiones vehiculares. Además, la inadecuada disposición de residuos metálicos también ha ocasionado la contaminación del suelo, agua superficial y subterránea y de ambientes acuáticos. (INE, 2014).

Tanto las fuentes naturales como antropogénicas pueden contribuir considerablemente a la emisión de elementos metálicos a la atmósfera. Cabe señalar que al comparar las emisiones globales, la emisión de elementos como selenio, mercurio y manganeso se realizan en su mayoría por fuentes naturales; sin embargo, en el plano regional las fuentes humanas pueden contribuir de manera importante.

Fuentes de emisión

Entre las principales fuentes de emisión de los metales de mayor preocupación en México se tiene:

- Mercurio (Actividades mineras de extracción de oro, plata y cobre, fundición primaria y secundaria de metales, producción de carbón y coque, combustión de combustóleo y carbón en la generación de electricidad, industria de cloro-sosa, incineración de residuos peligrosos y biológico infecciosos).
- Plomo (Fundición primaria y secundaria de metales, loza vidriada, producción de pinturas,
- Elaboración de latas soldadas con plomo, industria electrónica y de cómputo, uso de gasolina con plomo).
- Cadmio (Baterías Recargables de Níquel/Cadmio (Ni/Cd), fertilizantes, pigmentos y estabilizadores en plástico y PVC, pigmentos en pinturas, galvanización, catalizadores y conservadores en la industria del plástico, elaboración de pintura y aleaciones. (INE, 2014).

Sanidad acuícola

El estado sanitario de presas y embalses debe evaluarse con respecto a los agentes infecciosos (virus y bacterias) o parasitarios y especialmente los agentes zoonóticos que puedan hospedarse en los organismos animales, en la fase de producción primaria.

También ha de tomarse en cuenta la posibilidad de que los organismos acuícolas

hayan podido ingerir agentes biológicos, químicos y físicos presentes en el organismo animal vivo o en el medio pueden contaminar los productos y subproductos de organismos acuícolas en proporciones consideradas inaceptables en términos de salud pública.

Inocuidad de alimentos

El control de la inocuidad de los alimentos de origen acuícola, en la fase de producción primaria requiere la implementación de un conjunto de medidas en la explotación o unidad de producción, que eviten la presencia de estos contaminantes en el producto final, principalmente los límites máximos de residuos (LMR) y los criterios biológicos establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius. (Manual de buenas prácticas, 2013).

La acuicultura está orientada a generar ingresos económicos basándose en la aplicación de diferentes tecnologías de cultivo de distintas especies para la alimentación humana.

Las enfermedades en la acuicultura

En las especies acuáticas las enfermedades son a menudo consecuencia de condiciones de estrés causadas por varias razones. Las enfermedades se clasifican en infecciosas y no infecciosas. Estas últimas pueden ser del tipo genético, nutricional o ambiental como la sobresaturación de gases atmosféricos en el agua, sólidos en suspensión, toxinas endógenas y exógenas, cambios bruscos de temperatura (Southgate, 1993).

Enfermedades de origen infeccioso

El origen infeccioso de las enfermedades en los peces que se producen por acción de microorganismos que se introducen en el cuerpo o tejido del pez y crean una infección. Entre los agentes patógenos se encuentran los virus, bacterias, hongos y parásitos (Piper *et al.*, 1982). Estos microorganismos se diferencian por el modo de producir las enfermedades, clasificándose en dos categorías: específicos y no específicos. La primera se caracteriza porque dichos organismos generan siempre enfermedad cuando están en contacto con el huésped, mientras que los segundos solo desencadenan la enfermedad cuando las condiciones les son propicias.

En general la enfermedad aparece cuando el patógeno encuentra las condiciones ambientales y fisiológicas adecuadas que favorecen su desarrollo, es decir cuando se rompe el equilibrio entre la resistencia del huésped y la virulencia del agente patógeno (Valenzuela, s.f). En un sistema de producción acuícola el pisci-

cultor debe mantener la condición de equilibrio de dichas variables, para reducir significativamente la probabilidad de aparición de padecimientos, realizando un manejo correcto y manteniendo la calidad del agua en óptimas condiciones (Balbuena, 2011).

Enfermedades parasitarias

Un parásito se define como aquel organismo animal de menor tamaño que vive en el interior o a expensas de otro organismo denominado hospedador (Bowman, 2011). Hasta cierto punto el parasitismo es una asociación de equilibrio entre un parásito y su hospedador, y cuando este equilibrio se altera se producen enfermedades.

En esta relación el hospedador desarrolla mecanismos inmunes que le permiten contrarrestar la acción del parásito, y éste a su vez, desarrolla mecanismos de resistencia a esta acción. Existen en la naturaleza diferentes tipos de parásitos y los podemos distinguir según su relación con el huésped de la siguiente manera:

- a. Ectoparásitos: los que viven en la superficie del huésped.
- b. Endoparásitos: los que viven en el interior.
- c. Temporales: viven en el huésped solo para alimentarse.
- d. Permanentes: viven siempre en contacto con el huésped.

Los parásitos que afectan a los peces pertenecen principalmente a los reinos Protozoa y Animalia, dentro de este último encontramos varias clases: Crustácea, Nemátoda, Hirudinea, Cestoda y Trematoda, que son las que afectan en mayor medida. En la clase Trematoda encontramos las subclases Digenea y Monogenea, a esta última pertenecen varias especies de pequeños gusanos que se localizan en las branquias, aunque no exclusivamente (Balbuena, 2011).

La aparición de enfermedades en animales acuáticos es una amenaza económica permanente y un desafío de gestión para la industria acuícola, ya que puede afectar la sanidad y bienestar de los animales acuáticos, el comercio y la salud humana (Center for Food Security and Public Health, 2011).

Relación entre patógenos que afectan a peces silvestres y peces cultivados

En la acuicultura existen diferentes sistemas tecnológicos cada uno de ellos con distintos niveles de producción. Los sistemas de acuicultura más simples consisten en la siembra extensiva de especies acuícolas para la instalación de pesquerías, hasta las formas más intensivas en donde se controla todo el manejo.

De acuerdo con Meyer (1991) los problemas de enfermedades constituyen la causa más grande de pérdidas económicas en la acuicultura. Este autor también menciona que muchos de los patógenos que causan enfermedades en organismos acuáticos son ubicuos en los sistemas acuáticos, y que en un programa efectivo de manejo de salud de peces, uno de los puntos más importantes a llevar a cabo son las tareas que eviten la introducción de patógenos a las granjas. En un programa de salud de peces la implementación de esta medida es en algunos casos imposible, y ello es debido a que en acuicultura hay ciertos sistemas de cultivo, como las jaulas, en donde existe el contacto entre los peces silvestres y peces cultivados. Ello facilita enormemente la transmisión de microorganismos de los peces silvestres porque éstos no son tratados cuando se presentan brotes de enfermedades en los peces cultivados.

Como se mencionó uno de los sistemas en donde la probabilidad de que ocurra la transmisión constante de patógenos es en los sistemas abiertos de cultivo, como por ejemplo la producción de peces en jaulas flotantes colocadas en cuerpos de agua abiertos, como presas, lagos y ríos. En México, el bagre de canal ha sido cultivado casi en su mayoría en sistemas de jaulas, ya que presenta ventajas: la inversión es más baja que en sistema de estanquería, los costos de operación son más reducidos, y el manejo se facilita, siendo posible alimentar, muestrear, clasificar, aplicar tratamientos y cosechar los organismos. Al igual que en la ganadería, las especies domésticas de diversos grupos como bovinos, caprinos, ovinos, entre otras, se pueden ver afectadas por parásitos presentes en animales silvestres. El efecto patogénico en los animales domésticos depende de muchos factores, sin embargo es un hecho que tampoco se pueden prevenir las infecciones en las especies silvestres, sobre todo cuando pertenecen a grupos taxonómicamente similares, por ejemplo rumiantes (bovinos, ovinos, venados).

Desde hace muchos años se conoce la importancia que tiene en la acuicultura el conocimiento de la fauna parasitaria en el medio silvestre. En el parasitismo, existen especies que pueden infectar un rango amplio de especies, es decir tienen una especificidad baja, así como también se tienen especies en donde se ha visto que solo afectan a un hospedero, denominándose a estos últimos parásitos con especificidad alta, o altamente específicos de un solo huésped. En este sentido tampoco se debe descuidar el posible efecto que pueden tener los patógenos de animales silvestres que hayan sido transmitidos por los peces cultivados y que pueden afectar las poblaciones que se encuentran libres de ellos puede ocurrir por la transmisión a través del agua, por contacto en las paredes de jaulas o redes de peces cultivados o bien por el escape de estos últimos (Arechavala-Lopez *et al.*, 2013). El efecto que pudieran tener los patógenos provenientes de organismos silvestres hacia los cultivados depende de muchos factores, y que pueden ir desde infecciones inaparentes

hasta epizootias graves. De acuerdo con Bruno y Woo (2002) la exposición de peces silvestres a patógenos provenientes de peces cultivados dependerá de varios factores, incluyendo el número de peces infectados, concentración del patógeno, tiempo de sobrevivencia en el ambiente, presencia de hospederos silvestres susceptibles, tasa de diseminación, vías de entrada, y papel del portador y de los peces que se escapan.

En México, son muy escasos, al menos en piscicultura, los efectos e interrelaciones entre patógenos de peces cultivados y silvestres. Esto es debido a que en su mayoría los peces son cultivados en estanquería rústica, canales rápidos o sistemas intensivos circulares, sin embargo en otros países existe desde hace tiempo interés en analizar el impacto y las interrelaciones entre organismos silvestres y cultivados.

McVicar (1997) reconoce por ejemplo que en las causas de enfermedades en el cultivo del salmón *Salmo salar* L. las interrelaciones entre peces cultivados y silvestres son típicamente multifactoriales, complejas e interactivas en la naturaleza. Se ha demostrado que en medicina humana y veterinaria, han ocurrido muchos ejemplos de epidemias masivas de enfermedad poco tiempo después del primer contacto con un agente infeccioso. También en muchas ocasiones es difícil detectar la enfermedad o los patógenos en las poblaciones silvestres, debido a que los peces silvestres viven con menos estrés, por lo tanto no expresan la enfermedad tan fácilmente, o bien a que son rápidamente degradados o consumidos por otras especies en el medio. Las investigaciones por las interrelaciones de patógenos entre peces silvestres y cultivados continúan avanzando. Johansen *et al.* (2014) describen estos problemas en Noruega, el principal productor de salmón en el mundo, en donde una de las mayores causas de pérdidas en el cultivo, es el parásito *Lepeophtheirus salmonis*, causante de graves mortalidades tanto en peces silvestres como cultivados.

OBJETIVO DEL PROYECTO

Determinar la situación sanitaria de los recursos naturales como agua y suelo, la situación real de la presencia de contaminantes como metales pesados y pesticidas, asimismo la evaluación de aspectos bacteriológicos y parasitológicos de los peces que ahí habitan, esto con la finalidad de determinar un perfil sanitario de los recursos naturales.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la sanidad ambiental en el agua, sedimento y en los peces silvestres de la presa Caballeros de Victoria, Tamaulipas, México.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinación de los parámetros de calidad de agua para uso acuícola y agropecuario
- Determinación de coliformes totales y fecales en agua y peces silvestres.
- Determinación de las especies parasitarias en *Ictalurus* sp.
- Determinación de la concentración de contaminantes persistentes como pesticidas y metales pesados en agua y sedimento.

PRINCIPAL METODOLOGÍA UTILIZADA

Mediante el uso de imágenes aéreas utilizando RPAS, se determinaron 10 sitios para la recolección de muestras de agua a una distancia aproximada de 200 metros entre cada punto (Tabla 1). Con repeticiones mensuales durante 6 meses iniciando en el mes de septiembre y terminando en febrero del año siguiente. La toma de muestra se realizó durante el día entre las 10:00 y 12:00 hrs, para cada sitio se utilizó un frasco de polietileno de 500 ml previamente rotulado y lavado con una solución de 5:1 de HNO₃ (ácido nítrico) al 75%, para lograr un pH de 1.6 a 2. En cada sitio se tomó una muestra de agua a una profundidad aproximada de 15 cm, las muestras se conservaron y transportaron en hieleras con hielo a fin de mantenerlas frescas hasta llegar al laboratorio de calidad de agua de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, para su análisis por medio de la técnica de espectrofotometría. La detección de metales pesados (Pb, Cd y Hg) se determinó empleando la técnica estandarizada para el fotómetro Spectroquant SQ 118 de Merck. La determinación de pesticidas en agua se realizó por el método de cromatografía de gases publicado en el Diario Oficial de la Federación.

Se obtuvieron estadísticos descriptivos básicos (media, mínimo, máximo y desviación estándar) para cada uno de los parámetros fisicoquímicos del agua (pH, temperatura, dureza, demanda química de oxígeno, nitritos, nitratos, amonio, cadmio y plomo) así como de coliformes totales y fecales para obtener una descripción global de los valores correspondientes a cada variable analizada en la Presa Caballeros. Además, se graficaron las variaciones promedio (\pm DE) de los distintos parámetros analizados por sitios (1 a 10) y meses de muestreo (septiembre 2015 a febrero 2016). Asimismo, se calcularon estadísticos descriptivos (media, mínimo, máximo y desviación estándar) para las coliformes totales y fecales detectadas en los peces (*Ictalurus* sp.) colectados en la presa así como para las concentraciones de cadmio y plomo en sedimento.

Se aplicaron análisis de varianza (ANOVA) de una vía para evaluar diferencias en

los parámetros fisicoquímicos del agua (pH, temperatura, dureza, demanda química de oxígeno, nitritos, nitratos, amonio, cadmio y plomo) y de coliformes (totales y fecales) entre los sitios de muestreo y meses del año. Cuando el ANOVA detectó diferencias significativas ($p < 0.05$), se realizaron pruebas de comparación múltiple de Tukey con la finalidad de determinar diferencias específicas entre sitios y meses de muestreo. En casos particulares donde los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas no pudieron cumplirse se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis como alternativa no paramétrica al ANOVA de una vía.

Para el caso de las concentraciones de cadmio y plomo medidos en sedimento, también se aplicaron análisis de varianza (ANOVA) de una vía para evaluar diferencias entre los sitios de muestreo y meses del año. Al detectar diferencias con el ANOVA se aplicaron pruebas de comparación múltiple de Tukey para determinar diferencias específicas entre sitios y meses de muestreo. Asimismo, cuando no se cumplieron los supuestos del ANOVA se usó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

PRINCIPALES RESULTADOS

El pH del agua en la Presa Caballero fluctuó de 7.0 a 8.1, mostrando un valor promedio de 7.79. La temperatura mostró valores entre 20.7 y 27.2°C con una media de 24.23°C. La dureza del agua varió de 27 a 137 mg/L con una media de 66.15 mg/L. La demanda química de oxígeno mostró valores entre 1.0 y 7.0 mg/L con una media de 3.95 mg/L. Los nitritos en el agua fluctuaron de 0.1 a 6.5 mg/L presentando una media de 1.51 mg/L; mientras que los nitratos variaron de 0.1 a 0.9 mg/L mostrando una media de 0.65 mg/L. Los niveles de amonio registrados fueron de 0.1 a 0.3 mg/L presentando una media de 0.13 mg/L. En el caso de los metales pesados, la concentración de cadmio registró valores entre 0.03 y 0.18 mg/L con una media de 0.10 mg/L; mientras que el plomo fluctuó entre 0.10 y 0.30 presentando una media de 0.15 mg/L (Tabla 1).

El nivel de las coliformes totales varió de 0.02 a 0.06 NMP/100 ml con una media de 0.04 NMP/100 ml; y las coliformes fecales registraron valores entre 0.02 y 0.04 NMP/100 ml con un valor medio de 0.02 NMP/100 ml (Tabla 1). El análisis de coliformes totales y fecales de los peces (*Ictalurus* sp.) colectados en la presa arrojó como resultado valores en un rango de 0.09 a 0.93 NMP/g (media= 0.44 NMP/g) para coliformes totales; y entre 0.04 y 0.15 NMP/g (media= 0.09 NMP/g) para coliformes fecales (Tabla 2). En el caso de los metales pesados (cadmio y plomo) medidos en sedimento, se encontró que la concentración de cadmio fluctuó de 0.11 a 0.64 mg/kg con una media de 0.31 mg/kg; mientras que el plomo mostró valores entre 0.11 y 0.42 mg/kg con una media de 0.22 mg/kg (Tabla 3).

Las variaciones espaciales de los distintos parámetros analizados en agua se muestran en las Figuras 1 y 3, de acuerdo a la ubicación de los diez sitios de muestreo en la zona Norte (sitios 3, 4, 5, 6 y 7), Centro (sitios 2 y 8) y Sur (sitios 1, 9 y 10) del embalse; mientras que las variaciones mensuales (septiembre 2015 a febrero 2016) se ilustran en las Figuras 2 y 4. De todos los parámetros fisicoquímicos del agua que se analizaron, solamente la dureza y los niveles de cadmio mostraron diferencias significativas entre sitios (Figura 1), observándose para el resto de los parámetros una distribución relativamente homogénea a lo largo y ancho del embalse. En el caso de la dureza, los sitios 6 y 9 fueron los que mostraron los valores significativamente mayores, mientras que el sitio 2 mostró el valor significativamente más bajo (Figura 1). Con respecto a los niveles de cadmio, la concentración promedio más alta se registró en el sitio 1 y la más baja en el sitio 10, ambos sitios ubicados al sur del embalse.

Se detectaron variaciones mensuales significativas en el pH, temperatura, demanda química de oxígeno, nitritos, amonio y plomo; mientras que los niveles de dureza, nitratos y cadmio no registraron diferencias significativas a lo largo de los meses de muestreo. La temperatura, demanda química de oxígeno, amonio y los niveles de plomo en el agua mostraron mayores valores entre octubre y noviembre, dependiendo del parámetro analizado. Por el contrario, el pH y los nitritos registraron valores significativamente mayores entre diciembre y febrero (Figura 2).

En el caso de los niveles de coliformes totales y fecales en agua, éstos mostraron diferencias significativas entre los sitios de muestreo, presentándose los valores significativamente más altos hacia la parte central (sitio 8) y sur de la presa (sitios 8 y 10) (Figura 3). Las coliformes totales mostraron diferencias significativas entre los meses de muestreo registrando mayores niveles entre septiembre y octubre, mientras que las coliformes fecales no registraron diferencias significativas a lo largo de los meses de estudio (Figura 4).

Tanto las concentraciones de cadmio como las de plomo en sedimento registraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los sitios de muestreo (Figura 5). El cadmio presentó una concentración significativamente mayor en el sitio 1; sin embargo, con excepción de este caso, por lo general, tanto para el cadmio como para el plomo los mayores valores se registraron en sitios ubicados en la parte norte del embalse y los menores en los sitios del sur (Figura 5). Al comparar los niveles de cadmio y plomo en sedimento entre los meses de estudio no se detectaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre ellos (Figura 6), indicando niveles relativamente homogéneos en un sentido temporal.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos globales de los parámetros fisicoquímicos del agua y de los niveles de coliformes totales y fecales registrados en la Presa Caballeros, municipio de Victoria, Tamaulipas.

Parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
pH	7.79	7.00	8.10	0.22
Temperatura (°C)	24.23	20.70	27.20	1.88
Dureza (mg/L)	66.15	27.00	137.00	21.67
Demanda química de oxígeno (mg/L)	3.95	1.00	7.00	1.24
Nitritos (mg/L)	1.51	0.10	6.50	1.57
Nitratos (mg/L)	0.65	0.10	1.90	0.38
Amonio (mg/L)	0.13	0.10	0.30	0.05
Cadmio (mg/L)	0.10	0.03	0.18	0.03
Plomo (mg/L)	0.15	0.10	0.30	0.06
Coliformes totales (NMP/100 ml)	0.04	0.02	0.06	0.02
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	0.02	0.02	0.04	0.01

Tabla 2. Estadísticos descriptivos globales de coliformes totales y fecales detectados en peces (*Ictalurus* sp.) capturados en la Presa Caballeros, municipio de Victoria, Tamaulipas.

Parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
Coliformes totales (NMP/g)	0.44	0.09	0.93	0.38
Coliformes fecales (NMP/g)	0.09	0.04	0.15	0.05

Tabla 3. Estadísticos descriptivos globales de metales pesados (cadmio y plomo) en sedimento registrados en la Presa Caballeros, municipio de Victoria, Tamaulipas.

Parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
Cadmio (mg/kg)	0.31	0.11	0.64	0.14
Plomo (mg/kg)	0.22	0.11	0.42	0.07

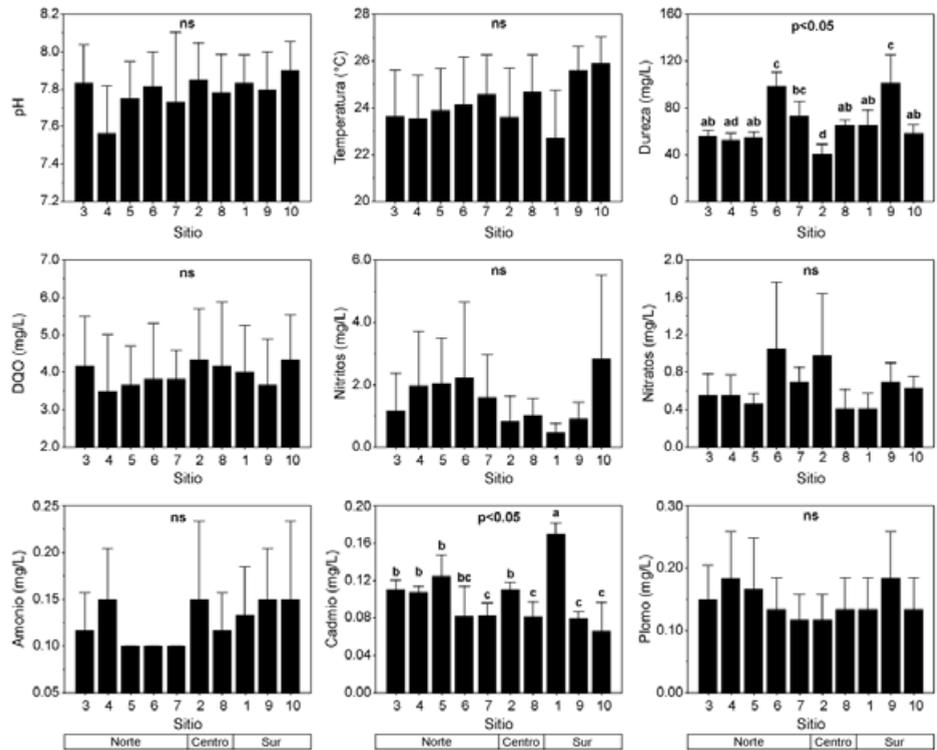


Figura 1. Parámetros fisicoquímicos del agua (media \pm DE) en diez sitios de muestreo ubicados en la Presa Caballeros, municipio de Victoria, Tamaulipas. Se reportan los resultados de las pruebas estadísticas, donde “ $p<0.05$ ” representa la existencia de diferencias significativas entre sitios, y las letras distintas (a, b, c, d) indican los sitios específicos que difieren entre sí; mientras que “ns” significa que no existen diferencias significativas.

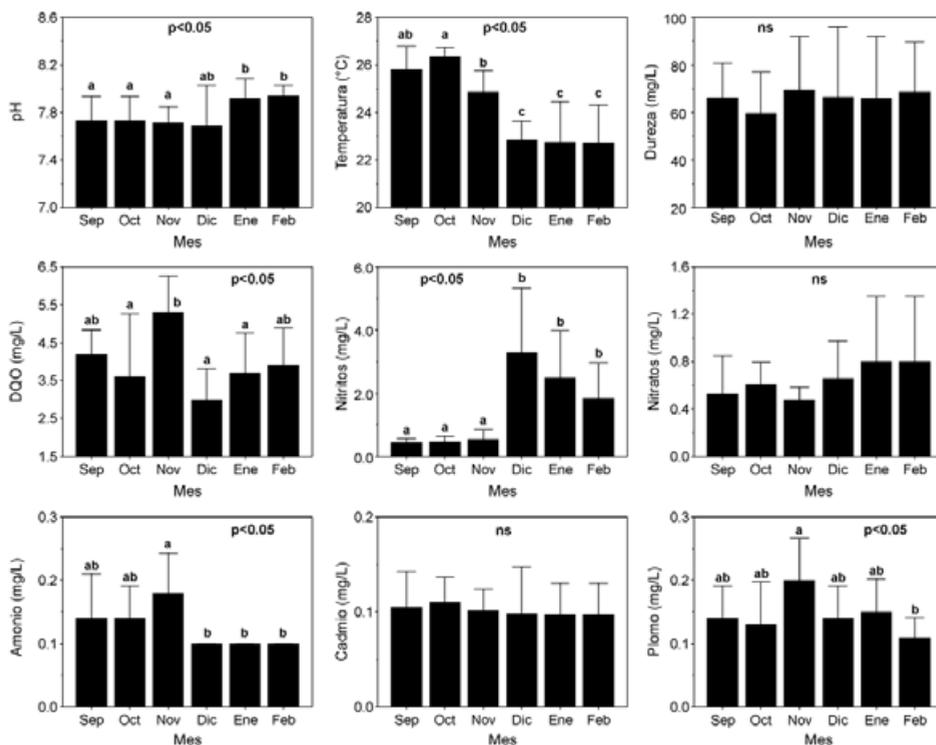


Figura 2. Parámetros fisicoquímicos del agua (media \pm DE) en distintos meses de muestreo (septiembre 2015 - febrero 2016) en la Presa Caballeros, municipio de Victoria, Tamaulipas. Se reportan los resultados de las pruebas estadísticas, donde “ $p < 0.05$ ” representa la existencia de diferencias significativas entre meses, y las letras distintas (a, b) indican los meses específicos que difieren entre sí; mientras que “ns” significa que no existen diferencias significativas.

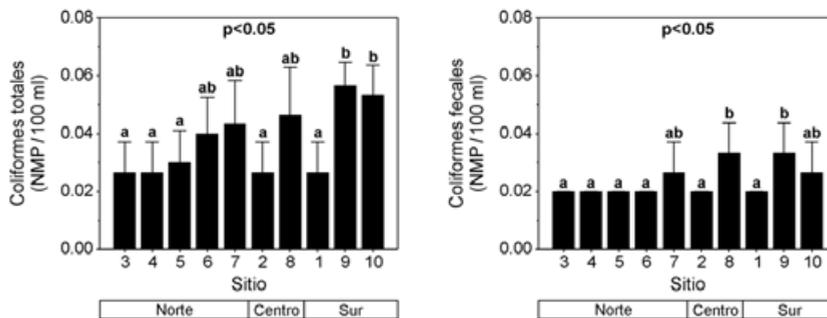


Figura 3. Valor promedio (\pm DE) de coliformes totales y fecales (número más probable / 100 ml) en agua en diez sitios de muestreo ubicados en la Presa Caballeros, municipio de Victoria, Tamaulipas. Se reportan los resultados de las pruebas estadísticas, donde “ $p < 0.05$ ” representa la existencia de diferencias significativas entre sitios, y las letras distintas (a, b) indican los sitios específicos que difieren entre sí.

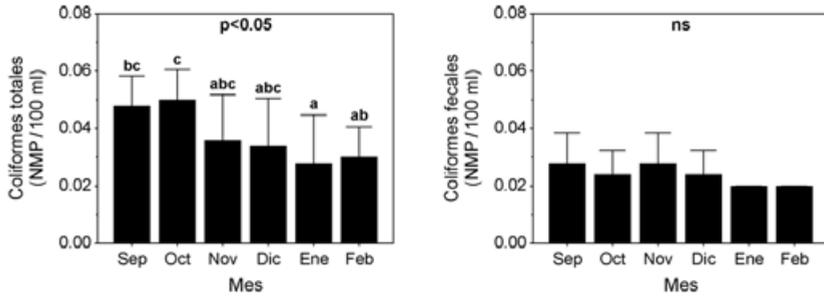


Figura 4. Valor promedio (\pm DE) de coliformes totales y fecales (número más probable / 100 ml) en agua en distintos meses de muestreo (septiembre 2015 - febrero 2016) en la Presa Caballeros, municipio de Victoria, Tamaulipas. Se reportan los resultados de las pruebas estadísticas, donde “ $p < 0.05$ ” representa la existencia de diferencias significativas entre meses, y las letras distintas (a, b, c) indican los meses específicos que difieren entre sí; mientras que “ns” significa que no existen diferencias significativas.

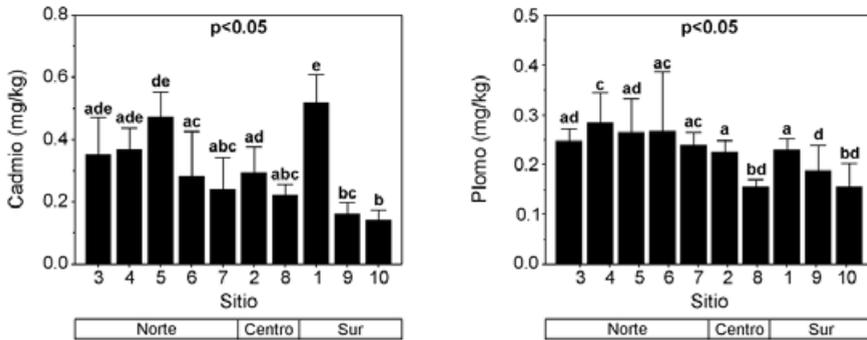


Figura 5. Concentración media (\pm DE) de cadmio y plomo en sedimento en diez sitios de muestreo ubicados en la Presa Caballeros, municipio de Victoria, Tamaulipas. Se reportan los resultados de las pruebas estadísticas, donde “ $p < 0.05$ ” representa la existencia de diferencias significativas entre sitios, y las letras distintas (a, b, c, d, e) indican los sitios específicos que difieren entre sí.

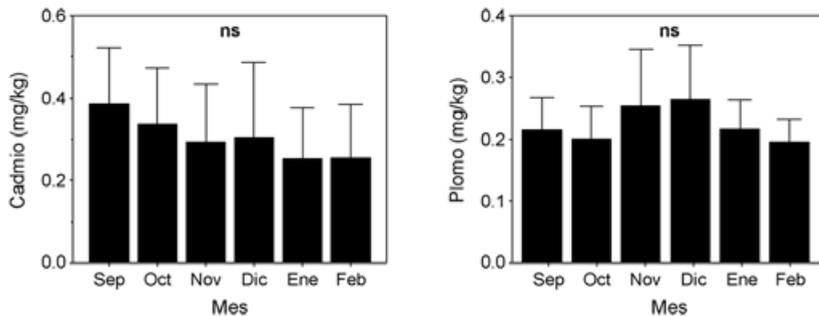


Figura 6. Concentración media (\pm DE) de cadmio y plomo en sedimento en distintos meses de muestreo (septiembre 2015 - febrero 2016) en la Presa Caballeros, municipio de Victoria, Tamaulipas. Se reportan los resultados de las pruebas estadísticas, donde “ns” significa que no existen diferencias significativas de los niveles de metales pesados entre los meses de estudio.

Para la determinación de los parámetros de calidad de agua para uso acuícola y agropecuario los resultados obtenidos fueron contrastados con los límites máximos permisibles de contaminantes en embalses artificiales señalados en la norma NOM-001-ECOL-1996.

En la siguiente tabla como conclusión se muestra cada uno de los parámetros analizados y si se concluye si el recurso hídrico es adecuado o no para uso acuícola y agrícola.

Tabla 3. Parámetros de calidad de agua para uso acuícola y agropecuario

NORMA	DESCRIPCIÓN	Elemento en que se analiza	Uso Acuícola SI/NO	Uso Agrícola SI/NO
1 Norma Mexicana NMX-AA-007	Determinación de la temperatura - Método visual con termómetro	Agua	SI	SI
2 Norma Mexicana NMX-AA-008	Determinación de pH - Método potenciométrico,	Agua	SI	SI
3 NMX-AA-030/1-SC-FI-2012	Determinación de demanda química de oxígeno	Agua	SI	SI
4 Norma Mexicana NMX-AA-060	Determinación de cadmio	Agua	SI	SI
5 Norma Mexicana NMX-AA-057	Determinación de plomo	Agua	SI	SI
6 Norma Mexicana NMX-AA-064	Determinación de mercurio	Agua	SI	SI
7 Norma Mexicana NMX-AA-099	Determinación de nitrógeno de nitritos	Agua	SI	SI
8 Norma Mexicana NMX-AA-079	Determinación de nitrógeno de nitratos	Agua	SI	SI
9 NMX-AA-026-SCFI-2010	Determinación amonio	Agua	SI	SI
10 NMX-AA-072-SCFI-2001	Determinación de dureza	Agua	SI	SI

1. El rango de temperatura registrado en los muestreos durante los 6 meses tuvo en promedio 26.48 grados centígrados, teniendo un registro máximo de 27.2 °C y un registro mínimo de 20.7. Concluyendo que estas temperaturas no representan un riesgo para el uso de agua en la acuicultura y agricultura.
2. El promedio del pH registrado en el muestreo es de 7.8, con variación máxima de 8.1 y mínima de 7. Encontrándose dentro de los rangos permisibles para uso acuícola y agrícola
3. El valor promedio registrado en las lecturas de la demanda química de oxígeno es de 3.95 mg/L.
4. Los valores de cadmio encontrado en el muestro se encuentran dentro de los límites permisibles, siendo el promedio 0.101 mg/L, con rangos máximos de 0.183 y mínimos de 0.027, se concluye que se encuentran dentro de los parámetros que permiten un adecuado uso del recurso.
5. El resultado del análisis de plomo en agua arrojó un promedio de 0.145 mg/L. Con una variación máxima de 0.3 y mínima de 0.1. Lo que permite la explotación acuícola y agrícola del recurso hídrico.
6. En el caso del mercurio, no se encontró presencia del elemento, por lo que el recurso se considera apto para su uso.
7. Para los nitritos el promedio dio como resultado 1.51 mg/L, valor que se encuentra por encima del límite permisible, para que no represente un riesgo para explotación del recurso.
8. Para los nitratos el concentrado de muestras da un promedio de 0.64 y un máximo de 1.9 y un mínimo de .01
9. Para los registros de amonio en agua, promedian 0.12 mg/L, con un máximo de 0.3 y un mínimo de 0.1
10. En el caso de la dureza su promedio fue de 66.15 mg/L, y su variación máxima de 137mg/L y una mínima de 27mg/L, considerándose un agua blanda y óptima para el uso acuícola y agrícola.

REFERENCIAS

- Anderson RC. 2000. Nematode Parasites of Vertebrates. Their Development and Transmission. 2nd Ed. CABI Publishing. Oxford UK. 650 pp.
- Arechavala-Lopez P, Sanchez-Jerez P, Bayle-Sempere JT, Uglem I, Mladineo I. 2013. Reared fish, farmed escapees and wild fish stock- a triangle of pathogen transmission of concern to Mediterranean aquaculture management. *Aquaculture Environment Interactions* 3:153-161

- Beverley-Burton M. 1994. Monogenean Diseases. Department of Zoology College of Biological Science University of Guelph, Ontario N1G 2W1, Canada.
- Bowman DD. 2011. *Georgis Parasitología para Veterinarios*. Elsevier. Barcelona (España). 453pp.
- Bruno DW, Woo PTK. 2002. Sporadic, Emerging Diseases and Disorders. En: *Diseases and Disorders of Finfish in Cage Culture*. PTK Woo, DW Bruno y LHS Lim (Editores). CABI Publishing. Oxon, United Kingdom. 305-343 pp.
- Christoforidis A, Stamatis N, Schmieder K, Tsachalidis E. Organochlorine and mercury contamination in fish tissues from the River Nestos, Greece. *Chemosphere* 2008;70:694–702.
- CTMA. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Tema 9 Productos Químicos: Problemas en el Uso de Pesticidas 2001;9(3):15-36.
- Center for Food Security and Public Health. 2011. Bioseguridad y prevención de enfermedades en la acuicultura. Programa Nacional de Acreditación Veterinaria. Iowa State University. Disponible en: <http://www.cfsph.iastate.edu/pdf-library/Acreditacion-Veterinaria/NVAP-Mod-15-AQBIO.pdf>
- Doong R A, Peng CK, Sun YC, Liao PL. Composition and distribution of organochlorine pesticide residues in surface sediments from the Wu-Shi River estuary, Taiwan. *Marine Pollution Bulletin* 2002;45:246–253.
- De Witt-Sepúlveda MG. 1992. Trematodos monogéneos en peces dulceacuícolas del noreste de México y su relación con algunos factores ecológicos. Tesis Maestría. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. 68 pp
- De la Cruz Cervantes JA. 2016. Reporte de Actividades Realizadas en las Instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Dr. Norberto Treviño Zapata, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Cd. Victoria, Tamaulipas. 43 pp.
- Fisk AT, Hobson KA, Norstrom RJ. Influence of chemical and biological factors on trophic transfer of persistent organic pollutants in the Northwater polynya marine food web. *Environ Sci Technol* 2001;35:732–740.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2011. Desarrollo de la acuicultura 2. Gestión sanitaria para el movimiento responsable de animales acuáticos vivos. ISSN 1020-5314.
- Galaviz-Silva L, De Witt-Sepúlveda, Mercado-Hernández R, Martínez Hernán-

- dez JJ, Segovia-Salina F. 1990. New Localities for monogenic trematodes and other ectoparasites of carp *Cyprinus carpio* and catfish *Ictalurus punctatus* in Northeastern Mexico and their relations with some biotic and abiotic factors. *The Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society* 106(3):64-77.
- INE (2003). Instituto Nacional de Ecología. Publicaciones Tema 4. Exposición a Plaguicidas. México, D. F. 57(13):34-46.
- Ioannis KK, Dimitra GH, Triantafyllos AA. The status of pesticide pollution in surface waters (rivers and lakes) of Greece. Part I. Review on occurrence and levels. *Environment Pollution* 2006;141:555-570.
- Jiménez-Guzmán, F. 2007. Curso: Técnicas de diagnóstico presuntivo para enfermedades de peces. Sede: Comité de Sanidad Acuícola de Tamaulipas. Cd. Victoria, Tamaulipas. 12 al 16 de noviembre de 2007.
- Jiménez-Guzmán F, Vidal V, Segovia-Salinas F, Aguirre M, Fajer A, Erosa G, De la Paz M. 2008. Manual Ilustrado de los Principales Agentes Infecciosos de Peces. Procedimientos parasitológicos estandarizados en peces.
- Jiménez-Guzmán F, Galaviz-Silva L, Segovia-Salinas F. 1988. *Parásitos de la Lobi- na Micropterus sp.*, (2ª edición), Fideicomiso Fondo Nacional para el Desa- rrollo Pesquero, México. 1988. ISBN 968-62-31- 02-1.
- Johansen LH, Jensen I, Mikkerlsen H, Bjørn PA, Jansen PA, Bergh Ø. 2011. Disease interaction and pathogens exchange between wild and farmed fish popu- lations with special reference to Norway. *Aquaculture* 315:167-186.
- Hoffman GL. 1998. *Parasites of North American Freshwater Fishes*. 2nd Ed. Comstock Publishing Associates. Cornell University. 539 pp.
- Kishimba MA, Henry L, Mwevura H, Mmochi AJ, Mihale M, Hellar H. The sta- tus of pesticides pollution Tanzania. *Southern and Eastern Africa Network for Analytical Chemists* 2004;64:48-53.
- Lalah JO, Yugi PO, Jumba IO, Wandinga SO. Organochlorine Residues in Tana and Sabaki Rivers in Kenia. *Bull. Environ. Contam. Toxicol* 2003;71:298-307.
- Li XD, Mai BX, Zhang G, Sheng GY, Fu JM, Pan SM, Wai OWH, Li SY. Distri- bution of Organochlorine Pesti- cides in a Sediment Profil of the Pearl River Estuary. *Bull. Environ. Contam. Toxicol* 2001;67:871-880.
- López NG, Otero RR, Grande BC, Gandara JS, González BS. Occurrence of organochlorine pesticides in stream sediments from an industrial area. *Arch Environ Contam Toxicol* 2005;48:296-302.

- Malik RN, Rauf S, Mohammad A, Eqani SAMAS, Ahad K. Organochlorine residual concentrations in cattle egret from the Punjab Province, Pakistan. *Environ Monit Assess.* 2010. DOI: 10.1007/s10661-010-1390-y.
- Meyer FP. 1991. Aquaculture Disease and Health Management. Symposium "Aquaculture in Animal Sciences" ASAS 82nd. Ann. Mtg., Ames, IA. 4201-4208 pp.
- McVicar AH. 1997. Disease and parasite implications of the coexistence of wild and cultured Atlantic salmon populations. *ICES Journal of Marine Science*, 54:1093-1103.
- Noga E. 1998. *Fish Diseases: Diagnosis and Treatment*. St. Louis, Missouri. 1995. ISBN 1-55664-374-8.
- Piper RG, McElwain IB, Orme LE, McCraren JP, Fowler LG, Leonard JR. 1982. *Fish Hatchery Management*. United States Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washintgon, D.C. 517 pp.
- Randak T, Zlabek V, Pulkrabova J, Kolarova J, Kroupova H, Siroka Z, Velisek J, Svobodova Z, Hajslova J. Effects of pollution on chub in the River Elbe, Czech Republic. *Ecotoxicol Environ Saf* 2009;72:737-746.
- Sarkar SK, Bhattacharya BD, Bhattacharya A, Chatterjee M, Alam A, Satpathy KK, Jonathan MP. Occurrence, distribution and possible sources of organochlorine pesticide residues in tropical coastal environment of India: An overview. *Environment International* 2008;34:1062-1071.
- Šíroková Z, Krijt J, Randák T, Svobodová Z, Pešková G, Fuksa J, Hajšlová J, Jarkovský J, Jánková M. Organic pollutant contamination of the river Elbe as assessed by biochemical markers. *Acta Vet Brno* 2005;74:293-303.
- Zhou HY, Wong MH. Screening of Organochlorine in Freshwater Fish Collected from the Pearl River Delta, People's Republic China. *Arch. Environ. Contam. Toxicol* 2004;46:106-113.

Ana Bertha Ríos Alvarado



Estudió la licenciatura en Computación en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa en la Ciudad de México y obtuvo por la misma universidad el grado de Maestra en Ciencias (Ciencias y Tecnologías de la Información). En 2013, obtuvo el grado de Doctora en Ciencias en Computación por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional - Laboratorio de Tecnologías de Información ubicado en Ciudad Victoria, Tamaulipas.

Es profesora de tiempo completo en la Facultad de Ingeniería y Ciencias, ha sido distinguida con el perfil deseable PRODEP. Es miembro del Cuerpo Académico de Telemática evaluado como en consolidación por la Dirección de Superación Académica.

En su trayectoria ha sido líder de un proyecto de investigación y participado en tres proyectos de investigación como colaboradora. Ha publicado tres artículos en revistas indizadas de alto impacto, así como tres capítulos de libro. Ha dirigido once tesis de licenciatura y una tesis de maestría.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

Aplicaciones y servicios basados en sistemas telemáticos; y minería de datos.

Aprendizaje de ontologías de dominio con mayor nivel de expresividad

Ana Bertha Ríos Alvarado

RESUMEN

Los recursos textuales constituyen una fuente de conocimiento importante, su crecimiento dentro de la Web e incluso dentro de organizaciones y grupos de investigación ha hecho necesario contar con mecanismos eficientes para el acceso y reutilización de tales recursos. Es por ello que la representación del conocimiento a través de una estructura conceptual como una ontología, que permita gestionar la información, es un elemento clave para el desarrollo de aplicaciones más “inteligentes”. Diferentes propuestas de metodologías han sido diseñadas para construir ontologías, pero éstas logran construir ontologías carentes de expresividad. El nivel de expresividad dado por axiomas es un elemento clave para el aprovechamiento de la ontología como modelo de representación del conocimiento. La metodología propuesta considera la integración de diversas técnicas que incluyan procesamiento del lenguaje natural para la obtención de un vocabulario representativo de la colección de documentos, búsqueda web para la obtención de relaciones taxonómicas (hiperónimos/hipónimos) y reconocimiento de entidades nombradas para la identificación de axiomas a partir del texto. El uso e integración de tales técnicas permite obtener ontologías que incluyan conceptos del dominio, relaciones jerárquicas y axiomas entre las clases e individuos de la ontología.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de esta investigación es desarrollar un enfoque para la generación de ontologías de dominio a partir de una colección de textos en Inglés. Se propone una metodología de construcción de ontologías que contempla la extracción de temas mediante un algoritmo de agrupamiento de texto, la identificación de relaciones de hiperonimia/hiponimia con base en la Web y la obtención de axiomas considerando las entidades nombradas que aparecen en los textos. Uno de los principales propósitos es ayudar en la tarea de construcción de ontologías reduciendo el esfuerzo humano empleado en su desarrollo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos de este trabajo son:

- Diseñar un método para la adquisición de vocabulario a partir de recursos textuales no estructurados. Dicho método deberá construir un modelo de representación del texto que contemple información sintáctica y semántica de las palabras. El desarrollo de este modelo implica tanto hacer un estudio sobre los modelos de representación del texto, así como analizar las herramientas que permiten el procesamiento del lenguaje natural (parser sintáctico, etiquetador gramatical y reconocedor de entidades nombradas).
- Analizar las herramientas que permiten el procesamiento del lenguaje natural.
- Definir un método para identificar relaciones taxonómicas a partir de la Web. Este método deberá utilizar la información contenida en la Web para ampliar las instancias de co-ocurrencia de los patrones léxico-sintácticos que indican una relación de hiponimia-hiperonimia. Esto implica estudiar y seleccionar los patrones léxico-sintácticos que señalan una relación taxonómica.
- Especificar un método para extracción de axiomas a partir del texto. El método deberá considerar la caracterización de las clases a través de la obtención de sus instancias. Para ello, es primordial la identificación y clasificación de instancias a partir del texto no estructurado.
- Diseñar un enfoque integrado no supervisado para la generación de ontologías a partir de recursos textuales.

IMPACTO CIENTÍFICO

Se espera que los resultados obtenidos se publiquen en al menos un congreso internacional y en una revista indizada.

IMPACTO ACADÉMICO

Involucrar a un alumno del programa de Ingeniería en Telemática para que desarrolle una tesis de licenciatura con especial énfasis en el diseño y desarrollo de un modelo semántico para representar una colección de documentos y evaluarlo en un dominio de aplicación.

TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO

Realizar trabajo conjunto con investigadores en áreas afines con el objetivo de fomentar la colaboración con otros grupos de investigación.

INTRODUCCIÓN

En la última década, la Web se ha convertido en un repositorio de recursos de información muy importante; los recursos de información no-estructurada (es decir, sin metadatos asociados) representan una de las fuentes de conocimiento más prominente generada por humanos en la Web. Esto quiere decir que la escritura de correos electrónicos, notas, reportes, artículos, entre otros, es la primera fuente de conocimiento creada por humanos mediante texto escrito en lenguaje natural. En las organizaciones, por ejemplo, compañías y universidades, la escritura de tales recursos de información representa una fuente de conocimiento esencial para su crecimiento y desarrollo. Además, debido al advenimiento de la *web semántica*, estos recursos requieren ser entendibles y tener un significado bien definido para un acceso y reutilización eficiente por aplicaciones de cómputo. Por lo que se hace necesario contar con un mecanismo que represente su conocimiento a través de una estructura conceptual que permita su gestión. Las ontologías son el medio idóneo para hacerlo.

Entre los mecanismos para representar y describir el conocimiento se encuentran las taxonomías, los mapas conceptuales, los tesauros y las ontologías. Una taxonomía es una organización jerárquica de entidades de información que cumplen una relación de generalización (especificación). Cada entidad de información está asociada a una superclase (concepto padre) y con una o varias subclases (conceptos hijos). Las taxonomías son comúnmente usadas como sistema de clasificación. Los mapas conceptuales pueden ser vistos como un esquema que corresponde a una organización jerárquica o no jerárquica con enlaces únicos o múltiples que pueden establecer diferentes tipos de relaciones: de posición, antes-después, causa-efecto, entre otras. Por su parte, los tesauros constituyen un sistema de clasificación del conocimiento conformado por una colección de palabras asociadas a través de un conjunto de relaciones de equivalencia, jerarquía y asociación. Un tesoro provee un vocabulario de indización y descriptores que permiten desambiguar conceptos e indizar documentos. Una ontología es un sistema de representación del conocimiento que se ha vuelto popular en los últimos años y que ha potenciado el desarrollo y uso de aplicaciones semánticas. Una ontología se define *como una especificación explícita y formal de una conceptualización compartida acerca de un dominio* [Gruber1993], por lo tanto una ontología puede ser vista como una forma de estructurar conceptos y las relaciones entre ellos. La ontología debe representar de manera efectiva (verídica) el conocimiento del dominio que modela. Esencialmente una ontología está compuesta por una taxonomía de conceptos, relaciones bien definidas y un conjunto de axiomas. A diferencia de los tesauros, las ontologías pretenden hacer el conocimiento reutilizable e identificar el conocimiento común y compar-

tido, además de proveer la capacidad de inferir nuevo conocimiento. Actualmente las ontologías son el mecanismo más popular de representación del conocimiento para compartir y almacenar conocimiento del mundo real.

Según Gruber [Gruber1993] los componentes de una ontología son:

- **Conceptos:** son las ideas básicas que se intentan formalizar, también llamadas clases.
- **Relaciones:** representan la interacción y enlace entre los conceptos del dominio.
- **Funciones:** son un tipo concreto de relación donde se identifica un elemento mediante el cálculo de alguna función.
- **Instancias:** se utilizan para representar objetos determinados de una clase. Son también llamados individuos.
- **Axiomas:** son verdades que se declaran sobre relaciones que deben cumplir los elementos de la ontología.

En particular un axioma es una aserción, es decir, un predicado verdadero/falso en forma lógica. Todos los axiomas que integran la ontología proveen una abstracción total del universo que describe el dominio de la ontología. Considerando los elementos de la ontología, existen tres tipos de axiomas:

- **Axiomas de individuos.** Son aserciones acerca de los individuos, por ejemplo *sameIndividualAs* (Bill Gates, B. Gates) o *differentFrom*(ONU, EU).
- **Axiomas de clases.** Se refieren a las expresiones entre clases, por ejemplo la relación *sub-clase-de* (*subClassOf*) entre la clase *nature* y *river* o *clases disjuntas* (*disjointWith*) entre la clase *river* y la clase *lake*.
- **Axiomas de propiedades.** Se refiere a las relaciones entre las propiedades de una clase o individuos. Por ejemplo, la relación *<Bill Gates, spouseOf, Melinda Gates>* establece una relación entre los individuos *Bill Gates* y *Melinda Gates*.

De acuerdo a Mizoguchi e Ikeda [MizoguchiIkeda1998], los axiomas cumplen dos roles principales:

- Representar rigurosamente el significado parcial de los conceptos.
- Dentro del alcance de la representación del conocimiento, responder a las preguntas sobre las capacidades de la ontología y los elementos (entidades, anotaciones, entre otras) que se crean usando los conceptos de la misma.

Las preguntas a resolver sobre las capacidades de la ontología cumplen un rol importante en su evaluación y están divididas en dos tipos:

- Preguntas acerca de las propiedades formales de la ontología y los elementos creados a partir de ellas.
- Preguntas acerca del comportamiento de los elementos usando la ontología.

De acuerdo a su generalidad, Guarino [Guarino1998] define cuatro tipos de ontologías:

- **Ontologías de nivel general:** estas ontologías contienen conceptos que unifican el conocimiento de otros dominios. Los conceptos son generales e independientes de un tema particular.
- **Ontologías de dominio:** contienen conceptos de un dominio específico del conocimiento. Una ontología de dominio es una especificación de una ontología de alto nivel.
- **Ontologías de tareas:** contienen conceptos relacionados a una actividad específica. Es también una especificación de una ontología de alto nivel.
- **Ontologías de aplicación:** contienen conceptos que representan roles (actividades) bajo un dominio específico. Este tipo de ontología es limitada en reusabilidad y contexto dado que dependen de un alcance particular y requerimientos de una aplicación específica.

Las ontologías de tarea y de dominio son complejas de desarrollar y modelar debido a que son ontologías que requieren lograr un consenso de los conceptos y sus relaciones dentro de una comunidad amplia de usuarios, además en ocasiones suelen ser dinámicos.

Para el W3C¹, *una ontología define los términos a utilizar para describir y representar un área de conocimiento. Las ontologías son utilizadas por las personas, los sistemas de información, las bases de datos y las aplicaciones que necesitan compartir un dominio de información. Las ontologías incluyen definiciones de conceptos básicos del dominio, y las relaciones entre ellos, que son útiles para que las computadoras ... codifiquen el conocimiento de un dominio y también el conocimiento que extiende los dominios. En este sentido, hace el conocimiento reutilizable.* Así, una ontología puede verse como un modelo formal de representación del conocimiento que define los elementos e interacciones necesarios para abstraer su universo de dominio.

Según Noy y McGuinness [NoyMcGuinness2001], las principales razones para desarrollar una ontología se pueden resumir en:

- Compartir el entendimiento común de la información entre personas y programas de software.
- Permitir la reutilización del conocimiento acerca de un dominio.

¹ Consorcio World Wide Web, <http://www.w3c.es/Traducciones/es/SW/2005/owlfaq>

- Hacer explícitas las suposiciones acerca de un dominio y permitir que éstas cambien si el conocimiento cambia.
- Analizar el conocimiento acerca de un dominio.

Una ontología puede ser construida manualmente, sin embargo, esta tarea requiere de un gran esfuerzo, largo tiempo y de la disponibilidad de los expertos en el área de dominio que se desea representar como una conceptualización compartida. Debido a esto, en la actualidad un campo de estudio importante es la generación (aprendizaje) de ontologías por medios automáticos y/o semi-automáticos. El aprendizaje de ontologías (*ontology learning*) se define como el conjunto de métodos utilizados para construir, enriquecer o adaptar una ontología de forma semiautomática, utilizando fuentes de información heterogéneas o distribuidas. En este proceso se emplean texto, diccionarios electrónicos, ontologías lingüísticas e información estructurada y semi-estructurada como fuentes de conocimiento [Sanchez2009]. Mucho del trabajo en el proceso de aprendizaje de ontologías a partir del texto se centra en técnicas de procesamiento de lenguaje natural, minería de textos y aprendizaje automático. Corcho *et al.* [Corchoetal2003] presentan una revisión de los métodos, técnicas y herramientas más relevantes usadas para la construcción de ontologías a partir de texto, destacan técnicas basadas en diccionarios, bases de conocimiento, esquemas semi-estructurados y esquemas relacionales.

El análisis sintáctico y semántico de grandes cantidades (colecciones) de texto permiten la adquisición y el aprendizaje de los conceptos y relaciones entre ellos. Es por ello que el aprendizaje de ontologías se apoya de técnicas que combinan la adquisición del conocimiento con técnicas de Inteligencia Artificial. Sin embargo, uno de los principales retos es lidiar con la imprecisión y ambigüedad del texto en contraste con la formalidad que debe representar la ontología. En ocasiones se ignoran estos elementos o al final del proceso un experto humano edita la ontología resultante para corregir los errores en la ontología aprendida. Las colecciones de textos en dominios específicos, en general, no contienen suficientes instancias del uso de los términos y relaciones representativas del dominio, por ello se hace indispensable contar con una variedad más amplia de contextos donde aparecen dichos términos. Una de las fuentes más amplias de contextos de información es la Web. En este sentido, la Web puede ser vista como un corpus para extraer conocimiento de cualquier dominio que permite lidiar con el problema de la adquisición de conocimiento (“cuello de botella”) y además permite el aprendizaje de ontologías a una escala web.

Otro de los principales retos en la generación automática de ontologías corresponde a la tarea de cómo evaluar la ontología construida. Propuestas dadas en el

tema de evaluación consideran diferentes enfoques, ya sea desde la perspectiva del proceso o desde la calidad de la ontología construida. Desde el punto de vista del aprendizaje de ontologías a partir del texto, la evaluación basada en una ontología “aceptada y aprobada” (*gold standard*) es la usualmente aplicada. El principal inconveniente de este punto de vista es que si es descubierto nuevo conocimiento verdadero y aplicable en el dominio que no está en la ontología “aceptada y aprobada” entonces el resultado de la evaluación no es favorable.

De manera general el aprendizaje de ontologías consta de dos fases [GullaBrathvik2008]:

- Pre-procesamiento lingüístico: Son las técnicas para normalizar y estandarizar las fuentes documentales textuales dentro de un formato unificado y apropiado para la extracción de la ontología. Estas técnicas son normalmente dependientes de la fuente de datos.
- Extracción de la ontología: En esta fase se usan técnicas basadas en estructuras sintácticas, análisis estadístico y/o bases de conocimiento para la obtención de los elementos que conforman a la ontología.

En particular, los algoritmos de agrupamiento son una buena aproximación para la identificación de grupos de términos relacionados a partir de un corpus de texto. Sin embargo, la “conceptualización de los términos” (desambiguación) es una tarea importante en la generación de ontologías. Algunas técnicas empleadas para encontrar los sentidos de los términos corresponden al uso de WordNet y sus *synsets* como base de conocimiento. Por otro lado, el uso de la Web para establecer hiperónimos/hipónimos elimina problemas como falta de nombres propios y dominios específicos, presentes en bases lingüísticas estáticas como WordNet, es por ello que parece apropiado el uso de la Web para identificar relaciones de hiponimia entre conceptos, lo cual lleva a pensar en el sentido conceptual que poseen los términos.

Para la extracción de axiomas se considera que los individuos son representados por entidades nombradas² dentro del texto, éstas se toman como base para la identificación de axiomas de clases, así como también el análisis léxico-sintáctico de patrones para la identificación de instancias. En ese sentido, el reconocimiento de entidades nombradas es clave en la tarea de extracción de axiomas a partir del texto.

² entidad nombrada: es una unidad de información tal como el nombre de una persona, organización, ciudad, producto, compañía o una expresión numérica (fecha, hora, cantidad monetaria, etc.)

Metodología propuesta

Uno de los enfoques más destacados en el aprendizaje de ontologías es el propuesto por Buitelaar *et al.* [Buitelaar *et al.* 2005]. En su propuesta se describe el proceso de construcción de ontologías como un modelo por capas, donde cada capa corresponde a un elemento de la ontología. Sin embargo, varias capas son extraídas de manera independiente considerando que se cuenta con la capa inferior, lo que no ocurre para todos los dominios. Por ello, en nuestro enfoque se propone una metodología que siga un enfoque de construcción por capas (también llamadas fases o etapas) pero que a partir de recursos textuales se obtengan vocabulario, relaciones taxonómicas y una de las capas superiores correspondiente a los axiomas de clase: *instanceOf*, *subclassOf*, *disjointWith* y *equivalentClass* que aportan un mayor nivel de expresividad a la ontología.

Para la construcción de una ontología con los elementos necesarios para alcanzar un mayor nivel de expresividad se proponen los siguientes pasos:

1. **Extracción de temas.** Esta fase corresponde a la identificación de tópicos representativos del corpus de documentos de entrada. Para la cual se contempla una fase de pre-procesamiento y una fase de agrupamiento de texto.
 - a. Pre-procesamiento. Esta fase comprende la recolección del corpus de documentos. El pre-procesamiento de los documentos involucra etapas de: convertir diferentes formatos de documentos (pdf, doc, odt, html, ppt) a texto plano, etiquetado gramatical, eliminar *stopwords*³ (son filtradas y no son tomadas en cuenta), lematización⁴ y extracción de características.
 - b. Agrupamiento. Esta etapa comprende la generación de un modelo de representación basado en la selección de términos/palabras (características) del corpus de documentos para la implementación del algoritmo de agrupamiento.
2. **Construcción de la taxonomía.** En esta etapa se organizan los términos identificados por tema/contexto en los grupos obtenidos por el algoritmo de agrupamiento de manera jerárquica. Además se obtienen hiperónimos/hipónimos ejecutando consultas sobre la Web, usándola como una base de conocimiento que permite guiar la obtención de hiperónimos/hipónimos en la generación de las taxonomías por cada grupo. Este proceso aplicado a las raíces de las taxonomías permite obtener la taxonomía general de la ontología a construir.

³ stopwords: palabras que nos son importantes en el texto (artículos, proposiciones, etc.)

⁴ lematización: reducción de las palabras a su raíz léxica

- 3. Extracción de axiomas.** En esta etapa se identifican los axiomas a partir del texto. En este caso, el análisis lingüístico identifica la co-ocurrencia de términos y el análisis léxico-sintáctico se realiza para la identificación de patrones que permitan asociar entidades nombradas a las clases y así establecer los axiomas de dichas clases.

Finalmente, en una etapa posterior a la aplicación de la metodología, se realiza la evaluación de la ontología generada. La evaluación considera la comparación de la ontología generada contra una ontología *gold standard*.

Caso de estudio

Para mostrar la implementación de las etapas descritas anteriormente se ha considerado una colección de documentos en el dominio de Turismo. Según un estudio realizado por Spink y Jansen [SpinkJansen2006] en 2006, entre los temas más buscados en la Web están los lugares para visitar; además de que el turismo representa una de las principales actividades económicas de un país desarrollado. En la actualidad el e-turismo está viendo su expansión a través de la Web y la interconexión de servicios integrados de vuelos, hospedaje e itinerarios turísticos lo que permite la disponibilidad de recursos es este tema.

El corpus de Turismo Lonely Planet⁵ contiene 1 801 documentos en formato HTML. Cada documento contiene descripciones de destinos turísticos alrededor del mundo incluyendo nombre del país, ciudades a visitar, condiciones climáticas, riesgos sanitarios, actividades culturales, deportivas y de entretenimiento. El vocabulario del corpus consiste de 303 546 palabras con una diversidad léxica⁶ de 15.73. Además el corpus contiene una ontología desarrollada manualmente por expertos en el área con 96 conceptos, 278 entidades nombradas y 103 relaciones taxonómicas anotadas manualmente. Este corpus se ha usado como referencia en trabajos como el de Cimiano *et al.* [Cimiano *et al.* 2005] y Zavitsanos *et al.* [Zavitsanos *et al.* 2007] en el proceso de aprendizaje de ontologías.

Metodología de evaluación

Se puede evaluar la capacidad de aprendizaje de la ontología mediante diferentes enfoques como son la ejecución de una aplicación, por expertos y por la comparación de los resultados obtenidos con una ontología de referencia (*gold standard*). Usualmente, la ontología *gold standard* es construida manualmente por ingenieros del conocimiento y/o expertos del dominio. El uso de esta ontología permite evaluar la calidad de la ontología construida, la cual es expresada por su similaridad

⁵ <http://olc.ijs.si/lpReadme.html>

⁶ promedio de veces que una palabra se usa en el corpus

con la ontología de referencia. Este tipo de evaluación de ontologías asume que la ontología *gold standard* representa de manera correcta el dominio que ésta modela. Sin embargo, la ontología de referencia puede carecer de elementos relevantes en el dominio y entonces la evaluación se verá influenciada por las deficiencias de ésta. Según Zavitsanos *et al.* [Zavitsanos *et al.* 2011] es posible comprobar la similitud de dos ontologías mediante la comparación de los niveles léxico y conceptual. A nivel léxico se consideran las dos ontologías y la comparación determina la similitud entre el conjunto de etiquetas léxicas que definen los conceptos. En el nivel conceptual son comparadas la estructura taxonómica y las relaciones encontradas dentro de las dos ontologías.

En este trabajo se evalúan las tres etapas del proceso de aprendizaje de la ontología:

- Extracción de temas (conceptos). En esta etapa se comparan los conceptos identificados a partir del texto mediante el algoritmo de agrupamiento contra los conceptos de la ontología de referencia. Las medidas utilizadas para esta evaluación son precisión y cobertura.
- Construcción de la taxonomía. Para esta etapa se comparan las jerarquías de conceptos, en particular si la relación taxonómica aprendida por cada par de hiperónimo/hipónimo es correcta de acuerdo a la ontología de referencia. En este caso también se usan las medidas de precisión y cobertura.
- Extracción de axiomas. Para este caso se reporta una evaluación por parte de un experto considerando los axiomas aprendidos con base en la medida de precisión.

La medida de *precisión* (P) especifica qué tanto del conocimiento obtenido es correcto. Por lo tanto, la precisión mide el porcentaje de elementos correctos en relación a los elementos obtenidos.

$$P = \frac{\text{(Elementos Correctos Obtenidos)}}{\text{(Total de Elementos Obtenidos)}}$$

$$\text{(Total de Elementos Obtenidos)}$$

La medida de *cobertura* (C) muestra qué tanto del conocimiento existente es recuperado. Para calcular la *cobertura* se requiere de un conjunto correcto de elementos (*gold standard*) con el cual se comparan los elementos obtenidos.

$$C = \frac{\text{(Elementos Correctos Obtenidos)}}{\text{(Total de Elementos Correctos)}}$$

$$\text{(Total de Elementos Correctos)}$$

Evaluación de extracción de temas

La evaluación de la extracción de conceptos (temas) refleja qué tan bien el conjunto de términos léxicos de la ontología construida corresponden con la ontología de referencia. Para la extracción de temas se emplea la identificación de información léxica y sintáctica. El primer experimento consiste en evaluar tres analizadores sintácticos del inglés para identificar cuál de ellos extrae con mejor calidad los términos del tipo sustantivo y verbo. Dado un archivo de texto perteneciente al corpus de Lonely Planet se extraen los sustantivos y verbos usando los analizadores sintácticos *MiniPar*, *StanfordParser* y *LinkGrammar*. Es importante notar que la cantidad de términos multi-palabra que las herramientas pueden identificar forman parte importante del vocabulario contenido en el corpus y representan un conjunto de clases y entidades nombradas que pueden ser aprovechadas desde el análisis sintáctico del texto.

Se identificó que la herramienta *MiniPar* puede obtener conceptos multi-palabra como *geographical region*, *olympic games* y *declaration of independence* o entidades nombradas como *Salt Lake City*, *Majestic Taj Mahal hotel* y *St Mary Magdeline Church* para el corpus LonelyPlanet; además de arrojar como resultado las raíces correctas de las palabras sin un proceso extra de lematización. Por lo tanto, esta herramienta se consideró para el análisis sintáctico del texto. Mediante el algoritmo de agrupamiento se han logrado identificar los grupos de términos relacionados que representan a los conceptos extraídos a partir del texto.

Para la extracción de temas se obtuvo una precisión del 0.6737 y una cobertura del 0.8513, lo que indica que en un dominio general se pueden obtener buenos resultados.

Evaluación de la construcción de la taxonomía

En este caso el objetivo es evaluar qué tan bien la ontología construida descubre las relaciones taxonómicas dadas en la ontología *gold standard*.

La construcción de la taxonomía comprende la etapa de identificación de hiperónimos a través de la construcción de un conjunto de consultas web. Para ejemplificar el proceso se tomo en cuenta el termino *museum*.

Considerando una muestra del corpus se tiene que los términos de esta muestra con mayor frecuencia son *cash*, *travel* y *product*. Dada la glosa de WordNet para *museum* (*a depository for collecting and displaying objects having scientific or historical or artistic value*), se obtienen los términos *depository*, *collection* y *display*. Usando patrones léxicos se construye el conjunto de consultas mostrado en la Tabla 1 para encontrar en la Web el hiperónimo más adecuado para *museum*.

Patrones léxicos y términos con más alta frecuencia

museum,+*and+other*+cash+travel+product

museum,+*or+other*+cash+travel+product

museum+*is+a*+cash+travel+product

such+as+museum+cash+travel+product

including+museum+cash+travel+product

especially+museum+cash+travel+product

called+museum+cash+travel+product

particularly+museum+cash+travel+product

for+example+museum+cash+travel+product

among+which+museum+cash+travel+product

Patrones léxicos y términos del synset de WordNet

museum,+ *and+other*+collection+object+display

museum,+*or+other*+collection+object+display

museum+*is+a*+collection+object+display

such+as+museum+collection+object+display

including+museum+collection+object+display

especially+museum+collection+object+display

called+museum+collection+object+display

particularly+museum+collection+object+display

for+example+museum+collection+object+display

among+which+museum+collection+object+display

Tabla 1. Consultas para el término *museum*

Dado ese conjunto de consultas, cada una se ejecuta sobre el motor de búsqueda web Google y, de donde se obtienen los hiperónimos candidatos: <*site, place, attraction, department of history, depository, institution*>. Para cada hiperónimo candidato se construye un nuevo conjunto de consultas y se calcula su correspondiente puntaje (S) mediante la siguiente Ecuación:

$$S = \text{hits}(\text{Patrón Léxico}(\text{término}, \text{Hiperónimo Candidato}))$$

$$\text{hits}(\text{Hiperónimo Candidato})$$

donde *Hiperónimo Candidato* corresponde a un hiperónimo obtenido a través del procesamiento de las páginas resultantes y *Patrón Léxico (termino, Hiperónimo Candidato)* representa la consulta.

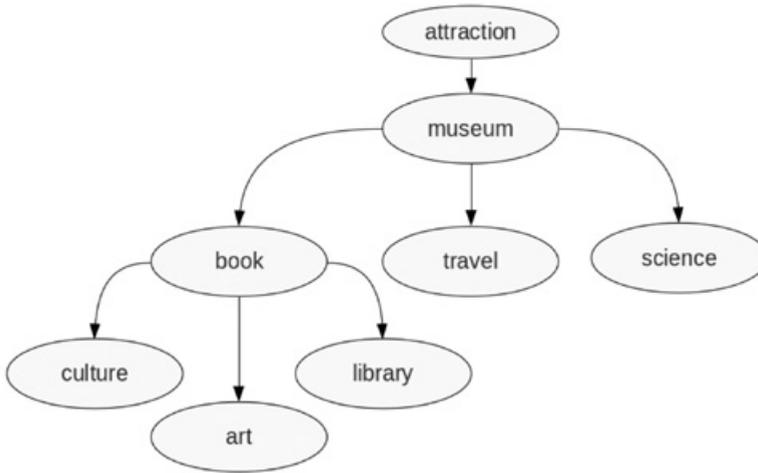


Figura 1. Taxonomía construida para el grupo de términos relacionados con *museum*.

Hiperónimo candidato	Puntaje (S)
attraction	3.74220
institution	3.65833
depository	1.50125
department of history	0.82055
place	0.21463
site	0.09794

Tabla 2. Puntaje de hiperónimos candidatos del término *museum*.

La Figura 1 muestra la taxonomía obtenida para el grupo de términos relacionados con *museum*. De acuerdo al puntaje obtenido para cada uno de los hiperónimos candidatos, el mejor hiperónimo para *museum* es *attraction*. La Tabla 2 muestra los resultados de los puntajes obtenidos para cada uno de los hiperónimos candidatos del término *museum*. Considerando diferentes definiciones reales de *museum* podemos ver que el hiperónimo candidato *institution*, el cual fue obtenido automáticamente por el proceso propuesto, aparece en tales definiciones:

...a **museum** is a building or **institution** which houses and cares for a collection of artifacts and other objects of scientific, artistic, or historical importance and makes them available for public viewing through exhibits that may be permanent or temporary...⁷

Museums enable people to explore collections for inspiration, learning and enjoyment. They are **institutions** that collect, safeguard and make accessible artefacts and specimens, which they hold in trust for society...⁸

The **museum** is an empowering **institution**, mean to incorporate all who would become part of our shared cultural experience...⁹

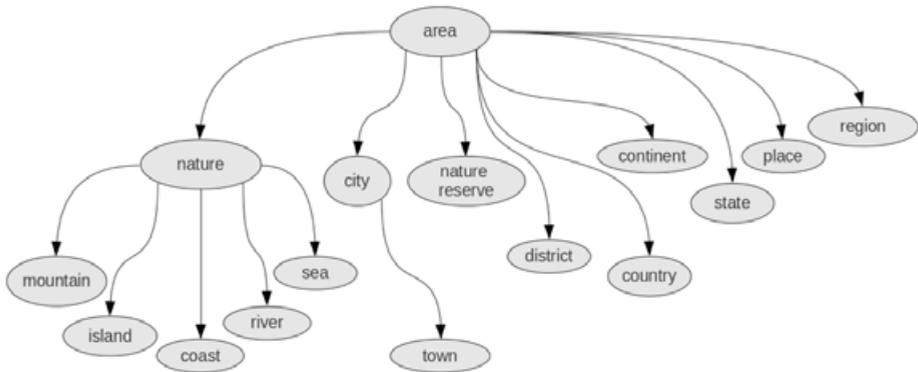


Figura 2. Taxonomía *gold standard* para el dominio de Turismo

7 Edward Porter Alexander, Mary Alexander. *Museums in motion: an introduction to the history and functions of museums*. Rowman & Littlefield, 2008 ISBN 0-7591-0509-X.

8 <http://www.museumsassociation.org/about/frequently-asked-questions>

9 Mark Lilla. *The Great Museum Muddle*. New Republic, April 8, 1985. pp.25-29

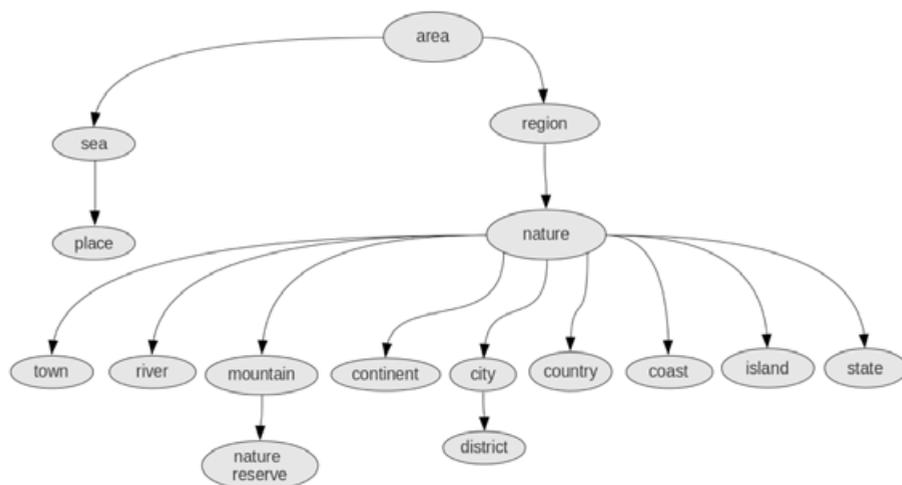


Figura 3. Taxonomía generada para el dominio de Turismo

Para continuar con la evaluación de la obtención de relaciones taxonómicas se consideran los términos del grupo: $\langle sea, country, city, nature, nature\ reserve, continent, district, state, place, region, town, island, mountain, coast, river \rangle$ organizados en la estructura *gold standard* mostrada por la Figura 2. Se construye el conjunto de consultas correspondiente a ese grupo de términos y aplicando el método propuesto se encontró que el hiperónimo raíz para el grupo de términos fue el concepto *area*. Se obtuvo la taxonomía mostrada en la Figura 3 la cual tiene una precisión de 40% para las relaciones taxonómicas encontradas *region - area, mountain - nature, river - nature, coast - nature, island - nature, nature - area* comparadas con la taxonomía *gold standard*. Pero si consideramos agregar las relaciones *nature reserve - mountain* y *district - city* como correctas, la precisión aumenta a 53.3%.

Para el análisis completo del corpus de Lonely Planet en la extracción de relaciones taxonómicas se obtuvo una precisión de 0.55 y una cobertura de 0.89, lo cual mejora los resultados presentados anteriormente sobre el mismo corpus por Cimiano *et al.* [Cimianoetal2005]. Con la información agregada a las consultas es posible recuperar hiperónimos candidatos más acordes y cercanos al hiperónimo correcto dado el dominio del corpus de entrada.

Evaluación de la extracción de axiomas

Para el caso de la extracción de axiomas, debido a la falta de ontologías de referencia que contengan axiomas, se propone comparar los resultados obtenidos con la evaluación de un experto humano.

Como primer paso para el aprendizaje de axiomas se realizó un análisis del funcionamiento de ocho herramientas para el reconocimiento de entidades nombradas, con el fin de contar con una herramienta que permitiera realizar la identificación de instancias de manera automática. En este primer experimento, el objetivo fue probar la calidad de los resultados obtenidos por las herramientas para el reconocimiento de entidades nombradas dentro del proceso de aprendizaje de ontologías. Así que los resultados del reconocimiento de entidades nombradas se comparan contra una lista de entidades nombradas provista por un corpus de prueba para la tarea de poblado de una ontología.

Las herramientas clásicas evaluadas fueron: 1) OpenNLP¹⁰, 2) PythonNLTK¹¹ y 3) StanfordNER¹²; y las herramientas basadas en Linked Data: 4) AlchemyAPI¹³, 5) OpenCalais¹⁴, 6) DBpedia Spotlight¹⁵, 7) Zemanta¹⁶ y 8) Extractiv¹⁷, las cuales hacen uso de información enlazada dentro de la Web para describir entidades nombradas identificadas a partir del texto; además de incorporar una solución para el problema de desambiguación en la detección de entidades nombradas mediante el análisis del texto de entrada.

A una entidad nombrada que se encuentra asociada a un tipo específico (clase) se le asigna un puntaje de confianza de que pertenece a tal clase. También se le da a cada entidad un identificador único (URI). La Tabla 3 muestra la evaluación de estas herramientas con base en las medidas de precisión y cobertura.

Herramienta	Precisión	Cobertura
AlchemyAPI	0.6648	0.4512
OpenCalais	0.6384	0.4079
StanfordNER	0.5478	0.6389
Zemanta	0.5404	0.4584
OpenNLP	0.4873	0.2279
PythonNLTK	0.4853	0.9061
Extractiv	0.2767	0.5703
DBpedia Spotlight	0.1168	0.4981

Tabla 3. Evaluación de las herramientas para el reconocimiento de entidades nombradas.

10 <http://opennlp.apache.org>

11 <http://nltk.org>

12 <http://nlp.stanford.edu/software/CRF-NER.shtml>

13 <http://www.alchemyapi.com>

14 <http://www.opencalais.com>

15 <http://dbpedia-spotlight.github.io/demo>

16 <http://www.zemanta.com>

17 <http://extractiv.com>

Para evaluar la identificación de la relación *instanceOf* se probaron las herramientas *AlchemyAPI* y *OpenCalais*. Estas dos herramientas definen una taxonomía de tipos y datos sus resultados (ver Tabla 3), éstas tienen mejor precisión en la identificación de individuos. La Tabla 4 presenta los resultados de las herramientas *AlchemyAPI* y *OpenCalais* en la evaluación con base en las medidas de precisión, cobertura y medida F comparando sus resultados contra un conjunto de 305 relaciones del tipo *instanceOf*, las cuales fueron anotadas manualmente.

Herramienta	Precisión	Cobertura
AlchemyAPI	0.6410	0.3036
OpenCalais	0.5722	0.2977

Tabla 4. Evaluación de las herramientas para el reconocimiento de la relación *instanceOf*.

La Tabla 5 muestra ejemplos de entidades nombradas y su clase respectiva del corpus de *Lonely Planet*.

Clase	Entidad nombrada
City	Belfast, San Juan, Brussels, Dakar, Iraklio, Nairobi
Country	Australia, Scotland, Honduras, El Salvador, Guatemala
Continent	North America, America, Europe, Africa, Asia
Holiday	New Year, Easter, Christmas, Ramadan, Bastille Day
Person	Christopher Columbus, Philip II, John, Thomas
Organization	Forest Department, River Club, EU
Region	Antartic, Mediterranean, Carribean, West Africa, Western Kenya
Geographic Feature	Caribbean coast, Sandy Beach, Goree Island, Victoria Falls

Tabla 5. Ejemplos de entidades nombradas y sus clases correspondientes al corpus *Lonely Planet*.

Sobre la identificación de instancias, la Tabla 6 muestra con mayor detalle la identificación de instancias pertenecientes a las clases *City*, *Continent*, *Country*, *Holiday*, *Person*, *Organization* y *Region*. Los resultados obtenidos fueron comparados con 258 instancias del corpus original de *Lonely Planet*, donde 42 corresponden a la clase *City*, 68 a *Country*, 2 a *Continent*, 10 a *Holiday*, 86 a *Person*, 38 a *Organization*, y 14 a *Region*. En la mayoría de los casos *AlchemyAPI* muestra mejor precisión, sólo para la clase *Person* *OpenCalais* tuvo mejor precisión que *AlchemyAPI*. En el caso de la clase *Continent* ninguna de las dos herramientas logró identificar correctamente la instancia *Africa* dado el texto de entrada anotado manualmente.

Clase	Herramienta	Precisión	Cobertura
City	AlchemyAPI	0.5700	0.6000
	OpenCalais	0.4929	0.6000
Country	AlchemyAPI	0.7631	0.8285
	OpenCalais	0.7000	0.8000
Continent	AlchemyAPI	-	-
	OpenCalais	-	-
Holiday	AlchemyAPI	0.5485	0.3800
	OpenCalais	0.5100	0.4900
Person	AlchemyAPI	0.3267	0.4933
	OpenCalais	0.4000	0.2867
Region	AlchemyAPI	0.5400	0.5033
	OpenCalais	0.4700	0.2614
Organization	AlchemyAPI	0.3500	0.6200
	OpenCalais	-	-

Tabla 6. Evaluación de las herramientas para obtención de relaciones *instanceOf* identificadas por clase

Los axiomas aprendidos a nivel de clases corresponden a *subClassOf*, *disjointWith* y *equivalentClass*. Para el axioma *subClassOf* la herramienta AlchemyAPI fue considerada en el reconocimiento de relaciones del tipo subtype/type, debido a que ésta obtuvo la mejor precisión en el reconocimiento de instancias y trabaja con base a los principios de Linked Data, donde el tipo de las entidades nombradas se encuentra asociado a una ontología (taxonomía de tipos de AlchemyAPI).

Para el siguiente experimento se seleccionó una muestra de 450 archivos del corpus de prueba. Sobre esta muestra del corpus, AlchemyAPI obtuvo 15 tipos y 54 subtipos de entidades nombradas.

Algunas relaciones identificadas son: para la clase *Geographic Feature* las subclases *Location*, *City Town*, *River*, *Body Of Water*, *Administrative Division*, *Tourist Attraction*, *Island*, *Mountain* y *Lake*; y para la clase *Person* son subclases correctas *Military Person*, *Actor*, *Film Actor*, *Monarch*, *Member Of Parliament*, *Opera Character* y *Politician*. Por el contrario, en otros casos, como el caso de las subclases *Meteorological Service* y *Human Language* no son correctas para la clase *Country* o la subclase *Saint* para la clase *Person* es una subclase incorrecta. De acuerdo a las relaciones obtenidas y la evaluación de un experto humano se obtuvo una precisión de 70.37% para las relaciones *subclassOf* con base en la herramienta AlchemyAPI.

Para la evaluación de las clases disjuntas se usó el mismo corpus de muestra con 450 archivos. Sobre la muestra del corpus se obtuvieron 5 clases de instancias sin traslape de los elementos de su lista de entidades nombradas entre cada una de las clases. Se obtuvieron un total de 105 duplas (*class_1, class_2*), las cuales fueron analizadas para identificar cuáles duplas cumplían la relación de clases disjuntas. De acuerdo a la evaluación de un experto humano, se tiene que 88 duplas corresponden correctamente a clases disjuntas (*disjointWith(class_1, class_2)*) y el resto (17 duplas) tienen alguna otra relación como *subClassOf* o *partOf*.

Por ejemplo se tiene que las clases *Region* y *Holiday* son clases disjuntas, también como las clases *Country* y *Organization*, *Country* y *Holiday*, *City* y *Holiday*. Sin embargo, las clases *Region* y *Geographic Feature* no son necesariamente clases disjuntas. Aún cuando de acuerdo a la herramienta de reconocimiento de entidades nombradas estas clases tengan un conjunto de instancias diferentes, las clases cumplen con la relación *subClassOf*. El mismo caso ocurre con las clases *Region* y *Country*.

En el caso del aprendizaje de la relación *equivalentClass* se consideraron dos ontologías distintas. Para cada clase de cada ontología se obtuvo su conjunto de instancias usando las herramientas *AlchemyAPI* y *OpenCalais*. Las clases correspondientes fueron obtenidas por la ontología de cada herramienta. Se comparó para cada clase su lista de entidades nombradas, si el conjunto de instancias entre dos clases de diferente ontología es altamente similar entonces se establece el axioma *equivalentClass(class_1, class_2)*. Altamente similar significa que la mayoría de las entidades nombradas, esto es un 95%, de cada clase son las mismas. Esto debido a que las herramientas y sus ontologías tienen diferente precisión en el reconocimiento de entidades nombradas.

En este caso se usaron las herramientas *AlchemyAPI* y *OpenCalais* sobre la misma muestra de 450 archivos de *Lonely Planet*. *AlchemyAPI* identificó 15 clases y *OpenCalais* identificó 17 clases sobre el mismo corpus. De un total de 255 duplas del tipo (*AlchemyAPI:Class, OpenCalais:Class*) sólo 16 duplas tuvieron un traslape entre los conjuntos de instancias. De acuerdo a la evaluación de un experto humano, 11 de esas duplas cumplieron con una relación de equivalencia, el resto cumplió con otra o ninguna relación. En algunos casos se puede determinar de manera evidente la relación de equivalencia entre clases, por ejemplo, para las clases *AlchemyAPI:Organization*, *OpenCalais:Organization*, *AlchemyAPI:Country*, *OpenCalais:Country*, *AlchemyAPI:City*, *OpenCalais:City*, *AlchemyAPI:Region*, *OpenCalais:Region*, *AlchemyAPI:Facility*, *OpenCalais:Facility*, *AlchemyAPI:Holiday*, *OpenCalais:Holiday*, *AlchemyAPI:Continent*, *OpenCalais:Continent* y *AlchemyAPI:Person*, *OpenCalais:Person*. En contraste, en otras clases, donde se encontró traslape de entidades nombradas no se obtuvo una relación de equivalencia; como es el caso de las clases *AlchemyAPI:Person* y *OpenCalais:Holiday*.

De acuerdo a los experimentos, se ha mostrado que existe evidencia de que las entidades nombradas que pertenecen a una clase específica pueden ser consideradas para el aprendizaje de axiomas. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que aún existen errores en la identificación correcta de las relaciones *instanceOf*, lo que deriva en la determinación errónea de axiomas entre clases.

Los resultados correspondientes al corpus LonelyPlanet muestran que la precisión para la extracción de la relación *instanceOf* fue 57.67%. Para el caso de la relación *disjointWith*, se identificaron un total de 325 relaciones, de las cuales 299 de esas relaciones fueron identificadas como correctas comparadas por la anotación manual de un experto humano, lo que da una precisión del 92%. Para la relación *equivalentClass(class_1, class_2)*, 21 duplas fueron identificadas como correctas lo que dio una precisión del 80.73%.

Aún cuando la identificación de los axiomas presenta buenos resultados, la validación de éstos puede depender del contexto y la identificación correcta de las relaciones *instanceOf*. De acuerdo a los experimentos, se observó que las entidades nombradas que pertenecen a una clase específica pueden ser consideradas como la definición extensional de su clase correspondiente. Sin embargo, el método debe tener en cuenta el hecho de que la identificación incorrecta de los casos puede derivar relaciones de disyunción o de equivalencia incorrectas. Por ejemplo, otras relaciones como *subClassOf* y *partOf* fueron identificadas en vez de la relación *disjointWith*, como *Organization/Company* o *Region/Country*, respectivamente. De igual manera para la relación *equivalentClass*, las duplas *AlchemyAPI:Geographic Feature/OpenCalais:Natural Feature* o *AlchemyAPI:Persona/OpenCalais:Holiday* fueron aprendidas incorrectamente. Además, un axioma de propiedades entre *Person* y *Health Condition* (*Person partOf HealthCondition*) fue derivado erróneamente como una relación de disyunción.

CONCLUSIONES

La extracción de conocimiento a partir de textos es un enorme desafío. El conocimiento escrito en lenguaje natural por expertos humanos se puede encontrar en documentos como artículos, noticias, libros, notas, correos electrónicos, etc., y que pueden ser aprovechados para la construcción de una ontología. Una ontología describe un modelo de representación del conocimiento donde la estructura taxonómica y los axiomas dan la representación formal para el conocimiento que modela.

Previo a este trabajo las ontologías construidas de manera automática desde información no estructurada carecen de axiomas o bien son dotadas de axiomas a partir de una estructura de ontología dada inicialmente. El principal objetivo

de esta investigación fue obtener un método para generar una ontología sobre un dominio específico a partir de texto no estructurado en Inglés. Esta tarea implica varios retos: obtener el vocabulario representativo del dominio, encontrar las relaciones entre los elementos conceptuales para construir una jerarquía y extraer relaciones como axiomas.

El desarrollo de estas tareas permite la construcción de ontologías con mayor expresividad, sobre todo considerando la tarea que implica la axiomatización de la ontología. La incorporación de axiomas es útil en diferentes dominios y permite entre otras cosas el desarrollo de aplicaciones más robustas, eficientes y con capacidades de inferencia. En la presente investigación se ha abordado la propuesta de investigación que concierne a la obtención de un modelo para la construcción de ontologías de dominio a partir de datos no-estructurados, es decir texto. Para la metodología propuesta uno de los principales aspectos considerados fue dotar a la ontología generada de un mayor nivel de expresividad. Es por ello que, siguiendo una metodología inspirada por un modelo basado en capas, se ha trabajado en tres etapas principales: la extracción de temas, el descubrimiento de relaciones taxonómicas y el aprendizaje de axiomas a partir de texto.

Cabe destacar que la propuesta presentada es totalmente sin supervisión y no solo considera la extracción de relaciones taxonómicas sino también el aprendizaje de axiomas, lo cual es una pieza clave en la adquisición y uso de ontologías como modelo de representación del conocimiento en diversos dominios.

Dentro de las líneas de trabajo futuro para mejorar la metodología propuesta se tiene considerado: 1) para la extracción de temas, utilizar y validar otros analizadores gramaticales, además de aplicar nuevas técnicas de agrupamiento de texto; 2) para la construcción de la taxonomía, diseñar e implementar un algoritmo que permita identificar sinónimos y así reducir su presencia en la jerarquía construida; 3) en cuanto a la extracción de axiomas, extender el conjunto de patrones léxicos para la identificación de la relación *instanceOf* e incluir relaciones de dependencia entre entidades nombradas para aprovechar el contexto en la caracterización de clases.

Además, se pretende completar el proceso de descubrimiento y evaluación de axiomas a nivel de propiedades, identificando los axiomas del tipo que definen propiedades (por ejemplo, *Peter hasMother Mary*) y reglas de las clases e individuos (por ejemplo, *hasChild min 1 Person(?x) => Parent(?x)*) mediante el análisis contextual y el uso de información proporcionada por las entidades nombradas. Se propone también explorar el uso de Linked Data¹⁸ para aprovechar la conectividad y estandarización de datos e información enlazada mediante URIs.

18 <http://linkeddata.org/>

REFERENCIAS

- [Gruber1993] Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge acquisition*, 5(2), 199-220.
- [MizoguchiIkeda1998] Mizoguchi, R., & Ikeda, M. (1998). Towards ontology engineering. *Journal-Japanese Society for Artificial Intelligence*, 13, 9-10.
- [Guarino1998] Guarino, N. (1998, June). Formal ontology and information systems. In *Proceedings of FOIS (Vol. 98, No. 1998, pp. 81-97)*.
- [NoyMcGuinness2001] Noy, N., & McGuinness, D. L. (2001). *Ontology development 101*. Knowledge Systems Laboratory, Stanford University.
- [Sanchez2009] Sánchez, D. (2009). Domain ontology learning from the web. *The Knowledge Engineering Review*, 24(04), 413-413.
- [Corchoetal2003] Corcho, O., Fernández-López, M., & Gómez-Pérez, A. (2003). Methodologies, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point?. *Data & knowledge engineering*, 46(1), 41-64.
- [GullaBrasethvik2008] Gulla, J. A., & Brasethvik, T. (2008, June). A Hybrid Approach to Ontology Relationship Learning. In *International Conference on Application of Natural Language to Information Systems (pp. 79-90)*. Springer Berlin Heidelberg.
- [Buitelaaretal2005] Buitelaar, P., Cimiano, P., & Magnini, B. (2005). *Ontology learning from text: methods, evaluation and applications (Vol. 123)*. IOS press.
- [SpinkJansen2006] Spink, A., & Jansen, B. J. (2006). *Web search: Public searching of the Web (Vol. 6)*. Springer Science & Business Media.
- [Zavitsanosetal2011] Zavitsanos, E., Paliouras, G., & Vouros, G. A. (2011). Gold standard evaluation of ontology learning methods through ontology transformation and alignment. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 23(11), 1635-1648.
- [Cimianoetal2005] Cimiano, P., Hotho, A., & Staab, S. (2005). Learning concept hierarchies from text corpora using formal concept analysis. *J. Artif. Intell. Res. (JAIR)*, 24, 305-339.
- [Zavitsanosetal2007] Zavitsanos, E., Paliouras, G., Vouros, G. A., & Petridis, S. (2007, November). Discovering subsumption hierarchies of ontology concepts from text corpora. In *Proceedings of the IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (pp. 402-408)*. IEEE Computer Society.

Guadalupe Concepción Rodríguez Castillejos



Estudió la carrera de Químico Farmacobiólogo en la Universidad Autónoma de Chiapas, la maestría en Biotecnología en la Universidad Autónoma de Chiapas y el doctorado en Tecnología Avanzada en el Instituto Politécnico Nacional. Es Profesor de Tiempo Completo en la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán, Candidato en el Sistema Nacional de Investigadores. Es parte del núcleo básico de profesores de la maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos, la cual se encuentra del padrón de nacional de posgrados de calidad del CONACYT, en nivel consolidado. Ha participado como co-responsable en 4 proyectos de investigación con financiamiento externo, y actualmente es responsable de un proyecto otorgado como nuevo PTC. Ha publicado 3 artículos en revistas indexadas, 1 más en estatus de aceptado; ha dirigido 5 tesis de maestría, 3 de licenciatura y 2 de doctorado.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

Aprovechamiento de recursos agrícolas para la obtención de metabolitos de interés industrial; y desarrollo y evaluación de nuevos productos alimenticios.

Producción biotecnológica de xilitol por *debaryomyces hansenni* a partir de paja de sorgo variedad rb paloma

Guadalupe Concepción Rodríguez Castillejos

RESUMEN

El xilitol es un polialcohol de cinco átomos de carbono que proporciona beneficios a la salud, es utilizado para endulzar gomas de mascar, pastillas, dulces y pastas dentales, ya que previene la caries dental y la otitis, se utiliza como edulcorante debido a su poder endulzante similar al de la sacarosa, pero con un aporte calórico (2.4 Kcal/g) menor, su producción es realizada por la hidrogenación catalítica de la xilosa, un proceso que requiere el uso de altas presiones y temperaturas además de extensas etapas de purificación, su síntesis química es muy cara, generando poca productividad y elevados precios cerca de 10 veces superiores al de la sacarosa, alternativamente, la producción de xilitol puede ser realizada por vía microbiológica, la cual puede ser más viable económicamente, pues requiere el uso de condiciones más accesibles de presión y temperatura mediante la utilización de residuos lignocelulósicos como fuente de carbono; como el sorgo que es una planta anual de la familia de las gramíneas, se emplea en la alimentación animal, y es uno de los cultivos alimentarios más importantes del mundo. Tamaulipas es considerado el mayor productor de grano en el país, esto tiene como consecuencia la producción y acumulación de desechos como el tallo y las hojas, por ello el propósito de esta investigación es aprovechar la paja de sorgo de la variedad RB-paloma para la obtención de jarabes ricos en xilosa mediante hidrólisis ácida utilizando las siguientes condiciones experimentales: ácido sulfúrico, en concentraciones de 2, 4 y 6%; con un tiempo de hidrólisis de 80 minutos a 120°C de temperatura y relación sólido/ líquido de 1:6, 1:8 y 1:10. para su posterior fermentación utilizando la levadura *Debaryomyces hanseni* utilizando las siguientes condiciones 30 y 40 g/L de xilosa ,además de dos diferentes temperaturas de incubación (30°C y 35°C) y dos velocidades de agitación (150 y 200 rpm) en medios detoxificados y no detoxificados, obteniendo en la hidrólisis una concentración de xilosa de 63.82 ± 0.78 g/L que fue la combinación de 6% de ácido sulfúrico a 120°C por 80 minutos con una relación 1:6. y en la Fermentaion obteniendo un máximo de 27 g/L de Xilitol a las 24 h, 0.78 g/g de Yp/s y Qp 0.38 g l h, teniendo en cuenta que no hubo diferencia estadísticamente significativa entre la utilización de medios detoxificados y sin detoxificar.

INTRODUCCIÓN

Desde comienzos del siglo XXI nos encontramos en una época crucial en el desarrollo futuro de la humanidad, enmarcada en un contexto integral sobre la protección ambiental, esto ha generado interés en nuevas tendencias de sustentabilidad que han abierto la puerta al aprovechamiento de los residuos provenientes de la actividad industrial, agrícola y forestal en la cual se genera gran cantidad de residuos. Estos pueden aprovecharse para la producción de biocombustibles y otras fuentes de energía; además, también pueden utilizarse como fuente de carbono para microorganismos utilizados en la industria alimentaria por su papel en la producción de aditivos, como el xilitol. El estado de Tamaulipas es el mayor productor de sorgo a nivel nacional, el grano se aprovecha para alimentación animal y en los últimos años, también para la alimentación humana. Sin embargo, el resto de la planta queda sin ser utilizada y se convierte en un desecho que debe tratarse para evitar su acumulación; generalmente los agricultores lo queman, provocando así más contaminación ambiental. Siendo que los desechos agroindustriales son una materia prima barata, de la cual pueden obtenerse diversos azúcares simples tales como la glucosa, xilosa, fructosa, entre otros; es factible investigar el potencial uso de estos como fuente de carbono para el crecimiento de microorganismos utilizados en la obtención de aditivos alimentarios. El bagazo o paja de sorgo es un material lignocelulósico, al hidrolizarlo se obtiene principalmente xilosa, la cual puede ser utilizada para la producción de xilitol, un aditivo no solo de uso en la industria alimentaria, sino también en la dental y farmacéutica (Martínez y col., 2002). Por ello el objetivo del presente estudio es la producción de xilitol por *D. hansenii* en medios de cultivo que tengan como fuente de carbono xilosa obtenida de hidrolizados ácidos de paja de sorgo variedad RB-Paloma.

OBJETIVO

Evaluar la producción de xilitol por *Debaryomyces hansenii* en medios a base de hidrolizados ácidos de bagazo de sorgo variedad RB-Paloma.

Principal metodología utilizada

Materia prima

La paja de sorgo blanco variedad RB-Paloma fue donada por el INIFAP campo experimental Río Bravo, ubicado en la ciudad de Río Bravo, Tamaulipas. Fue

cortado en trozos de aproximadamente 5 cm y secado en estufa a una temperatura de 50°C por 24 h; posteriormente se molió en una licuadora industrial y fue tamizado para obtener una harina más fina. Se realizó la determinación de humedad y cenizas de la harina obtenida.

Microorganismo

Para la producción de xilitol se utilizó la cepa liofilizada de *D. Hansenii* NRRL Y-7426, proporcionada por National Center for Agricultural Utilization Research, Agricultural Research Service, USDA (Peoria, Illinois, USA).

Diseño experimental

El tratamiento de hidrólisis ácida fue aplicado sobre la paja utilizando ácido sulfúrico; se evaluaron tres concentraciones de ácido (2,4,6%) con un tiempo de hidrólisis de 80 minutos, temperatura de 120°C de temperatura y tres diferentes relación sólido/liquido de 1:6, 1:8 y 1:10 (Tabla. 1). Estas condiciones fueron seleccionadas de acuerdo a estudios previos (Aguilar y col., 2002; Téllez-Luis y col., 2002; Sepúlveda-Huerta y col., 2006).

Tabla 1. Condiciones de hidrólisis ácida con ácido sulfúrico

Tratamiento	Conc. de ácido	T°	Tiempo (min)	Relación s/l
1	2%	120°C	80	1:6
2	4%	120°C	80	1:6
3	6%	120°C	80	1:6
4	2%	120°C	80	1:8
5	4%	120°C	80	1:8
6	6%	120°C	80	1:8
7	2%	120°C	80	1:10
8	4%	120°C	80	1:10
9	6%	120°C	80	1:10

Hidrolisis

Los hidrolizados se obtuvieron de acuerdo a Téllez-Luis y col., (2002) con 50 g de mezcla, la cual contenía ácido sulfúrico, agua destilada y paja de sorgo. Los frascos se sometieron a la temperatura y tiempo mencionados anteriormente. Después del

tratamiento térmico, los jarabes obtenidos fueron filtrados al vacío; posteriormente se midió el pH y se neutralizó con carbonato de calcio hasta alcanzar un valor de 5-6.

Análisis de composición de los hidrolizados

Los hidrolizados, tanto antes de la detoxificación como después, fueron analizados por Cromatografía Líquida de Alta Eficacia (HPLC, por sus siglas en inglés) para la cuantificación de azúcares simples y ácido acético y por espectrofotometría para la cuantificación de furfural e hidroximetilfurfural. Se realizaron curvas de calibración para calcular las concentraciones de cada uno de los compuestos a determinar.

Detoxificación

Ésta fue aplicada en el hidrolizado obtenido mediante las condiciones de hidrólisis seleccionadas como las más convenientes en la primera etapa de la investigación. Las condiciones de clarificación que se utilizaron fueron las siguientes: pH de 5, con un tiempo de 45 min y carga de carbón activado al 2%; éstas fueron escogidas en base a estudios previos llevados a cabo en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. El pH fue ajustado con la adición de carbonato de calcio (CaCO_3) seguido por una filtración al vacío y fue medido empleando un potenciómetro. Se colocaron 50 g de la mezcla jarabe-carbón activado en matraces, se agitaron a 150 rpm a una temperatura de 45°C en una incubadora; posteriormente se centrifugó a 10 000 rpm por 10 minutos. Se tomaron muestras para analizar concentración de azúcares, ácido acético, furfural e hidroximetilfurfural antes y después de la adición de carbón activado.

Medios de fermentación a base de hidrolizados de paja de sorgo RB-Paloma

Se utilizaron además dos diferentes temperaturas de incubación (30°C y 35°C) y dos velocidades de agitación (150 y 200 rpm) (Barbosa y col., 1998; Rao y col., 2004); las condiciones de fermentación se muestran en la tabla 2. La cantidad de xilitol fue evaluada desde el tiempo hasta 0 a 96 h cada de fermentación, en un intervalo de 12 horas.

Tabla 2. Condiciones de fermentación, niveles en cada factor estudiado

TX	Xilosa	T	rpm	Xilosa g/L	T (°C)	rpm	Detox.
1	-1	0	0	30	30	150	HD
2	-1	0	1	30	30	200	HD
3	-1	1	0	30	35	150	HD
4	-1	1	1	30	35	200	HD
5	0	0	0	40	30	150	HD
6	0	0	1	40	30	200	HD
7	0	1	0	40	35	150	HD
8	0	1	1	40	35	200	HD
9	-1	0	0	30	30	150	HND
10	-1	0	1	30	30	200	HND
11	-1	1	0	30	35	150	HND
12	-1	1	1	30	35	200	HND
13	0	0	0	40	30	150	HND
14	0	0	1	40	30	200	HND
15	0	1	0	40	35	150	HND
16	0	1	1	40	35	200	HND
17	1	0	0	50	30	150	HND
18	1	0	1	50	30	200	HND
19	1	1	1	50	35	200	HND

*HD: hidrolizados detoxificados; HND: Hidrolizados no detoxificados

Una vez terminado este tiempo se procedió a separar el extracto crudo, que contenía xilitol, de la pastilla de levaduras mediante centrifugación a 10 000 rpm. En éste se evaluó la cantidad la concentración del metabolito producido y la cantidad de azúcares residuales, por medio de HPLC. Por otro lado se cuantificó la cantidad de biomasa producida.

Determinación de la biomasa

Fue determinada por peso húmedo, para ello se tomaron muestras de 5 mL del medio del inóculo, desde el tiempo 0 a 96 en intervalos de 12 h; todas del mismo matraz para determinar el aumento de biomasa. Se depositó el medio en tubos

de plástico con capacidad de 15 mL, previamente pesados, se centrifugarán a 10 000 rpm por 15 minutos y a una temperatura de 4°C; posteriormente se decantó el extracto crudo, la pastilla de levaduras fue lavada tres veces con agua destilada. Una vez realizados estos lavados se pesó el tubo. Todas las mediciones se realizaron por triplicado.

Quantificación de xilitol y cálculo de parámetros fermentativos

La medición de xilitol se realizó cada 12 horas desde el tiempo 0 hasta 96. Se tomaron 5 mL de medio de cultivo en los diferentes tiempos de fermentación y se centrifugaron a 10 000 rpm por 15 minutos a 4°C; el sobrenadante se tomó para la medición de xilitol por HPLC. Para conocer el tiempo de retención y calcular la concentración de xilitol obtenido, se realizó una curva de calibración con concentraciones de 0 a 2 g/L. Estas soluciones fueron medidas por HPLC, y se graficaron las áreas obtenidas contra concentración; posteriormente con la ayuda del programa Microsoft Excel® se realizó una regresión lineal de los datos, obteniéndose la ecuación de la recta y el valor de r^2 .

Se calculó el rendimiento o factor de conversión expresado como gramos de xilitol producido por gramo de xilosa consumida (Y_p/s), este parámetro fue calculado por la siguiente ecuación.

$$Y_p/s = \frac{P_f - P_i}{S_i - S_f}$$

Ecuación 1. Rendimiento o factor de conversión (g/g)

Dónde:

P_f = concentración final de xilitol (g/L)

P_i = concentración inicial de xilitol (g/L)

S_i = concentración inicial de sustrato (xilosa g/L)

S_f = concentración final de sustrato (xilosa g/L).

La productividad volumétrica (Q_p) o concentración de xilitol producido (g/L), por tiempo (h) fue calculado de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Q_p = \frac{P_f - P_i}{T_f - T_i}$$

Ecuación 2. Productividad volumétrica o concentración de xilitol producido (g/L)

Dónde:

Pf= concentración final de xilitol (g/L)

Pi= concentración inicial de xilitol (g/L)

Ti= tiempo inicial de la fermentación (h).

Tf = tiempo final de la fermentación (h).

Determinación de monosacáridos y ácido acético

Se hicieron diluciones 1:50 de los hidrolizados con agua bi-destilada filtrada, para analizar el contenido en xilosa y ácido acético. Las muestras se analizaron en un HPLC HP-1100 series con una columna de *Transgenomic* ION-300 (temperatura de horno de 45 °C) con elución isocrática (flujo de 0.4 mL/min, fase móvil H₂SO₄ 0.0025 M) y un detector de índice de refracción. Se realizaron curvas de calibración para xilosa y ácido acético en diluciones de 0 a 2 g/L; una vez obtenidas las curvas se realizó una regresión lineal de los datos para obtener la ecuación de la recta y el valor de r². Estas mediciones se realizaron en los hidrolizados detoxificados y sin detoxificar, así como en los medios de fermentación para el caso de la xilosa.

Determinación de furfural e hidroximetilfurfural

Estos compuestos fueron analizados por espectrofotometría UV-Vis en un espectrofotómetro SHIMADZU UV-1800; se midió la absorción en una longitud de onda de 230 nm para furfural y a 260 nm para hidroximetilfurfural, los análisis se realizaron por triplicado. Al igual que con los compuestos anteriores, se realizaron curvas de calibración para determinar las concentraciones de estos dos compuestos presentes en los hidrolizados. Se determinó la presencia de ambos compuestos en hidrolizados detoxificados y sin detoxificar.

Análisis estadístico

Se llevó a cabo una ANOVA multifactorial para de esta manera poder determinar cuáles son las variables independientes que tienen un efecto sobre la composición del hidrolizado, así como sobre la producción de xilitol. Para evaluar si existían diferencias significativas entre los tratamientos se aplicó una análisis de comparación de medias de Fisher con un 95% de confianza ($p > 0.05$).

PRINCIPALES RESULTADOS

Hidrólisis de bagazo de sorgo RB Paloma y detoxificación

Se realizó un tratamiento de hidrólisis ácida sobre el bagazo de sorgo variedad RB Paloma utilizando ácido sulfúrico. Las condiciones experimentadas fueron: ácido sulfúrico, en concentraciones de 2, 4 y 6%; con un tiempo de hidrólisis de 80 minutos a 120° C de temperatura y relación sólido/liquido de 1:6, 1:8 y 1:10.

Como se observa en la Tabla 3, el TX3 (ácido sulfúrico al 6%, 120°C por 80 min y una relación 1:6) muestra la mayor concentración de xilosa (63.82±0.78g/L). Mientras que la concentración más baja de Xilosa la obtuvo el TX7 con 23.09±4.56 g/L utilizando 2% de ácido sulfúrico a 120°C por 80 minutos con una relación 1:10. Téllez-Luis y col., (2001) obtuvieron un rendimiento de 16 g/L de xilosa mediante una hidrolisis acida de paja de sorgo rojo utilizando ácido sulfúrico al 6%, 60 minutos y 121° C de tiempo y temperatura respectivamente. El hidrolizado obtenido por estos autores fue concentrado y utilizado para la producción de la enzima transglutaminasa (Téllez-Luis y col., 2004). Por otro lado Herazo y col., (2009) realizaron hidrólisis de cascarilla de arroz con H₂SO₄ al 2% y tiempo de reacción de 30 minutos, obteniendo un contenido xilosa de 32.5 g/L.

Tabla 3. Concentración de xilosa, ácido acético y furfural en los hidrolizados ácidos de sorgo variedad RB Paloma

Tratamiento	Xilosa g/L	Ácido acético	Furfural
TX1	44.60 ^c ±0.48	9.47 ^b ±0.53	5.81 ^c ±0.20
TX2	51.22 ^c ±0.31	11.07 ^{a,b} ±0.53	8.06 ^b ± 0.24
TX3	63.82 ^a ±0.78	11.62 ^a ±0.51	9.77 ^a ± 0.39
TX4	25.43±0.46	4.22 ^d ±0.54	4.25 ^d ± 0.30
TX5	44.40 ^c ±0.78	7.99 ^c ±0.66	6.39 ^c ± 0.38
TX6	51.36 ^c ±7.42	9.04 ^{b,c} ±0.55	7.98 ^b ± 0.49
TX7	23.09 ^d ±4.56	4.30 ^d ±0.56	4.15 ^d ± 0.27
TX8	39.56 ^c ±4.64	10.03 ^b ±0.49	6.03 ^c ± 0.02
TX9	61.46 ^b ±0.82	10.24 ^b ±0.27	7.97 ^{a,b,c} ± 1.48

*^{a,b,c,d} Letras distintas en la misma columna indican que hay diferencias significativas entre los tratamientos

** Se muestra la Desviación Estándar (95%)

García y col., (2010b) realizaron una auto hidrólisis donde se introdujeron 60 g de residuo de poda de olivo y 300 mL de agua a una velocidad de agitación de 250 rpm y 200° C; posteriormente, una post-hidrólisis ácida a 90° C y 250 rpm con H₂SO₄ al 1 N durante 3 h obteniendo una concentración de 114 g de D-glucosa y 78 g de D-xilosa por kg de residuo de poda utilizados. Mientras que Velasco (2015), produjo una hidrólisis ácida utilizando el olote de maíz amarillo con una temperatura de 120° C con una concentración de ácido sulfúrico del 3% por 30 minutos, y cuantificó un máximo de 57.44% de xilosa (mediante la utilización del reactivo de Benedict que ocasionó un precipitado rojo debido a la presencia del azúcar reductor). Amador y col., (2012) utilizando también 6% H₂SO₄ pero a una temperatura de 98 °C por 83 min, obtuvieron un rendimiento de 26.9 g xilosa/L, 2.61 g glucosa/L, 7.71 g/L de ácido acético y 0.29 g/L de furfural; el rendimiento de xilosa fue muy inferior al encontrado en el presente estudio, esto debido a que las temperaturas más altas favorecen la degradación de la hemicelulosa permitiendo obtener una mayor concentración de azúcares. En otro estudio llevado a cabo por Carvalheiro y col., (2005) utilizaron subproductos de cervecera, para la obtención de azúcares fermentables, llevaron a cabo una auto hidrólisis y posteriormente hidrólisis con ácido sulfúrico al 2%; reportaron un máximo de 14.9% xilosa, 6.2 arabinosa y 5.2 de glucosa.

Para fines de las fermentaciones se utilizó el segundo mejor tratamiento (TX9) ya que se produce una menor cantidad de furfural y ácido acético. Es bien sabido que estos compuestos son resultado de la degradación de lignina y actúan como inhibidores del crecimiento microbiano al inhibir el metabolismo (Mussatto & Roberto, 2004; Olivia y col., 2006; Pereira y col., 2011); dado que también se estudiaron medios de cultivo sin detoxificar era importante tener un valor bajo de estos compuestos tóxicos.

Se llevaron a cabo fermentaciones en medios detoxificados y sin detoxificar; esto con la finalidad de evaluar el crecimiento de la levadura en presencia de compuestos inhibidores, y con ello disminuir costos de producción y tiempo de producción. El proceso de detoxificación ha demostrado mejorar la capacidad de fermentación de los microorganismos en medios a base de hidrolizados lignocelulósicos (Alriksson y col., 2011; Cavka & Jönsson, 2013). Dentro de los métodos más comunes de detoxificación se encuentra el ajuste de pH con carbonato de calcio, seguido de adsorción con carbón activado (Carvalheiro y col., 2005). En este trabajo se utilizó carbón activado a una concentración de 2% a una temperatura de 40°C y agitación constante de 150 rpm durante un tiempo de 45 min; estas condiciones fueron seleccionadas de trabajos previos llevados a cabo en el laboratorio.

Tabla 4. Concentración de compuestos inhibidores antes y después de la detoxificación

	Furfural	Ac. acético
Antes de detoxificar	7.97± 1.48 ^a	10.24±0.27 ^a
Después de detoxificar	2.27±0.27 ^b	3.53±1.64 ^b

* ^{a,b} Letras distintas en la misma columna indican que hay diferencias significativas entre los tratamientos

** Se muestra la Desviación Estándar (95%)

En la tabla 4 se observa la concentración de los compuestos tóxicos acético antes y después del tratamiento de detoxificación, se obtuvo una disminución del 72% y 65.5% de furfural y ácido acético respectivamente. Con la finalidad de evaluar si la concentración de ácido, la relación sólido/líquido o ambos era el factor que tenía mayor efecto sobre la concentración de xilosa obtenida, se realizó un análisis de varianza de dos vías con un 95% (Tabla 5); se encontró que el porcentaje de ácido fue el factor principal en las hidrólisis realizadas ($p < 0.05$), por lo que para el presente estudio la relación s/l no juega un papel importante.

Tabla 5. Análisis de Varianza de los factores involucrados en la obtención de xilosa

Fuente	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
% de Acido	1162.62	2	581.309	17.98	0.0100
Relación s/l	305.479	2	152.739	4.72	0.0885
Residuos	129.311	4	32.3277		
Total (corregido)	1597.41	8			

Producción de xilitol en medios detoxificados y sin detoxificar

Las condiciones de fermentación fueron las indicadas en la sección de materiales y métodos. La concentración de xilitol se midió desde el tiempo cero hasta 60 h de fermentación, en intervalos de 12 h. La mayor concentración de xilitol en los medios detoxificados con carbón activado fue en el tratamiento 8 (40 g xilosa, 35°C, 200 rpm) 28.8 g/L a las 48 h de fermentación; mientras que en los medios no detoxificados se obtuvo una concentración máxima de 29.23 g/L a las 48 h (30 g xilosa, 35°C, 150 rpm) en el tratamiento 11. El proceso de detoxificación con carbón activo se realizó con la finalidad de eliminar furfural y ácido acético, los cuales

podían inhibir el crecimiento de *D. hansenii*; sin embargo se observó crecimiento adecuado y producción de xilitol en los medios no detoxificados. Aunque Carvalheiro y col., (2005) menciona que la producción de xilitol se ve favorecida por altas concentraciones xilosa, en el presente estudio se observó que la menor concentración de xilitol fue reportada en el medio con 50 g/L de la fuente de carbono (Tabla 6). Estos investigadores realizaron varios tratamientos de detoxificación en hidrolizados ácidos de cascarilla de arroz, y encontraron que el uso de resina de intercambio iónico permitía eliminar la mayor concentración de furfural; sin embargo, los medios diseñados a partir de estos hidrolizados detoxificados dieron un rendimiento bajo de xilitol. Esto puede deberse a que con estos procesos no solo se eliminan compuestos inhibidores, sino también otros compuestos, como minerales, que pueden servir como factores de crecimiento para la levadura.

Tabla 6. Concentración de xilitol obtenida y parámetros fermentativos

TX	Xilosa g/L	t (°C)	RPM	Detox.	T	Xilitol (g/L)	Yp/s (g/g)	Qp (g/L/h)
1	30	30	150	HD	36	23.58	0.84	0.49
2	30	30	200	HD	36	28.41	1.18	0.79
3	30	35	150	HD	48	23.8	0.89	0.5
4	30	35	200	HD	36	25.56	0.97	0.71
5	40	30	150	HD	48	27.97	0.78	0.58
6	40	30	200	HD	36	23.42	0.85	0.65
7	40	35	150	HD	36	26.79	0.73	0.74
TX	Xilosa g/L	t (°C)	RPM	Detox.	T	Xilitol (g/L)	Yp/s (g/g)	Qp (g/L/h)
8	40	35	200	HD	48	28.86	0.82	0.6
9	30	30	150	HND	24	25.99	1.03	1.08
10	30	30	200	HND	48	22.73	0.82	0.47
11	30	35	150	HND	48	29.23	1.16	0.61
12	30	35	200	HND	24	26.4	1.01	1.1
13	40	30	150	HND	36	23.4	0.68	0.97
14	40	30	200	HND	48	22.74	0.66	0.47
15	40	35	150	HND	24	27.07	0.78	1.13

16	40	35	200	HND	36	19.22	0.51	0.53
17	50	30	150	HND	24	15.93	0.35	0.66
18	50	30	200	HND	24	20.44	0.43	0.85
19	50	35	200	HND	24	21.78	0.45	0.91

*HD: hidrolizados detoxificados; HND: Hidrolizados no detoxificados

En la tabla 6 se muestran los resultados obtenidos en los 19 medios que se evaluaron, además de la concentración máxima de xilitol, se reporta en rendimiento en producto (Y_p/s) y la productividad global volumétrica (Q_p); ambos son parámetros fundamentales para la evaluación de la factibilidad de producción de metabolitos. Villarreal y col., (2006) hicieron hidrólisis de un residuo hemicelulósico de eucalipto, estudiaron la cepa de *Candida guilliermondii* para la conversión de xilosa; la máxima concentración de xilitol alcanzada fue de 32.7 g/L a las 48 h de fermentación, con un rendimiento de 0.57 g/g y Q_p de 0.68 g/L/h. Mussatto y Roberto (2001) hidrolizaron paja de arroz con 0.1 M H_2SO_4 a 121°C por 20 min y una relación s/l 1:10; llevaron a cabo la conversión de xilosa por *Candida guilliermondii* FTI 20037 utilizando 20 g/L de xilosa en los medios de cultivo. Obtuvieron un rendimiento de 0.72 g/g y productividad volumetrica de 0.61 g/L/h

Carvalho y col., 2006, evaluaron la producción de xilitol por *D. hansenii* en medios a base de hidrolizados ácidos de granos de cervecera, estudiaron hidrolizados detoxificados con carbón activo y no detoxificados. Obtuvieron rendimientos de 0.51 y 0.5 g/g y productividades de 0.29 y 0.33 g/L/h en los medios detoxificados y no detoxificados, respectivamente. En el presente estudio se encontró un Y_p/s y Q_p máximos de 1.03 y 1.08, respectivamente, a las 24 h de fermentación en un medio sin detoxificar. Estos resultados son superiores a los reportados en los medios no detoxificados de cascarilla de arroz.

En otro estudio Huang y col., (2011) aislaron la cepa de *C. tropicalis* JH030 a partir de lodos residuales de una planta productora de bio-etanol; posteriormente evaluaron su crecimiento y producción de xilitol en medios no detoxificados de paja de arroz y reportaron una Y_p/s de 0.71. Los resultados del presente estudio muestran que los medios a base de bagazo de sorgo blanco variedad RB-Paloma, aún sin detoxificar, son una buena fuente de carbono para el crecimiento de *D. hansenii* y la conversión de xilosa a xilitol; ya que los rendimientos y productividades volumétricas en varios medios se encuentran por encima de lo reportado en otros estudios con otros materiales lignocelulósicos.

En cada medio se evaluó la cinética de crecimiento de *D. hansenii* y la conversión de xilosa a xilitol, con la finalidad de establecer el mejor tiempo de fermentación en cada condición evaluada.

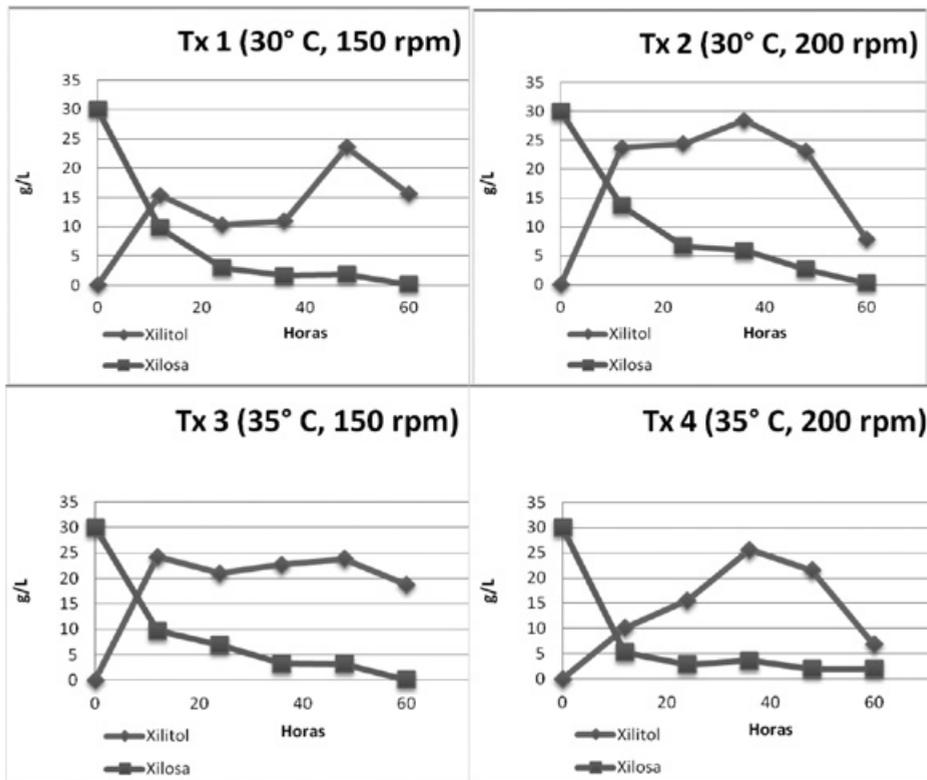


Figura 1. Cinética de consumo de sustrato (xilosa), producción de xilitol en los tratamientos con hidrolizados detoxificados con 30 g/L de xilosa.

En la figura 1 se muestra la cinética de consumo de xilosa y conversión a xilitol en los medios de fermentación detoxificados en los que se utilizaron 30 g/L de xilosa y las diferentes temperaturas (30°C, 35°C) y dos velocidades de agitación estudiadas (150 rpm, 200 rpm).

Wang y col., (2011) utilizaron hidrolizados de mazorca de maíz y realizaron fermentaciones a 150 y 200 rpm con 140 g/L de xilosa y 30°C; la mayor cantidad de xilitol se obtuvo con 200 rpm y reportaron una Q_p de 2.12 g/L/h a las 24 h de fermentación. Aunque la productividad volumétrica es el doble de la obtenida en este trabajo, la concentración de xilosa utilizada es casi cinco veces mayor; esto aumenta los costos de producción.

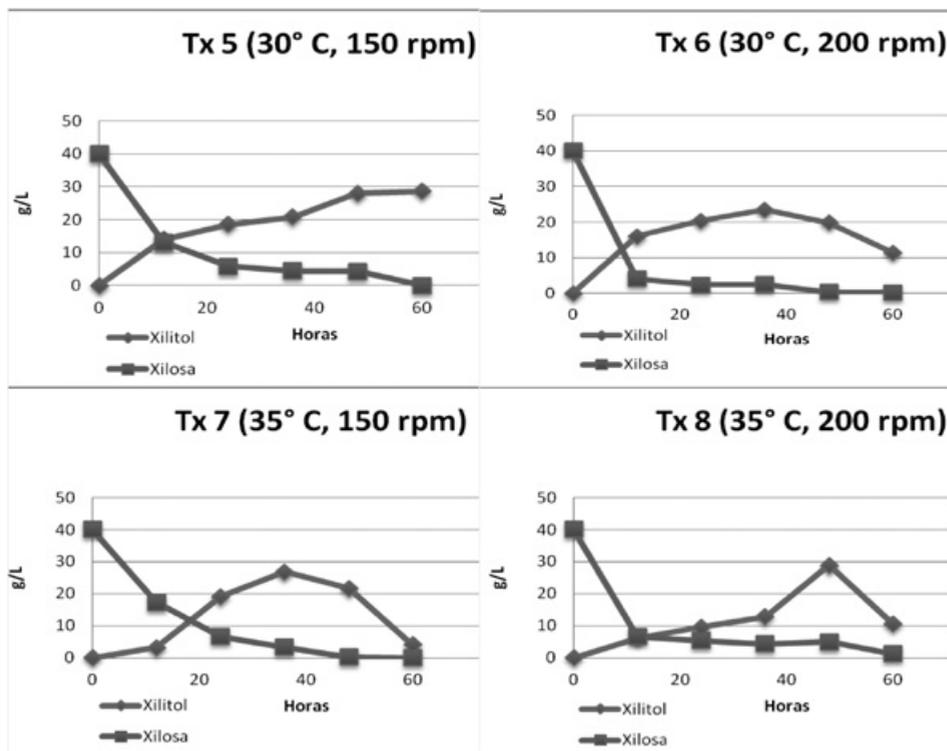


Figura 2. Cinética de consumo de sustrato (xilosa), producción de xilitol en los tratamientos con hidrolizados detoxificados con 40 g/L de xilosa.

En la figura 2 se muestra la cinética de fermentación de los medios con hidrolizados detoxificados con 40 g/L de xilosa. Zhang y col., (2014), utilizando una cepa de *Kluyveromyces marxianus* modificada genéticamente, a la que se le insertó el gen de la enzima xilosa reductasa, evaluaron la producción de xilitol utilizando medios de fermentación con xilosa y glicerol como fuente de carbono. Evaluaron la combinación de 100 g/L xilosa más 30 o 40 g/L glicerol; 150 g/L xilosa más 40 o 60 g/L glicerol y 200 g/L xilosa más 60 u 80 g/L de glicerol. Además evaluaron tres diferentes temperaturas (37, 42 y 45 °C). Encontraron una máxima productividad de 4.43 g/L/h en los medios con 100 g/L xilosa y 40 de glicerol 42°C. Con estos resultados concluyeron que las cepas modificadas genéticamente soportan altas temperaturas y son una buena opción para la producción de xilitol. Sin embargo, es importante mencionar que la cepa utilizada en el presente trabajo es una cepa salvaje, es decir, no tiene modificaciones genéticas por ello no crece adecuadamente a temperaturas altas; en el caso de las cepas modificadas genéticamente debe

hacerse una purificación exhaustiva y evaluar su potencial toxicidad. Prakash y col., (2011) evaluaron la termotolerancia de *D. hansenii* a 40°C en medios de hidrolizados ácidos de bagazo de caña de azúcar detoxificados con carbón activo; encontraron un rendimiento (Y_p/s) máximo de 0.69 g/g y una Q_p de 0.28 g/L/h. Estos resultados mostraron que aunque la levadura crece, el rendimiento y productividad disminuyen debido a las altas temperaturas.

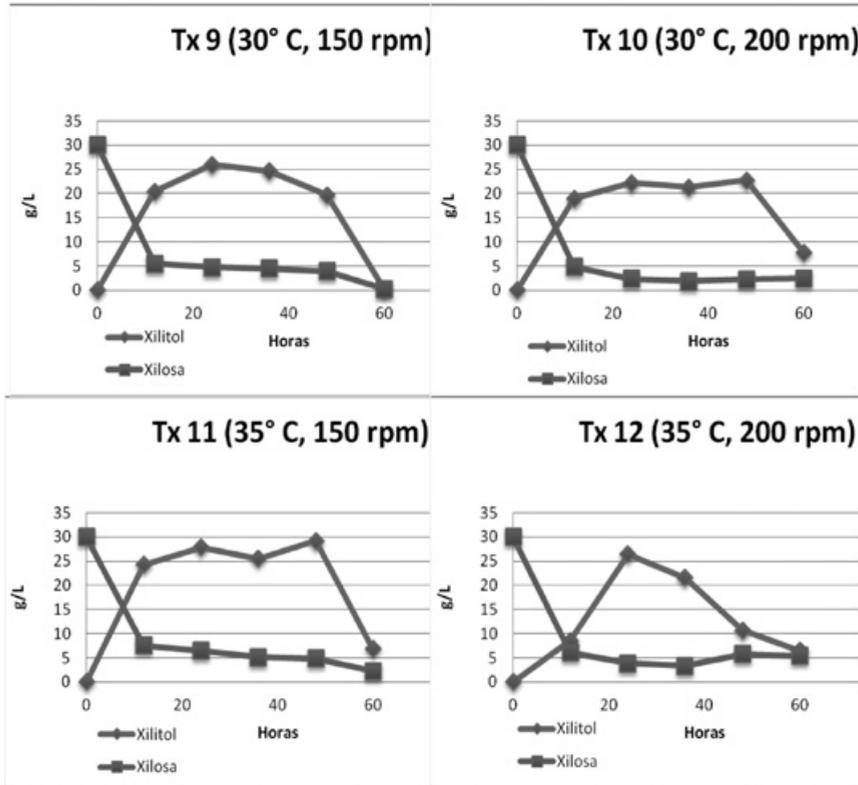


Figura 3. Cinética de consumo de sustrato (xilosa), producción de xilitol en los tratamientos con hidrolizados no detoxificados con 30 g/L de xilosa.

En las figuras 3 a 5 se muestran las cinéticas de consumo de xilosa y producción de xilitol en medios sin detoxificar. Los compuestos como furfural y ácido acético, productos de la degradación de xilosa u otros azúcares, como se mencionó anteriormente, estos inhiben el crecimiento microbiano. La presencia de dichos compuestos causa estrés en la levadura, lo cual podría compensarse con una mayor cantidad de fuente de carbono; por ello en estos medios no detoxificados se evaluaron medios con 50 g/L de xilosa.

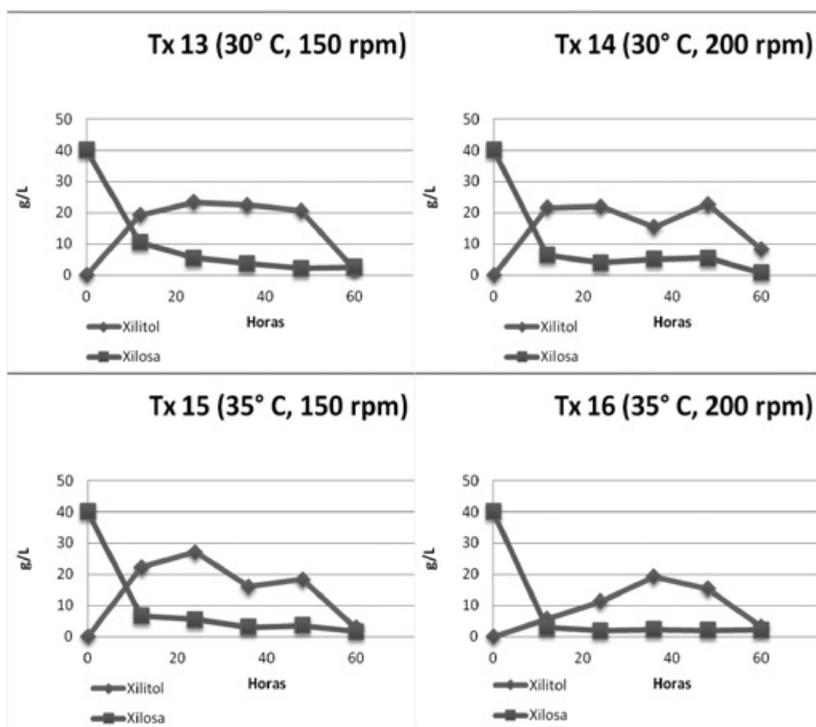


Figura 4. Cinética de consumo de sustrato (xilosa), producción de xilitol en los tratamientos con hidrolizados no detoxificados con 40 g/L de xilosa.

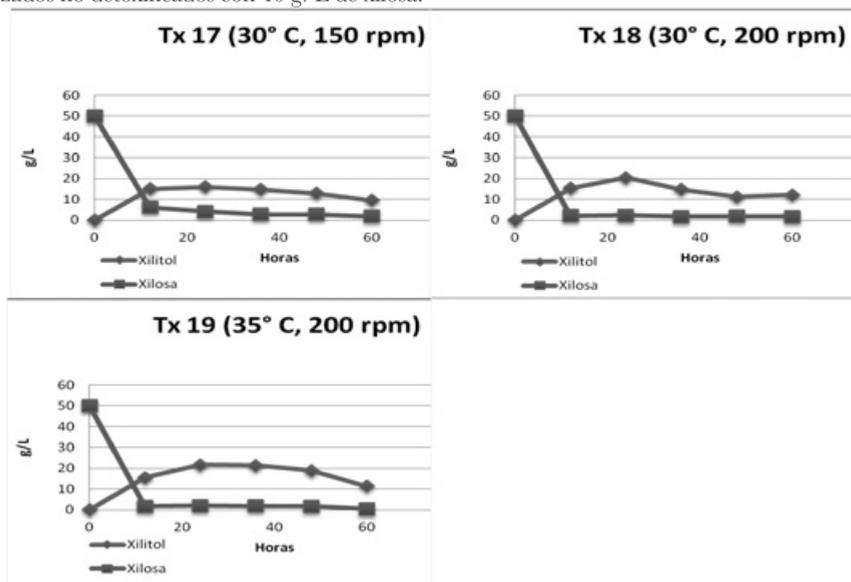


Figura 5. Cinética de consumo de sustrato (xilosa), producción de xilitol en los tratamientos con hidrolizados no detoxificados con 50 g/L de xilosa.

El material lignocelulósico es un recurso renovable, abundante en la naturaleza, proviene en gran parte de la actividad agrícola, como un residuo que puede ser adquirido a bajo costo. Por ello es que ha despertado el interés como fuente de carbono para crecimiento de microorganismos y obtención de metabolitos de interés industrial. Por ello Ping y col., (2013) utilizaron mazorcas de maíz, dado su alto contenido de xilanos, para la obtención de xilosa y su posterior uso como fuente de carbono para el crecimiento de la cepa de *Candida tropicalis* CCTCC M2012462; en dicho estudio se evaluó el uso de hidrolizados ácidos sin detoxificar. Los medios de fermentación contenían 60 g/L de xilosa y fueron evaluados a 35°C y 200 rpm; encontrando una disminución del crecimiento de biomasa, y por consecuente de la producción de xilitol. La máxima productividad reportada fue de 0.46 g/L/h y una Yp/s de 0.7 g/g con una concentración de xilitol de 38.8 g/L. Comparado con el presente trabajo, los medios a base de hidrolizados sin detoxificar dieron como resultado mayores rendimientos de xilitol, mostrando que no es necesario realizar el proceso de detoxificación. Esto puede deberse a que el hidrolizado ácido de bagazo de sorgo variedad RB-Paloma, además de xilosa, contiene factores de crecimiento que ayudan a la producción de biomasa y con ello la conversión del azúcar, mostrando además que el aumento en la concentración de xilosa no tiene un efecto significativo en la productividad volumétrica.

Tabla 7. Cinética de conversión de xilosa a xilitol en los diferentes medios de fermentación

TX	HD	Xilosa g/L	T (°C)	rpm	0 h	12 h	24 h	36 h	48 h	60h
1	HD	30	30	150	0	15.36	10.32	10.94	23.58	15.65
2	HD	30	30	200	0	23.71	24.41	28.41	23.14	7.94
3	HD	30	35	150	0	22.24	21.00	22.68	23.80	18.75
4	HD	30	35	200	0	10.11	5.56	25.56	21.53	6.76
5	HD	40	30	150	0	14.01	18.58	20.80	27.97	26.62
6	HD	40	30	200	0	16.02	20.35	23.42	19.79	11.40
7	HD	40	35	150	0	3.15	19.06	26.79	21.62	4.13
8	HD	40	35	200	0	6.09	9.65	12.85	28.86	10.67
9	HND	30	30	150	0	20.39	25.99	24.63	19.66	0.27
10	HND	30	30	200	0	18.93	22.17	21.28	22.73	7.83
11	HND	30	35	150	0	24.22	27.84	25.49	29.23	6.79
12	HND	30	35	200	0	8.56	26.40	21.56	10.67	6.50

13	HND	40	30	150	0	19.27	23.40	22.39	20.68	1.94
14	HND	40	30	200	0	21.54	21.96	15.34	22.74	8.27
15	HND	40	35	150	0	22.15	27.07	16.01	18.37	2.86
16	HND	40	35	200	0	5.63	11.33	19.22	15.46	3.22
17	HND	50	30	150	0	15.11	15.93	14.82	12.87	9.56
TX	HD	Xilosa g/L	T (°C)	rpm	0 h	12 h	24 h	36 h	48 h	60h
18	HND	50	30	200	0	15.40	20.44	14.82	11.24	12.08
19	HND	50	35	200	0	15.49	21.78	21.33	18.89	11.42

En la tabla 7 se resume la cinética de cada uno de los medios de fermentación estudiados; se muestra la producción de xilitol desde el tiempo cero hasta 60 h de fermentación, con intervalos de 12 h. Recordando que del tratamiento 1 al 8 corresponde a los medios con hidrolizados detoxificados; mientras que del 9 a 19 a los no detoxificados. Se observa que una vez alcanzada la máxima producción hay un descenso de la concentración de xilitol, esto debido a la conversión de éste a xilulosa (González y col., 2011). Por ello, es importante establecer el tiempo de fermentación óptimo, ya que una vez que el microorganismo entra a fase estacionaria descende la concentración del metabolito.

Se realizó un análisis de varianza multifactorial con un 95% de confianza (Tabla 8) se encontró que ningún factor es estadísticamente significativo al ser todos sus valores de p superiores a 0.05 ($p > 0.05$), con lo cual podemos afirmar que no existe diferencia entre utilizar hidrolizados detoxificados o no detoxificados lo cual significaría un aumento en la producción de xilitol al reducir tiempo dinero y materiales al eliminar el proceso de detoxificación en un hidrolizado.

Tabla 8. Análisis de Varianza para Xilitol

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<i>Efectos principales</i>					
A:xilosa	53.0942	2	26.5471	3.09	0.0797
B:temperatura	10.1644	1	10.1644	1.18	0.2963
C:rpm	1.113	1	1.113	0.13	0.7246
D:detox	8.42451	1	8.42451	0.98	0.3399
Residuos	111.579	13	8.58298		
<i>Tótal (corregido)</i>	222.413	18			

CONCLUSIONES

El bagazo o paja de sorgo blanco variedad RB-Paloma es un material lignocelulósico factible de ser aprovechado para obtención de xilosa con potencial uso en medios de fermentación. Los resultados mostraron que además contiene un alto contenido de minerales, los cuales también son importantes en los medios de cultivo.

Se encontró además que la concentración de ácido fue el principal factor en la obtención de xilosa, mientras que la relación sólido-líquido no tuvo efecto significativo, por lo que puede utilizarse la relación 1:10 para este residuo.

La xilosa obtenida del hidrolizado bagazo de sorgo RB-Paloma es una buena fuente de carbono para el crecimiento de *D. Hansenii* y la conversión a xilitol por la levadura. Se obtuvo una Q_p máxima de 1.1 g/L/h y una máxima de producto de 29.2 g/L; lo que indica el potencial de estos medios de fermentación como una alternativa en la producción de xilitol.

Los resultados mostraron, que para este residuo lignocelulósico, no es necesario realizar el proceso de detoxificación y no se necesita aumentar la concentración de xilosa. Esto ofrece ventajas económicas al eliminar un paso en el proceso y el uso de carbón activo.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la producción de xilitol por *Debaryomyces hansenii* en medios a base de hidrolizados ácidos de bagazo de sorgo variedad RB-Paloma

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la cantidad de humedad y cenizas del bagazo de sorgo RB-paloma.
2. Evaluar el efecto de la concentración de ácido sulfúrico, relación sólido líquido y tiempo sobre la concentración de xilosa obtenida.
3. Evaluar la producción de xilitol en medios con hidrolizados detoxificados con carbón activo y sin detoxificar.
4. Determinar el rendimiento en producto (YP/S) de la producción de xilitol por *D. hansenii* en los diferentes medios.

IMPACTO CIENTÍFICO

Participación en 2 congresos

Cartel y extenso: "Evaluación de la producción de xilitol por *Debaryomyces hansenii* en medios a base de hidrolizados no detoxificados de bagazo de sorgo RB-Paloma".

En el III Congreso internacional sobre innovación y tendencias en procesamiento de alimentos y XVIII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Del 18 al 20 de mayo. Guanajuato, Guanajuato.

Ponencia “Obtención de azúcares fermentables por hidrólisis ácida de paja de sorgo blanco variedad RB-Paloma” en el I Congreso Binacional de Temas Biotecnológicos, organizado por el Centro de Biotecnología Genómica del Instituto Politécnico Nacional 20-22 Junio 2016 en Reynosa, Tamaulipas.

Artículos en preparación: Aprovechamiento de subproducto lignocelósico de cultivo de sorgo blanco para la obtención de jarabes ricos en xilosa. Será enviado a la revista Acta Universitaria.

Xylitol production from detoxified and non-detoxified sorghum hemicellulose acid hydrolysate by *Debaromyces hansenii*. Será enviado al Biochemical Engineering Journal.

IMPACTO ACADÉMICO

1 tesista de Licenciado en Nutrición y Ciencia los Alimentos

1 tesista de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos

INTRODUCCIÓN

Xilitol

El xilitol es un polialcohol de cinco átomos de carbono que proporciona beneficios a la salud, debido a sus efectos se ha convertido en un edulcorante usado mundialmente, puede ser encontrado en cantidades pequeñas, por ejemplo en frutas y vegetales, también se le conoce como azúcar de la madera, se obtiene por hidrólisis de los polisacáridos de la madera (xilanas), de la mazorca del maíz y de la paja y se utiliza en la producción industrial del furfural (Badui, 2013; Gonzales y col., 2011). Los polioles, se forman cuando los grupos aldehído o cetona de los azúcares se reducen y se produce el correspondiente hidroxilo.

Su fórmula química es $C_5H_{12}O_5$ (Figura 1) y se masa molecular es de 152.15 g/mol (Badui 2013; Gómez, 2012).

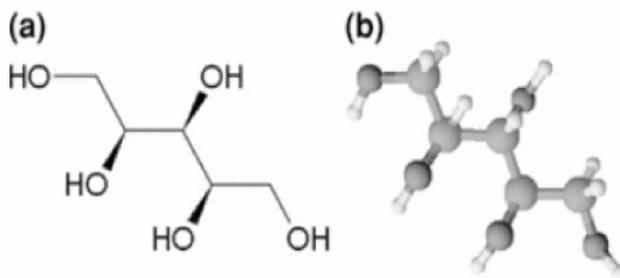


Figura 1. Estructura química plana (a) y tridimensional (b) del xilitol (Dominguez, 2012)

Es un carbohidrato natural, químicamente clasificado como alcohol-azúcar, de alto valor agregado debido a sus propiedades (Tabla 1) dietéticas y tecnológicas: no produce pardeamiento de Maillard, incrementa el sabor y color de los productos alimenticios sin afectar sus propiedades, es adecuado su uso en la alimentación de diabéticos (ya que su metabolismo no está regulado por la insulina), posee propiedades anticariogénicas y facilita la remineralización de los dientes evitando la formación de caries, éste además tiene un calor de disolución negativo por lo que origina una sensación refrescante cuando es consumido oralmente, además de ser soluble en agua (Gonzales y col., 2011).

En relación con su toxicidad, sólo cuando se consume en exceso presenta efectos laxantes y diuréticos (Badui, 2013).

Tabla 1. Propiedades físicas y químicas del xilitol (Domínguez, 2013)

Propiedad	Xilitol
Fórmula	$C_5H_{12}O_5$
Forma	Sólido cristalino, se presenta en cristales ortorrómbicos
Peso molecular (uma)	152.15 g/mol
Estado físico y aspecto	Sólido (en polvo)
Apariencia	Polvo blanco cristalino
Olor	Inodoro
Sabor	Dulce
Solubilidad a 20°C	169 g/100 g de H_2O
pH en agua (1g/10 mL)	5-7
Punto de fusión (°C)	94°C- 96°C
Punto de ebullición (760 mmHg)	216°C (420.8°F)
Peso específico	1.52
Solubilidad	Fácilmente soluble en agua fría
Valor calórico	4.06 cal/g (16.88 J/g)
Rotación específica	Ópticamente inactivo

Este polirol se utiliza como edulcorante debido a su poder endulzante similar al de la sacarosa pero con un aporte calórico (2.4 Kcal/g) inferior al de este azúcar (4.0 Kcal/g) y que posee diversas propiedades de interés para las industrias de alimentos, fármacos y cosméticos. Entre estas podemos destacar su poder anticariogénico, razón por la cual el xilitol ha sido ampliamente empleado en productos para higiene bucal y en gomas de mascar por el hecho de no ser utilizado por los microorganismos de la flora bucal, lo que evita la formación de ácidos que atacan el esmalte dental. Otra importante propiedad del xilitol es que, al contrario de los

azúcares convencionales, su metabolismo por el organismo es independiente de la insulina, lo que permite su consumo por personas portadoras de diabetes. Este polialcohol presenta además una serie de aplicaciones de gran interés para la industria farmacéutica, pues puede ser empleado como agente en la prevención de otitis media aguda, osteoporosis (ya que facilita la absorción de calcio) e infecciones pulmonares (Branco 2006; Domínguez, 2013; Villalba, 2009).

Métodos de obtención

En escala industrial, la producción de xilitol es realizada por la hidrogenación catalítica de la xilosa, un proceso que requiere el uso de altas presiones (31-40 atm) y temperaturas (100-130° C) además de extensas etapas de purificación de la solución de xilosa, su síntesis química es muy cara, generando poca productividad y elevados precios cerca de 10 veces superior al de la sacarosa o del sorbitol, alternativamente, la producción de xilitol puede ser realizada por vía microbiológica, la cual puede ser más viable económicamente pues requiere el uso de condiciones más amenas de presión y temperatura, y no necesita de una solución de xilosa pura, una vez que la conversión de xilosa a xilitol por microorganismos ocurre directamente a partir del hidrolizado hemicelulósico (Branco, 2006; Martínez y col., 2012).

La conversión de xilosa a xilitol, puede ser lograda por un proceso fermentativo, donde las levaduras son reconocidas como las mejores productoras de dicho compuesto usando como sustrato un medio con alto contenido de xilosa. Diversas fuentes orgánicas, con alto contenido de xilosa, han sido utilizadas para la obtención de xilitol por un medio de un proceso fermentativo, tales como los hidrolizados de paja de arroz, eucalipto, paja de trigo, caña de azúcar y salvado de arroz (Martínez y col., 2012). El uso de levaduras como *Saccharomyces cerevisiae* o *Cándida Paparsilosis* se ha considerado como una alternativa para la producción industrial de xilitol por vía biotecnológica (González y col., 2011).

Producción biotecnológica

La producción microbiológica de xilitol es una alternativa a la síntesis química, la cual utiliza condiciones controladas de presión, temperatura y tiempo con el fin de obtener los mejores rendimientos xilitol. Sin embargo existen varios aspectos que deben optimizarse con el fin de minimizar la producción de costos, en particular los relacionados con la detoxificación y la suplementación de nutrientes del medio de fermentación. La fuente de nitrógeno óptima para la fermentación de una solución de xilosa, depende el microorganismo empleado y el origen de la fuente de carbono, ya que algunos residuos agrícolas ya proporcionan los requisitos nutricionales (Diz, y otros, 2002).

La mayoría de los microorganismos asimilan y fermentan más eficientemente la glucosa que la xilosa, sin embargo, existen bacterias, levaduras y hongos capaces de asimilar y fermentar xilosa a xilitol. Se ha reportado en un grupo reducido de bacterias como *Corynebacterium*, *Enterobacter* y *mycobacterium* que producen xilitol, sin embargo, las cantidades producidas son muy pequeñas por lo cual no son viables para utilizarlas. Las levaduras son las mejores productoras de xilitol, especialmente las del género *Cándida* (Rangel y col., 2007). La primera reacción es la reducción de xilosa a xilitol con una de NADPH o dependiente de NADH xilosa reductasa, es la vía de las hexosas monofosfato y la enzima glucosa 6-P deshidrogenasa (Figura 2). El xilitol ya sea excretado de la célula u oxidado en xilulosa por la segunda reacción con un NAD + xilitol deshidrogenasa dependiente. La xilulosa formada es más metabolizada al material celular a través de la vía del fosfato de pentosa. La regeneración de los cofactores, la NAD (P) H y el NAD +, es muy sensible a la tensión de oxígeno.

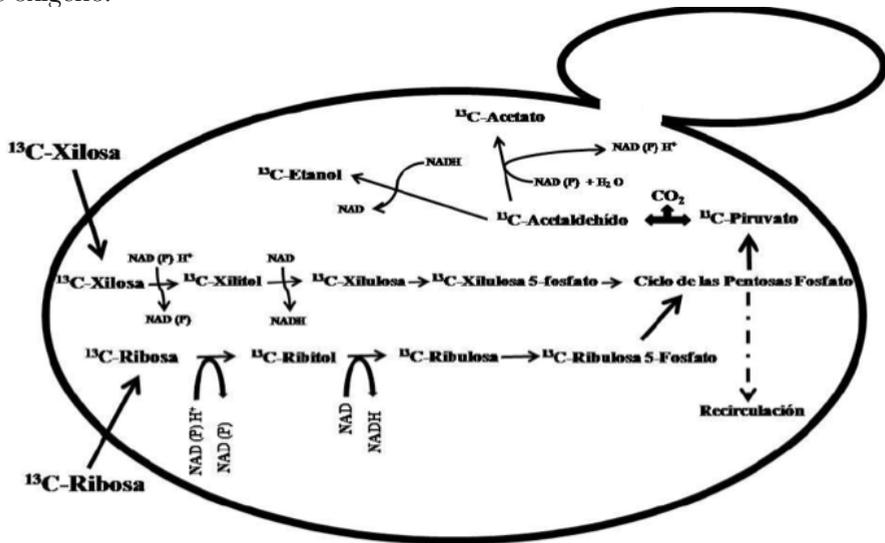


Figura 2. Rutas metabólicas posibles para la utilización de xilosa y ribosa por levaduras (González y col., 2011)

Microorganismos Productores de Xilitol

Se sabe que el xilitol es producido por bacterias, hongos filamentosos y levaduras. Las especies que han reportado mayores productividades y rendimiento son: *Candida boidinii*, *Candida guilliermondii*, *Candida intermedia*, *Candida maltosa*, *Candida mogii*, *Candida parapsilosis*, *Candida. tropicalis HXP*, *Candida. tropicalis*, *Pachysolen tannophilus*, *Pichia stipitis* y *Debaryomyces hansenii*; los rendimientos de xilitol obtenidos oscilar en-

tre 0.73-0.88% y las productividades entre 1.73 y 3.15 gL⁻¹ h⁻¹ (Gonzales y col., 2011; Domínguez, 2013).

D. hansenii es una levadura osmotolerante, su crecimiento en presencia de pentosas es lento en comparación con las hexosas, pero los valores obtenidos en el rendimiento de biomasa son similares en presencia de cualquiera de estos azúcares. Sin embargo, cuando se mezclan estos dos tipos de azúcares, el consumo de una fuente de carbono no inhibe el consumo de la otra. fue inmovilizada en alginato de calcio por Domínguez (1998). Se observó el crecimiento de *D. hansenii* y fue representado en tres fases: una fase caracterizada por el aumento en la biomasa sin producción de xilitol, una de baja producción de xilitol y una tercera de alta producción de xilitol con bajo crecimiento celular (Gonzales y col., 2011; Chao et., al 2009; Gonzales y col., 2002). Es también una levadura halófila, es decir que crece en medios hipersalinos que en medios carentes de sal, estos microorganismos cuentan con estrategias que les permiten enfrentar al estrés osmótico: mantienen altas concentraciones intracelulares de sal y sintetizan solutos compatibles que les permiten balancear su presión osmótica, es importante para la producción de alimentos salados incluyendo diferentes tipos de productos cárnicos y quesos. Se encuentran en la mayoría de las variedades de quesos madurados (Gori y col., 2012). Normalmente crece en medios de fuentes de carbono simples como glucosa presentando colonias de color blanco a crema, de textura cremosa, microscópicamente se observa en forma ovoide como células de levadura o blastoconidias (Becerra y col., 2012; Gonzales y col., 2002).

Factores que afectan la producción

Existen muchos factores que afectan la producción de xilitol por medios biotecnológicos entre éstos se encuentran la concentración inicial del microorganismo, el tipo de sustrato, la composición del medio de cultivo, temperatura, pH y el coeficiente de transferencia de oxígeno.

Entre los más delicados para el rendimiento del xilitol se encuentra el oxígeno, ya que al tener condiciones de exceso de oxígeno conduce a NADH y se oxida a NAD⁺, y una relación de + / NADH alta NAD conduce a la oxidación de xilitol a xilulosa, y como resultado produce menos xilitol y más células se acumulan. La producción de xilitol se da bajo condiciones limitadas de oxígeno, se han obtenido rendimientos de xilitol cercanos al 70% con valores de aireación intensiva ($k_L a$) de 30/h utilizando *Candida parapsilosis*, *Candida guilliermondii*, determinando coeficientes de respiración de 12-26 mg de oxígeno por gramo de levadura por hora, sin embargo en condiciones anaerobias estrictas la *Candida parapsilosis* no es capaz de metabolizar la xilosa (González y col., 2011).

El pH es la escala donde se mide la concentración de iones de hidrogeno e hidroxilo en una solución, lo cual indica si una solución es acida (por debajo de pH 7), o alcalino (arriba de pH 7) o neutro (pH 7). Diversos estudios indican que el pH modifica las rutas metabólicas de ciertos microorganismos un ejemplo es *D. hansenii*, este comportamiento se produce por alteraciones del sistema de transporte de la xilosa hacia el interior de la célula. (González y col., 2011). En lo referente a la temperatura, cada especie de microorganismos crece en un rango distinto, tiene un rango mínimo y uno máximo, aumentando su tasa de crecimiento conforme se eleva su temperatura hasta llegar a su óptima y disminuyendo hasta que ésta llegue a su máxima. Por ejemplo las levaduras tienen un rango de temperatura de 25 a 35°C. Santos y col., 2003 evaluaron la producción de xilitol a partir de bagazo de caña de azúcar utilizando células de *Candida guilliermondii* inmovilizadas en vidrio poroso en un reactor de lecho fluidizado; se evaluó además la velocidad de aireación. Se encontró que con valores de aireación altos la producción de xilitol fue baja pero la cantidad de biomasa fue alta; lo que sugiere que el metabolismo celular era dirigido preferentemente hacia la producción de biomasa y no a la producción de xilitol.

Medios de fermentación para la producción de xilitol

Medios sintéticos para la producción de Xilitol

Se ha utilizado D-xilosa para la producción de xilitol obteniendo 221 g/l a partir de 279 g/l de xilosa, a las 48 horas. También observaron que la productividad volumétrica disminuyó un 12% cuando la xilosa inicial presente en el medio se incrementó de 175 a 280 g/l (Barrera, 2002).

Medios no sintéticos para la producción de Xilitol

Se han estudiado distintos sustratos no sintéticos (Tabla 2) como medios alternativos para la producción de xilitol. Los procesos más útiles están basados en la hidrólisis de la fracción hemiselulósica de algunos materiales lignocelulósicos, que pueden ser convertidos selectivamente a soluciones con altas concentraciones de xilosa mediante hidrólisis acidas para obtener un medio de cultivo adecuado para la bioconversión.

Tabla 2. Cepas para la producción de xilitol.

Microorganismo	Fuente de carbono	Yp/s g l-1 Qg l-1 h-1	Referencia
<i>Candida guilliermondii</i>	Caña de azúcar	0.75 g/L/h 54 g/L	Felipe y col., 1997

<i>Candida guilliermondii</i>	Paja de Arroz	0.72 g/g 0.61 g/L/h.	Mussatto y Roberto (2001)
<i>Candida guilliermondii</i>	Cascarilla de arroz	2,6 g/L 0.02 g/L-h 0.13 g/g	Herazo y col., (2011)
<i>Candida guilliermondii</i>	Bagazo de grano de cervecería	0.67g g-1 0.61g L-1h-1	Mussatto y col., (2004)
<i>Candida guilliermondii</i>	Eucalipto	(0.76 g/g) (0.68 g/L/h)	Canilha y col., (2004)
<i>Candida tropicalis</i>	Bagazo de arroz	0.71 g/L	(Huang y col., 2011)
<i>Candida tropicalis</i>	Medio sintético	(0.84 g g) (0.49 g/L/h)	Walther y col., (2001)
<i>Debaromyces hansenii</i>	Bagazo de granos de cervecería	0.50 g/g 0.33 g/g/h,	Carvalho y col., (2005)
<i>Debaromyces hansenii</i>	Mazorcas de maíz	1.49 g/L/h 0.73 g/g	(Rivas y col., 2002)

Se han realizado diversas investigaciones para evaluar la eficiencia de producción de xilitol a partir de materiales lignocelulósicos. Felipe y col., (1997) encontraron que la bioconversión de xilosa a xilitol por *Candida guilliermondii* FTI 20037 en medios de fermentación a base de jarabes de bagazo de caña de azúcar estaba influenciada por el nivel de inóculo celular, así como la edad del mismo, y por la concentración de azúcares del hidrolizado. La productividad máxima de xilitol (0,75 g /L/h) se obtuvo con 54.5 g/L de xilosa, 3.0 g /L de un inóculo de 24 h de edad.

Mussatto y Roberto (2001) evaluaron la producción de xilitol en hidrolizados de paja de arroz detoxificados con carbón activado. Lograron la eliminación del 27% de los compuestos fenólicos y un rendimiento en producto de 0.72 g/g de xilitol; así como una productividad volumétrica de 0.61 g/L/h. También se ha evaluado la producción de xilitol en hidrolizados de bagazo de arroz sin detoxificar, utilizando la levadura *Candida tropicalis* JH030, se obtuvo un rendimiento de 0.71 g/L de xilitol. La obtención de xilitol en un hidrolizado sin detoxificar reduce los costos de producción del proceso de manera considerable (Huang y col., 2011).

Se han estudiado otros sustratos como el bagazo de granos de cerveza, Carvalho y col., (2005) realizaron hidrólisis en etapas secuenciales de dicho bagazo con ácido sulfúrico para obtener un hidrolizado fermentable. Utilizaron la cepa de *Debaromyces hansenii* para la producción de xilitol en medios a base de estos hidrolizados lignocelulósicos detoxificados y sin detoxificar; hubo un aumento del 11% en

la productividad volumétrica en los hidrolizados detoxificados y un rendimiento y productividad de 0.50 g/g y 0.33 g/g/h, respectivamente. Mussatto y col., (2005), utilizaron este mismo sustrato para la producción de xilitol por *Candida guilliermondii* FTI 20037; los medios contenían una concentración inicial de xilosa de 20 g/L y 85 g/L. Se observó una disminución de la producción de xilitol en los medios con 85g/L de xilosa de hidrolizados, lo que se atribuyó a la alta concentración de compuestos fenólicos en los hidrolizados ácidos, los cuales son bien conocidos como inhibidores del crecimiento microbiano.

Walther y col., (2001) evaluaron la influencia de otros azúcares que pueden obtenerse de la hemicelulosa además de xilosa, en la producción de xilitol por *Candida tropicalis* ATCC 96745. Se utilizaron medios con xilosa, arabinosa, galactosa, glucosa y manosa; además también se evaluó la cantidad de oxígeno. En condiciones semi-aeróbicas, el rendimiento máximo xilitol fue 0.62 g/g sustrato, mientras que en condiciones aerobias la máxima productividad volumétrica fue de 0.90 g/L/h. En presencia de glucosa la utilización de xilosa fue fuertemente reprimida y se observó utilización de azúcar secuencial. El etanol producido a partir de la glucosa causó una reducción del 50% en el rendimiento de xilitol cuando su concentración supera 30 g /L. Los rendimientos máximos de xilitol (0.84 g/g) y la productividad volumétrica (0.49 g/L/h) se obtuvieron en los medios que contenían concentraciones altas de arabinosa y bajas de glucosa y de manosa.

También se ha evaluado la producción de xilitol a partir de hidrolizados de mazorcas de maíz por pasos secuenciales de autohidrólisis en medio acuoso y post-hidrólisis con ácido sulfúrico. Para la producción de xilitol se utilizó la levadura *Debaromyces hansenii*; hubo un aumento de 18% en la productividad y 25% en el rendimiento, comparado con las fermentaciones realizadas por pre-hidrólisis directa de las mazorcas. Se obtuvo una productividad máxima de 1.49 g/L/h y rendimiento de 0.73 g/g (Rivas y col., 2002). Canilha y col., (2004) utilizaron hidrolizados ácidos de eucalipto para la producción de xilitol por *Candida guilliermondii* FTI20037. Los hidrolizados fueron tratados con carbón activado o resinas de intercambio iónico y se ajustó el pH para eliminar los compuestos inhibidores como ácido acético y furfural. Los mejores rendimientos (0.76 g/g) y productividad (0.68 g/L/h) se obtuvieron con el hidrolizado tratado con resinas de intercambio iónico.

D. Hansenii se ha utilizado para la producción de xilitol no solo en medios sintéticos, sino también a partir de diversos materiales tales como el salvado de cebada, mazorca de maíz, hojas de maíz produciendo 26.6, 21.2 y 29.0 g/L de xilitol así también fueron utilizados hidrolizados a base de paja de arroz, eucalipto, con distintas cepas de *Cándida* obteniendo resultado favorables (Barrera, 2002). Actual-

mente estudia una variedad de compuestos lignocelósicos para la producción de xilitol y otros aditivos alimentarios.

Materiales lignocelulósicos

En los últimos años el interés hacia la utilización química y energética de los materiales lignocelulósicos (residuos agrícolas, residuos forestales, residuos de papel, residuos sólidos municipales, y cultivos energéticos) su uso y aplicación ha ido en constante aumento, debido a que son recursos renovables, están disponibles en grandes cantidades y que los procesos de su transformación son amigables con el medio ambiente (Barba, 2002).

Estos residuos se pueden agrupar en los siguientes tipos:

- Residuos Agrícolas: comprenden aquellos materiales derivados del cultivo y recolección de especies vegetales de importancia económica.
- Residuos Agroindustriales: Cabe destacar que el bagazo es un residuo de un material después de haberle extraído el jugo
- Residuos industriales (se trata principalmente de derivados de la fabricación de pasta, papel y transformados de madera),
- Residuos forestales (son residuos procedentes de la limpieza y silvicultura, residuos agrícolas (son residuos de cultivos, frutos secos y cereales y excedentes de cosechas)
- Residuos urbanos (residuos de papeles, cartones y similares);

Recientemente se han encontrado alternativas tales como la producción de una amplia gama de productos de alto valor agregado como celulosas para usos textiles, alimenticios o farmacéuticos, fibras papeleras, paneles, derivados de la lignina usados como adhesivos y derivados hemicelulósicos como xilosa, manosa o furfural (Barba , 2002 ; Riaño, 2010; Sánchez y col., 2007; Toribio, 2011).

El complejo lignocelulósico representa el biopolímero más abundante de la naturaleza y está compuesto por una matriz de carbohidratos formada de celulosa y lignina enlazada de hemicelulosa (Sánchez y col., 2005), que forman la pared celular para dar rigidez y estructura a las plantas, la celulosa y la hemicelulosa predominan en la pared celular de las plantas, mientras que la lignina se distribuye por toda la estructura, posteriormente se describirán los 3 polímeros (Figura 3.) que conforman dichos materiales estructurales.

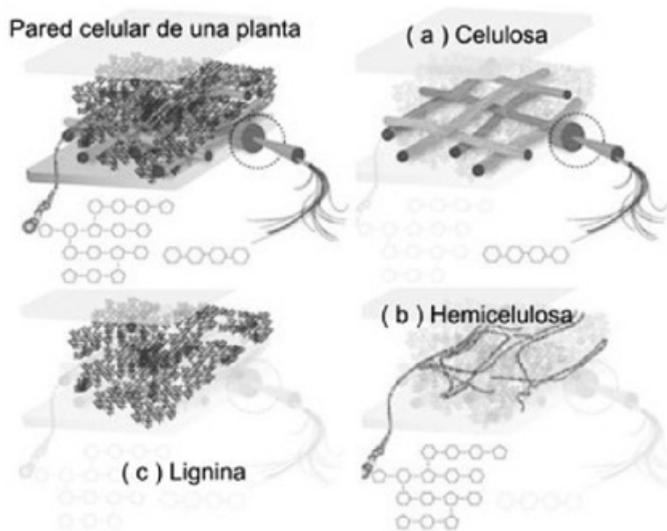


Figura 3. Estructura de la pared vegetal (Toribio, 2011).

La celulosa es el polisacárido más abundante en la naturaleza y compone la mayor parte de la pared celular de los vegetales, es un homopolímero (D- Glucosa) lineal constituido por unidades de β -glucosa unidas entre sí por enlaces 1-4, que estructuran largas cadenas lineales unidas por puentes de hidrogeno y fuerzas de Van der Waals, formando una estructura cristalina resistente a la hidrólisis (Cuervo y col., 2009), estas moléculas se pueden hidrolizar con dificultad en medios catalizados por ácidos, es el componente mayoritario de los materiales lignocelulósicos y actualmente te es la base de muchos productos de interés industrial, además de estar presente en especies vegetales como arboles y organismos primitivos como algas marinas y bacterias (Manchado, 2010).

La celulosa (Figura 4) puede ser utilizada para la fabricación de papel, fibras artificiales textiles, coloides de uso medicinal, celuloideos, plásticos y obtención de esteres y éteres de celulosa (Klemm y col., 1998).

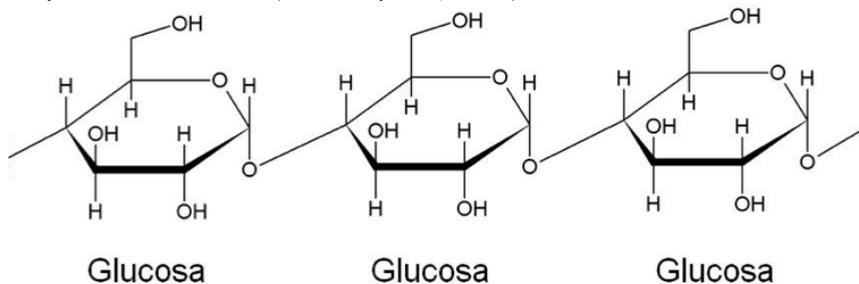


Figura 4. Estructura de la Celulosa

La hemicelulosa es un polímero complejo de heteropolisacáridos formado por pentosas (D-xilosa y L-arabinosa) y hexosas (D-glucosa, D-manosa y D-galactosa) que forman cadenas ramificadas (Cuervo y col., 2009). La hemicelulosa compone el 20 - 40% de la biomasa lignocelulosa (Sanches y col, 2007). Su contenido en las plantas depende tanto por cantidad como por variedad difiere mucho en función de las distintas especies, tanto si se trata de madera como de otros lignocelulósicos (Barba, 2002). Debido a la predominancia de la xilosa, la hemicelulosa se puede considerar como un xilano, a partir de este azúcar es posible la obtención de etanol, butanol, xilitol, ácido láctico, cítrico, acético y fórmico, así como acetona y furfural (Goldstein, 1981). La fracción hemicelulosa es más fácil hidrolizable que la celulosa gracias a su heterogeneidad.

La lignina es un heteropolímero amorfo, tridimensional, y formado por alcoholes aromáticos que dan soporte estructural, rigidez, impermeabilidad y protección a los polisacáridos estructurales, además es altamente resistente a la degradación química y biológica (Cuervo y col, 2009). Es considerado después de la celulosa el polímero más abundante en el mundo vegetal y su función es asegurar protección contra la humedad y los agentes atmosféricos además de actuar como elemento aglomerante de las fibras. Es un componente característico de las plantas superiores (gimnospermas y angiospermas), aparecen típicamente en los tejidos vasculares, especializados en el transporte de líquido y en dar resistencia mecánica (Barba, 2002).

Xilosa

La xilosa (Figura 5), también llamada azúcar de la madera, se obtiene por hidrólisis de los polisacáridos de la madera (xilanas), de la mazorca del maíz y de la paja y se utiliza en la producción industrial del furfural, su función es principalmente alimenticia pero también se utiliza para hacer pruebas de la absorción intestinal. (Badui, 2013; Román y col., 2012).

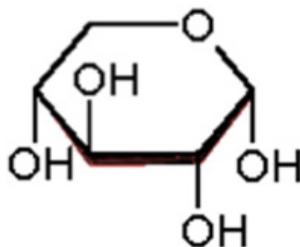


Figura 5. Estructura de la xilosa (Adaptada de Badui 2013).

Hidrólisis

Se denomina de esta manera a la descomposición de sustancias orgánicas e inorgánicas complejas en otras más sencillas por acción de agua influenciada por factores como el pH y temperatura; en este tratamiento químico se pueden emplear agentes químicos o enzimas para alterar la estructura de compuestos complejos como lignocelulósica y hemicelulósica para solubilizar las azúcares básicos que las constituyen. Entre los pretratamientos químicos más estudiados se encuentran los tratamientos con ácidos, álcalis, disolventes orgánicos y agentes oxidantes, el principal inconveniente que presenta este tipo de tratamientos es que requieren de una etapa de neutralización previa a la fermentación ya que se producen una serie de compuestos que afectan negativamente a las etapas posteriores, especialmente la fermentación (Cuervo y col., 2009; Gómez, 2012; Fenema, 2010).

Hidrolisis enzimática

Se caracteriza por su selectividad, se usan enzimas específicas para un tipo determinado de enlace y, por tanto, no es frecuente la aparición de productos de degradación. En cambio, la poca selectividad de los ataques ácido y básico y su difícil control conduce inevitablemente a la aparición de productos de degradación que pueden llegar a ser tóxicos.

La hidrólisis enzimática transcurre generalmente en el intervalo de 40° a 60°C y pH comprendido entre 4-8, no se añaden sustancias extrañas Evidentemente no es así en los procesos de hidrólisis química, ya que la necesaria neutralización posterior eleva considerablemente el contenido en sales. No obstante, en la hidrólisis enzimática es necesario trabajar en condiciones asépticas, ya que por ser un proceso relativamente lento, puede producirse contaminación microbiana (Guadix, 2000).

Hidrolisis alcalina

La hidrólisis alcalina es un proceso químico donde hay una sustancia álcali sometida a altas temperaturas y presiones considerables (McMurry, 2004). Su eficiencia depende del contenido de lignina de los materiales. El hidróxido de sodio diluido produce un hinchamiento, permitiendo un incremento en el área de superficie interna reduciendo el grado de polimerización y cristalinidad de la celulosa, causando la separación de las uniones estructurales entre la lignina y los carbohidratos (Fan y col., 1987). En las maderas duras hay un incremento en la digestibilidad y un descenso del contenido de lignina, en maderas suaves con lignina hasta en un 26% no se han obtenido resultados eficientes; en general la utilización de bases permite

la disolución de la lignina, pero sus costos son altos, haciendo estos métodos no competitivos a gran escala (Sun & Cheng, 2002).

Hidrólisis ácida

Los ácidos más empleados son los ácidos clorhídrico y sulfúrico. Los procesos industriales de hidrólisis ácida pueden realizarse mediante ácidos concentrados a bajas temperaturas o ácidos diluidos a altas temperaturas, estas condiciones producen una degradación de los azúcares procedentes de la fracción hemicelulósica, que pueden afectar negativamente a la posterior fermentación, la degradación de algunos azúcares, especialmente los provenientes de la hemicelulosa, tal como la xilosa, origina subproductos tóxicos para la levadura como el furfural y el hidroximetilfurfural, para disminuir la degradación de estos azúcares se suele realizar un proceso de hidrólisis ácida en dos etapas, una primera suave en la que se hidroliza la hemicelulosa, seguida de una más severa que altere la estructura de la celulosa, este proceso es uno de los más antiguos, también se puede realizar con ácido concentrado, se ha demostrado que es más efectivo con ácido diluido y a altas temperaturas, así mismo a medida que se aumenta la concentración de ácido y el tiempo en la hidrólisis ácida, mayor es la cantidad de azúcares extraídos, sin embargo debe existir un tiempo prudente, donde se evite la degradación continua de los azúcares y donde se logre la mayor solubilización de estos azúcares provenientes de la hemicelulosa, lo que nos traerá altos rendimientos en la conversión del xilano a xilosa que es necesario para alcanzar procesos totales favorables económicamente, porque el xilano forma hasta una tercera parte del total de carbohidratos en muchos materiales hemicelulósicos (Cuervo y col., 2009 ; Gomez, 2012).

Hidrólisis de materiales lignocelulósicos

La hidrólisis con ácido diluido es un método viejo y fue utilizado durante la Segunda Guerra Mundial en Alemania. En la actualidad, la hidrólisis con ácido diluido se usa comúnmente como un pretratamiento anterior a la hidrólisis enzimática. El propósito de este pretratamiento (Figura 6) es remover la lignina y la hemicelulosa, reducir la cristalinidad de la celulosa y aumentar la porosidad del material. En una materia prima no tratada, las fibras de celulosa, con una alta cristalinidad, se encuentran dentro de una no muy bien organizada matriz de hemicelulosa y envuelta en una pared de lignina que le da la rigidez al material lignocelulósico; este tratamiento consta de tres etapas:

1. Remover el revestimiento de lignina
2. Remover la hemicelulosa
3. Eliminar la cristalinidad de la fracción de celulosa

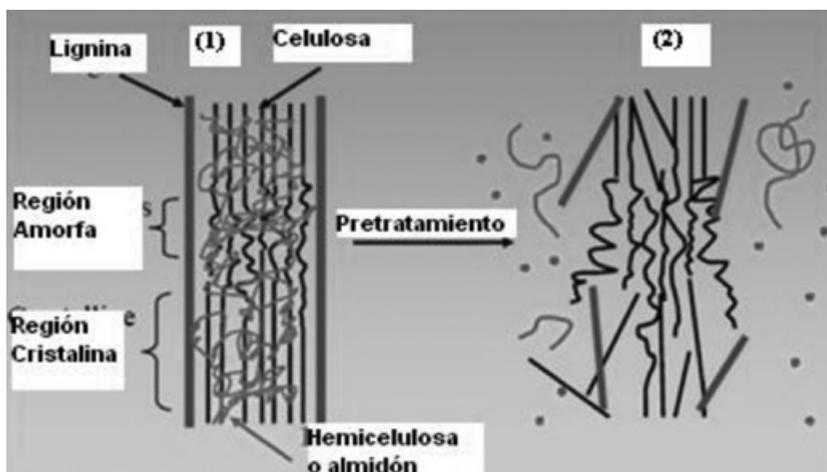


Figura 6. Efectos del Pretratamiento en el material lignocelulósico (Cortínez, 2010).

En presencia de altas temperaturas el tratamiento con ácido diluido favorece la hidrólisis de la celulosa y se hidroliza cerca del 80% de la hemicelulosa. La lignina no se solubiliza pero sí aumenta los rendimientos de la hidrólisis enzimática. Existen dos condiciones típicas del pretratamiento con ácido diluido: (1) altas temperaturas (entre 160-200°C), en un proceso continuo con bajas cargas de sólido (5-10% peso sustrato/peso mezcla) o (2) bajas temperaturas (120-160°C), en un proceso con alta carga de sólidos (10-40%). La hidrólisis con ácido diluido ha sido exitosamente probada en el pretratamiento de materiales lignocelulósicos como desechos de maíz, bagazo de caña, madera y astillas de álamo, paja de trigo y pasto (Cortínez, 2010).

Sorgo

El sorgo es una planta anual de la familia de las gramíneas, *Sorghum vulgare* o *Andropogon sorghum*; en 1987 Wet lo clasificó en cinco secciones: *Stiposorghum*, *Parasorghum*, *Sorghum*, *Heterosorghum* y *Chateosorghum*, a su vez la sección *Sorghum* la dividió en tres especies: *S. halapense*, *S. propinquum* y *S. bicolor* (L) Moench. Esta última especie es dividida en subespecies: *bicolor*, *drummondii*, *arundinacem*; la subespecie *bicolor* a su vez fue dividida en cinco razas básicas, *bicolor*, *caudatum*, *durra*, *guinea* y *kafir* (Paul, 1990; Castro, 2008). Es el cuarto cultivo de importancia después del trigo (*triticum aestivum* L.), el maíz (*Zea mays*) y el arroz (*Oriza sativa* L.). En las zonas tropicales, este grano es muy importante como alimento humano por su contenido de proteínas, vitaminas, minerales y por su utilidad forrajera. El grano de sorgo se emplea en la preparación de diversos tipos de alimentos como pan, en algunas partes de África

es utilizado en la elaboración de cerveza; además de estos, existen sorgos dulces y palomeros que también son consumidos de distintas formas (Enríquez y Torres, 2010; Victorino, 2013).

Existen evidencias que permiten establecer que fue uno de los primeros cereales domesticados por el hombre; en Egipto se han encontrado grabados en los que pueden apreciarse plantas de sorgo. En las ruinas de Nínive, ciudad de la antigua Asiria, se han encontrado grabados que muestran campos de sorgo. Otros datos han dado alguna certeza para afirmar que ya por el año 2200 a.C, el sorgo era una especie conocida y plantada por el hombre (FENALCE, 2010). Llegó a América, a las Antillas en los barcos que transportaban esclavos procedentes de África, con el nombre de maíz de Guinea o Millo; se diseminó por las poblaciones costeras a comienzos del siglo XVI, en 1957 se introducen los primeros materiales híbridos y ya en 1960 se reportan 2 800 hectáreas sembradas con sorgo (INFOAGRO, 2009). Otras teorías indican que el sorgo pudo ser originario de África Central (Etiopía o Sudán), pues allí es donde se encuentra la mayor diversidad de tipos, o en la India, donde su principal uso es para el consumo humano y de donde llegó a Europa como cultivo de uso doméstico en el siglo I a.C., pero nunca se extendió mucho en ese continente. Esta diversidad disminuye hacia el norte de África y Asia (INEGI, 2007). Se considera que muchas especies distintas se cultivan de forma esporádica en otros países, y que los sorgos actuales son híbridos de esas introducciones o de mutantes que han aparecido (Capone y col., 2011; Enríquez y Torres, 2010), actualmente se encuentra en todas las regiones tropicales y templadas del mundo (Coyote, 2000).

Morfología

El sorgo tiene una altura de 1 a 2 metros, consta de un sistema radicular adventivo fibroso que se desarrolla de los nudos más bajos del tallo pudiendo alcanzar una profundidad de 1 a 1.3 m de longitud (Enríquez y Torres, 2010). Para la germinación de este cultivo se necesitan temperaturas de 12 a 13°C; el crecimiento de la planta se lleva a cabo cuando la temperatura sobrepasa los 15 ° C; sin embargo la temperatura óptima para su crecimiento se encuentra alrededor de los 32 °C. Se plantea que los descensos de temperatura en el momento de la floración pueden reducir el rendimiento del grano, además de producir esterilidad de las espiguillas y afectar también la viabilidad del grano de polen. Las temperaturas muy altas durante los días posteriores a la floración reducen el peso final del grano, a la temperatura de 38°C se merman los rendimientos por el aborto de sus flores (Capone y col., 2011). En la Figura 7 se muestran las partes de la planta del sorgo que a continuación se mencionan:

- El tallo, denominado también caña, es compacto, a veces esponjoso, con nudos engrosados; puede originar macollos, de maduración más tardía que el tallo principal. La presencia de macollos es genética, influenciada por el nivel de nutrientes en suelo, condiciones hídricas y densidad de cultivo. Éste desarrolla de 7 a 24 hojas dependiendo del tipo de sorgo, alternas, opuestas, de forma linear lanceolada, la nervadura media es blanquecina o amarilla en los sorgos de médula seca y verde en los de médula jugosa. Tiene lígula en la mayoría de los casos; los bordes de las hojas tienen dientes curvos, filosos y numerosas células motoras ubicadas cerca de la nervadura central en la cara superior o haz facilitando el arrollamiento de la lámina durante una sequía.
- La panoja puede ser compacta, semicompacta o semilaxa, con espiguillas en pares; la fértil se diferencia por tener dos flores, es una típica flor de gramínea; mientras que la estéril contiene solo una flor.
- Las glumas a la madurez cubren solo la base del grano y tiene pulvino que en condiciones de estrés se contrae y cierra la panoja (García, 2010). El grano puede ser de color blanco, amarillo, castaño, rosado o castaño rojizo, se caracteriza por presentar diferentes contenidos de taninos.
- Los granos de color claro, presentan baja concentración de tanino y los castaños, oscuros y marrones, presentan alto contenido de taninos a la madurez; estos afectan la digestibilidad del grano. Los sorgos graníferos, sin taninos condensados, tienen un valor nutritivo equivalente a un 96% del valor nutritivo del maíz (Zamora y Melin, 2007).

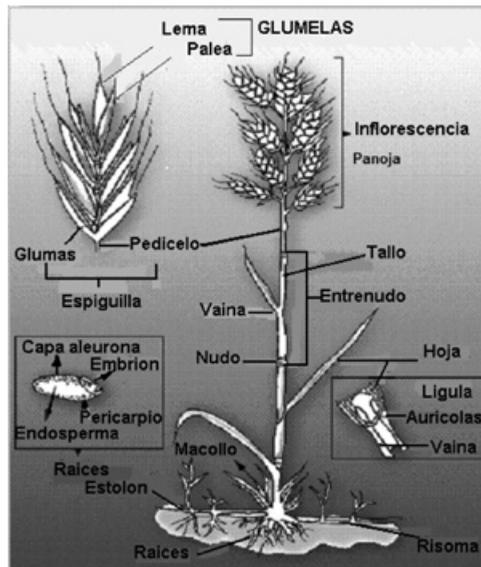


Figura 7. Partes de la planta del Sorgo (García, 2010).

Producción mundial

El sorgo es el quinto cereal más importante en el mundo después del trigo, maíz, arroz y la cebada. Este cereal se produce en Norteamérica, Sudamérica, Europa, Australia, África, Asia y en la India como se muestra en la Figura 8. Este cereal se destina principalmente para alimento animal, sin embargo, actualmente el grano es usado para el consumo humano.



Figura 8. Principales zonas del mundo donde se cultiva el sorgo (Pérez, 2010).

Este cereal ha incrementado su popularidad e importancia en el mundo desarrollado, ya que su principal ventaja agronómica se debe a que es más resistente a la sequía y a las altas temperaturas que el maíz, adicionalmente, al ser considerado un cereal de poco uso industrial, resulta una materia prima de bajo costo (Bustos, 2010).

De acuerdo con estudios de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), las áreas productoras de sorgo en, Centroamérica y Suramérica suman 9 millones de hectáreas sembradas. En África el sorgo se cultiva en 14 millones de hectáreas, esta área está limitada al norte con el desierto del Sahara y es la principal fuente de calorías en estos países. En Asia, se cultiva en 20 millones de hectáreas, en la India, el sorgo es el tercer cereal en importancia con una superficie de 14 millones de hectáreas cultivadas (Victorino, 2013),

Tabla 4. Principales especies de Sorgo en el mundo (Pérez, 2010).

Especies de Sorgo:	
<i>Sorghum alnum</i>	<i>Sorgho d'Alep</i>
<i>Sorghum amplum</i>	<i>Sorghum interjectum</i>
<i>Sorghum angustum</i>	<i>Sorghum intrans.</i>
<i>Sorghum arundinaceum</i>	<i>Sorghum laxiflorum</i>
<i>Sorghum bicolor</i>	<i>Sorghum leiocladum</i>

<i>Sorghum vulgare Pers.</i>	<i>Sorghum macrospermum</i>
<i>Sorghum brachypodium</i>	<i>Sorghum matarankense</i>
<i>Sorghum bulbosum</i>	<i>Sorghum nitidum</i>
<i>Sorghum caudatum</i>	<i>Sorghum plumosum</i>
<i>Sorghum drummondii</i>	<i>Sorghum propinquum</i>
<i>Sorghum ecarinatum</i>	<i>Sorghum purpureosericeum</i>
<i>Sorghum exstans</i>	<i>Sorghum stipoidesum</i>
<i>Sorghum grande</i>	<i>Sorghum timorense</i>
<i>Sorghum halepense</i>	<i>Sorghum versicolor</i>

En América y Oceanía la mayor parte del sorgo producido se emplea para el consumo animal; por ejemplo, en la alimentación del ganado, en aves de corral, cabe mencionar que existen muchas especies de sorgo en el mundo como se muestran en la tabla 4; las cuales tienen usos específicos de acuerdo a sus características (Pérez, 2010).

Como se muestra en la Figura 9 en el año 2010, Nigeria ocupó el primer lugar en producción de sorgo (17.9 millones de toneladas) seguido por EEUU (13.4 millones de toneladas), México (10.7 millones de toneladas), India (10.4 millones de toneladas), Sudán (7.9 millones de toneladas) y Argentina (5.8 millones de toneladas) (Financiera Rural 2011)¹.

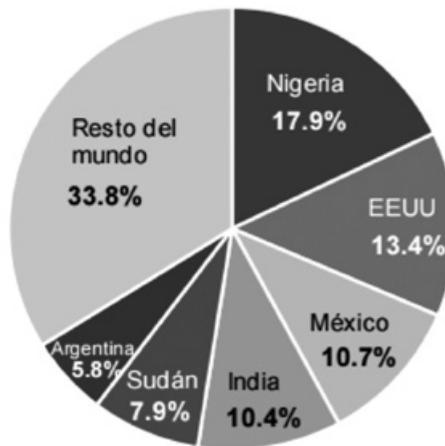


Figura 9. Principales productores de sorgo en el mundo (SIAP- SAGARPA 2010).

Producción en México

¹ <http://www.financiarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/MonografiaSorgo%28jun11%29.pdf>

El sorgo es un cultivo que produce grano y forraje bajo condiciones de escasez de agua y elevadas temperaturas durante el ciclo de cultivo, por lo que es necesario disponer de especies vegetales que puedan utilizarse bajo estas condiciones climáticas. En México se siembran anualmente cerca de dos millones de hectáreas de sorgo para grano (Montes-García, 2012). Se cultivan tres variedades de sorgo, de acuerdo a su uso: a) Sorgo escobero, variedad que tiene una mayor precocidad y resistencia, cuya espiga se utiliza para elaborar escobas. b) Sorgo forrajero, dulce o sacarino, considerado nutritivo, sobre todo estando verde, y c) Sorgo grano, son aquellas variedades no sacarinas, de las cuales se explota el grano, que es la principal materia prima en la industria de alimentos para ganado. El 92% de la producción de este cereal se destina al sector pecuario, el 7% se constituye por mermas y el 1% restante es utilizado como semilla para siembra. Las condiciones climáticas de las diversas áreas de México han cambiado a través del tiempo, haciéndose más severos en la última década, donde se han presentado temperaturas altas durante las etapas reproductivas y de llenado del grano. Como problema principal en el cultivo del sorgo, se tiene una baja producción de grano y forraje, originado por la sequía por baja precipitación e irregular distribución, el cual es uno de los factores limitantes que afectan la productividad del cultivo en México, ya que el 80% del sorgo se cultiva bajo condiciones de temporal en los distritos de riego existe una baja disponibilidad de agua en algunas de las presas debido a este mismo problema; sin embargo, el sorgo re-emprende su crecimiento cuando cesa la sequía (Financiera Rural 2011; INIFAP 2012).

La zona productora de sorgo (Figura 10) se ubica en el noreste de México que comprende los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas y el Bajío (Guanajuato, Jalisco y Morelia); se siembran 800 000 hectáreas de sorgo en condiciones de temporal y 350 000 bajo riego (Financiera Rural, 2011; García y col., 2010); siendo Tamaulipas el principal productor nacional.

Principales Estados Productores de Sorgo en México

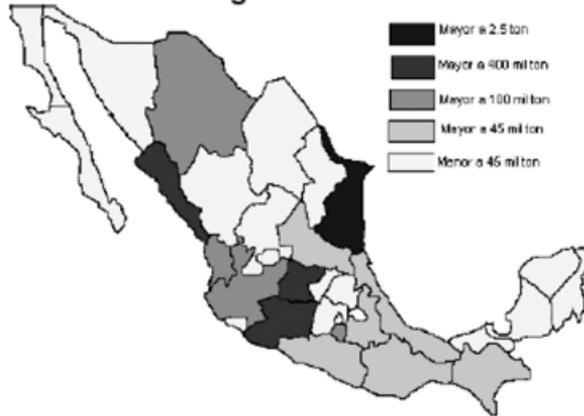


Figura 10. Principales Estados Productores de Sorgo en México (Financiera Rural 2011)³

Producción en Tamaulipas

La parte norte de la entidad es una zona productora de sorgo de gran relevancia, ahí se localizan los municipios con mayor número de unidades de producción (Figura 11) de los cuales sobresalen: San Fernando, Matamoros, Río Bravo, Valle Hermoso y Reynosa, (INEGI, 2007).

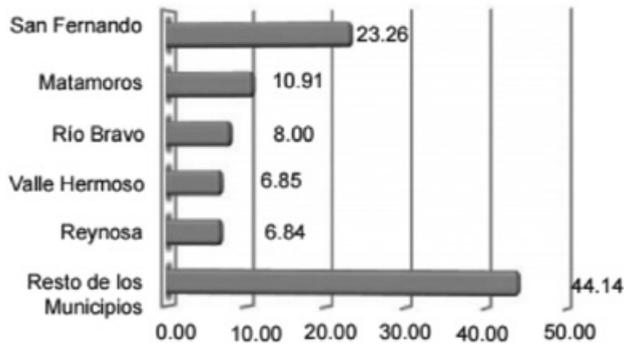


Figura 11. Unidades de producción de sorgo grano según principales municipios (INEGI, 2007).

Tamaulipas es considerado el mayor productor de grano en el país, el periodo de trilla (Otoño-Invierno) se reduce a cerca de 45 días (junio y julio), en tanto que el periodo de consumo es de cerca de cuatro meses (julio a octubre), con tres millones de toneladas en producción de sorgo, de los nueve millones que se consumen cada

año en el país (Financiera Rural, 2011; Bustos y col., 2010). Actualmente existen diferentes variedades experimentales de sorgo, entre ellas se encuentran el RB-Paloma.

Variedad RB Paloma

Esta variedad fue introducida en 1986 en el Campo Experimental Valle de Cuiliacán-INIFAP, en Sinaloa, México, procedente del ICRISAT y en 2010 el SNICS le asignó el registro SOG-191-270510 en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales, se caracteriza por carecer de antocianinas en el follaje, sus hojas son de color verde claro, de textura media, con entrenudos de 8 a 10 cm y en floración. En madurez, la altura promedio de ‘RB-Paloma’ es de 170 ± 19 cm, y su tallo tiene un diámetro de 1.30 ± 0.30 cm. La longitud de panoja es de 28.8 ± 3.2 cm y presenta moderada tolerancia al acame. El grano es de color blanco-cremoso, sin taninos (García, 2012), y su rendimiento promedio de grano fue de 4711 kg por hectárea, superior en 22.6% a la de los sorgos comerciales. Esta variedad de sorgo’ presenta características propias para consumo humano y elaboración de tortillas, ya que su grano de color blanco posee un reducido contenido de taninos y polifenoles; en comparación a otras variedades de grano blanco liberadas por el INIFAP, la variedad RB Paloma fue superior al promedio en longitud de la panoja (15%), excersión (7%), rendimiento de grano (25% = 944 kg por hectárea), y 15% menos incidencia de enfermedades foliares (García y col., 2010).

CONTRIBUCIÓN A LA GENERACIÓN DEL CONOCIMIENTO

Extenso: “Evaluación de la producción de xilitol por *Debaryomyces hansenii* en medios a base de hidrolizados no detoxificados de bagazo de sorgo RB-Paloma”. En el III Congreso internacional sobre innovación y tendencias en procesamiento de alimentos y XVIII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Del 18 al 20 de mayo. Guanajuato, Guanajuato.

Extenso: “Obtención de azúcares fermentables por hidrólisis ácida de paja de sorgo blanco variedad RB-Paloma” en el I Congreso Binacional de Temas Biotecnológicos, organizado por el Centro de Biotecnología Genómica del Instituto Politécnico Nacional 20-22 junio 2016 en Reynosa, Tamaulipas.

Artículos en preparación: Aprovechamiento de subproducto lignocelósico de cultivo de sorgo blanco para la obtención de jarabes ricos en xilosa. Será enviado a la revista Acta Universitaria.

Xylitol production from detoxified and non-detoxified sorghum hemicellulose acid hydrolysate by *Debaromyces hansenii*. Será enviado al Biochemical Engineering Journal.

REFERENCIAS

- Aguilar, R., Ramirez, J. A., Garrote, G., & Vázquez, M. (2002). Kinetic study of the acid hydrolysis of sugar cane bagasse. *Journal of Food Engineering*, 55(4), 309-318.
- Amador, K. R., Carrillo, Ó. R., Aguilar, P. A., & Baudrit, J. V. (2012). Obtención de xilosa a partir de desechos lignocelulósicos de la producción y proceso industrial de la piña (ananascomusus). *Uniciencia*, (26), 75-89.
- Aliksson B., Cavka A., Jönsson L.J. Improving the fermentability of enzymatic hydrolysates of lignocellulose through chemical in-situ detoxification with reducing agents. *Bioresource Technology Journal*, 102 (2011), pp. 1254–1263
- Barba Pacheco, C. (2002). Síntesis de carboximetilcelulosa (cmc) a partir de pastas de plantas anuales. Tesis doctoral. Universidad Rovira i Virgili. Disponible en:http://www.urv.cat/man/repositori/dades/tdx/es_TDX_285.html
- Barrera Guillen A.M., 2002. estudio de la producción de xilitol por deviaricoices hansenii a partir de hidrolizado de paja de sorgo. Tesis de Maestria, Unidad Academica Multidisciplinaria Reynosa Aztlan.
- Becerra, J. M., Quintero, D., Martínez, M., & Matiz, A. (2011). Caracterización de microorganismos solubilizadores de fosfato aislados de suelos destinados al cultivo de uchuva (*physalis peruviana* l.). *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 5(2), 195-208.
- Bravo, G., Aguirre, N., & Bahamonde, H. (2012). Xilitol y prevención de otitis media aguda. *Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello*, 72(1), 97-102.
- Branco, R. F., Santos, J. C., Murakami, L. Y., Mussatto, S. I., Dragone, G., & Silva, S. S. (2006). Influencia de la aireación y concentración de sistema inmobilizado en la producción de xilitol a partir de bagazo de caña de azúcar en biorreactor de columna de burbuja. In *Memorias del XIII Congreso Interamericano de Ingeniería Química, Argentina*. Pag (Vol. 2).
- Bustos Vázquez, Z. G., Gómez Aldapa, C. A., Tellez Luis, S. J., Jonguitd Pratt, L. E., Trejo Ramírez, P. M., Martínez, O., & Rosas, 2010, C. Caracterización del almidón de dos variedades de sorgo del estado de Tamaulipas. *Memorias del XII Congreso Nacional De Ciencia Y Tecnologia De Alimentos*.
- Barbosa, M. F., de Medeiros, M. B., de Mancilha, I. M., Schneider, H., & Lee, H. (1988). Screening of yeasts for production of xylitol fromd-xylose and some factors which affect xylitol yield in *Candida guilliermondii*. *Journal of In-*

- dustrial Microbiology, 3(4), 241-251.
- Canilha, L., e Silva, J. B. D. A., & Solenzal, A. I. N. (2004). Eucalyptus hydrolysate detoxification with activated charcoal adsorption or ion-exchange resins for xylitol production. *Process biochemistry*, 39(12), 1909-1912.
- Capone, D., Tarantino, G., Kadilli, I., Polichetti, G., Basile, V., Federico, S., & Sabbatini, M. (2011). Evaluation of mycophenolic acid systemic exposure by limited sampling strategy in kidney transplant recipients receiving enteric-coated mycophenolate sodium (ec-mps) and cyclosporine. *Nephrology dialysis transplantation*, 26(9), 3019-3025.
- Carvalho, F., Duarte, L. C., Lopes, S., Parajó, J. C., Pereira, H., & Girio, F. M. (2005). Evaluation of the detoxification of brewery's spent grain hydrolysate for xylitol production by *Debaryomyces hansenii* CCMI 941. *Process Biochemistry*, 40(3), 1215-1223.
- Castro, B. A. (2008). Utilidad del uso de hidrolizados de sorgo, melaza de caña de azúcar y destilado de maíz en la producción de transglutaminasa microbiana utilizando (*streptovercillium ladakanum*). Tesis. México
- Cavka, A., & Jönsson, L. J. (2013). Detoxification of lignocellulosic hydrolysates using sodium borohydride. *Bioresource technology*, 136, 368-376.
- Chao, H. F., Yen, Y. F., & Ku, M. S. (2009). Characterization of a salt-induced dhahp, a gene coding for alkyl hydroperoxide reductase, from the extremely halophilic yeast *debaryomyces hansenii*. *BioMed Central Microbiology*, 9(1), 182.
- Córdova, I. A. V., Pérez, M. D. S. Y., & Villadiego, O. S. R. (2007). Producción de xilitol a partir de levaduras nativas colombianas*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 6(2), 31-36.
- Cortínez Villalobos V. A. (2010) comparación de pretratamientos en residuos forestales para la producción de bioetanol de segunda generación: hidrólisis ácida y líquidos iónicos. Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias de la ingeniería para optar al título de ingeniero civil químico, universidad de chile, Santiago de Chile, enero, 2010
- Coyote Ortiz E., 2000, estudio comparativo de híbridos experimentales de sorgo para grano (*sorghum bicolor* l. Moench) en tres ambientes, TESIS Para Obtener El Título De Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México, Mayo, 2000
- Cuervo, L., Folch, J. L., & Quiroz, R. E. (2009). Lignocelulosa como fuente de azú-

cares para la producción de etanol. *Bio Tecnología*, 13(3), 11-25.

- Diz, J., Cruz, J. M., Domínguez, H., & Parajó, J. C. (2002). Xylitol production from Eucalyptus wood hydrolysates in low-cost fermentation media. *Food Technology and Biotechnology*, 40(3), 191-198.
- Domínguez Carrasco E. M. (2013) “Efecto de algunos componentes del medio de fermentación sobre la actividad de xilosa reductasa obtenida de una levadura productora de xilitol” Tesis Para Obtener El Grado De INGENIERO En Alimentos, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, Diciembre, 2013
- Enríquez Gómez F. D Y Torres Payán N. J., 2010, universidad nacional agraria, facultad de agronomía departamento de producción vegetal, comportamiento agronómico de 10 líneas precoces de sorgo sorghum bicolor (L.) Moench), Centro Experimental Del Valle De Sébaco (CEVAS-INTA), Primera 2010 Disponible En: [Http://Cenida.Una.Edu.Ni/Tesis/Tnf01e59.Pdf](http://Cenida.Una.Edu.Ni/Tesis/Tnf01e59.Pdf)
- Fan LT, Gharpuray MM & Lee YH (1987) in: Cellulose hydrolysis biotechnology monographs. Editor (ed). Springer, Berlin, P. 57.
- Felipe, M. G. A., Vitolo, M., Mancilha, I. M., & Silva, S. S. (1997). Environmental parameters affecting xylitol production from sugar cane bagasse hemicellulosic hydrolyzate by *Candida guilliermondii*. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 18(4), 251-254.
- FENALCE. (Mayo De 2010). El cultivo del sorgo, historia e importancia. Ficha técnica. Recuperado De : [Http://Www.Fenalce.Org/Arch_Public/Sorgo93.Pdf](http://Www.Fenalce.Org/Arch_Public/Sorgo93.Pdf)
- Fennema, O. R. & Damodaran, S., Parkin, K. L., (2010). Química de alimentos de Fennema. Artmed.
- García, J. F., Sánchez, S., Bravo, V., & Cuevas, M. (2010b). Autohidrólisis y post-hidrólisis ácida del residuo de poda de olivo. *Afinidad*, 67(548).
- García, N. M., Alanis, H. W., Cavazos, G. A., Chávez, S. M., Velarde, O. P., Gallegos, T. M., ... & Quintero, V. P. (2010). Rb paloma: variedad de sorgo [sorghum bicolor (L.) Moench] de grano blanco para riego y buen temporal.
- García, N. M., Gracia, M. Á. G., Tovar, H. C., Quintero, V. P., & López, J. L. A. (2012), Sorgo [sorghum bicolor (L.) Moench] blanco: alternativa para la alimentación humana.
- Goldstein, I. S. (1981). Organic chemicals from biomass. *Organic chemicals from biomass*.

- Gómez Flores A. D., (2012) Comparación del rendimiento de madera de eucalipto y olote de maíz, como biomasa residual rica en hemicelulosa, para la obtención de xilitol por medio de fermentación con levadura del tipo *Saccharomyces Cerevisiae*, Tesis Para Obtener El Grado De Ingeniero Químico, Universidad De San Carlos De Guatemala, Guatemala.
- González, J. C., Álvarez, M., & Ornelas Ldec, Z. M. (2011). Producción y aplicaciones biotecnológicas del xilitol. *Bio Tecnología*, 15(2).
- González-Hernández, J. C., & Peña, A. (2002). Estrategias de adaptación de microorganismos halófilos y *debaryomyces hansenii* (levadura halófila). *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 44(3), 137-156.
- Gori, K., Sørensen, L. M., Petersen, M. A., Jespersen, L., & Arneborg, N. (2012). *Debaryomyces hansenii* strains differ in their production of flavor compounds in a cheese-surface model. *Microbiologyopen*, 1(2), 161-168.
- Guadix, A., Guadix, E. M., Páez-Dueñas, M. P., González-Tello, P., & Camacho, F. (2000). Procesos tecnológicos y métodos de control en la hidrólisis de proteínas. *Ars Pharmaceutica*, 41(1), 79-89.
- Herazo, I. C., Ruiz, D., & Arrazola, G. S. (2009). Bioconversión de xilosa a xilitol por *candida guilliermondii* empleando cascarilla de arroz (*oriza sativa*). *Temas Agrarios*, 14(2).
- Huang, C. F., Jiang, Y. F., Guo, G. L., & Hwang, W. S. (2011). Development of a yeast strain for xylitol production without hydrolysate detoxification as part of the integration of co-product generation within the lignocellulosic ethanol process. *Bioresource Technology*, 102(3), 3322-3329.
- INFOAGRO. (Consultada En Enero Del 2015). Monografía: el cultivo del sorgo. Obtenido De [Http://Www.infoagro.com/Herbaceos/Forrajes/Sorgo2.Htm](http://Www.infoagro.com/Herbaceos/Forrajes/Sorgo2.Htm)
- Inifap, 2012, reporte anual 2012 ciencia y tecnología para la seguridad alimentaria y la prosperidad del campo mexicano, disponible En: www.inifap.gob.mx
- Instituto Nacional De Estadística Y Geografía, 2007, El sorgo en Tamaulipas : Censo agropecuario 2007.-- México : INEGI, 2013. Disponible En: www.inegi.org
- Klemm, D., Philipp, B., Heinze, T., Heinze, U., & Wagenknecht, W. (1998). *Comprehensive cellulose chemistry: v. 2: functionalization of cellulose: functionalization of cellulose*. Editorial Wiley VCH.
- Leff, E. 2010. *Imaginario sociales y sustentabilidad*. Cultura y Representaciones

- Machado, F. M. (2010). Digestibilidad enzimática do bagaço de cana-de-açúcar tratado quimio-mecanicamente. Dissertação de mestrado, Escola De Engenharia De Lorena, Universidade De São Paulo, Lorena.
- Martínez Corona R., Cortés Penagos C., Chávez Parga M. Del C., González-Hernández J. C. (2012). Análisis comparativo de la producción de xilitol por fermentación con levaduras no convencionales. Memorias en XVIII Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica.
- Martínez, E. A., Villarreal, M. L. M., Almeida e Silva, J. B., Solenzal, A. I. N., Canilha, L., & Mussatto, S. I. (2002). Uso de diferentes materias primas para la producción biotecnológica de xilitol use of different raw materials for biotechnological xylitol production uso de diferentes materias primas para á producción biotecnológica de xilitol. *CYTA-Journal of Food*, 3(5), 295-301.
- Mcmurry, J. (2004). Química orgánica. International. 7ª Edición. Thomson Editores.
- Monografía del sorgo grano, (2011) Disponible En: [Http://Www.Financierarural.Gob.Mx/Informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monografias-orgo%28jun11%29.Pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/documents/monografias/monografias-orgo%28jun11%29.pdf)
- Montes G. N., Pecina Q. V., Moreno G. T., Vargas V. E. Y Espinosa R. M. (2012)., sorgo blanco: alternativa para la elaboracion de tortilla Disponible En: [Www.Inifapirne.Gob.Mx/Biblioteca/Publicaciones/933.Pdf](http://www.inifapirne.gob.mx/biblioteca/publicaciones/933.pdf)
- Montes-García, Noé, Williams-Alanís, Héctor, Moreno-Gallegos, Tomas, Cisneros-López, Ma. Eugenia, & Pecina-Quintero, Víctor. (2012). 'Rb-paloma', variedad de sorgo blanco para producción de grano y forraje. *Revista Fito-tenia Mexicana*, 35(2), 185-187.
- Mussato, S.I. Roberto I.C. (2001). Hydrolysate detoxification with activated charcoal for xylitol production by *Candida guilliermondii*. *Biotechnology Letters*, 23(20), 1681-1684.
- Mussatto, S. I., & Roberto, I. C. (2004). Alternatives for detoxification of diluted-acid lignocellulosic hydrolyzates for use in fermentative processes: a review. *Bioresource technology*, 93(1), 1-10.
- Nebel, B. J., & Wright, R. T. (1999). *Ciencias ambientales: ecología y desarrollo sostenible*. Editorial. Pearson educación.
- Oliva, J. M., Negro, M. J., Saez, F., Ballesteros, I., Manzanares, P., Gonzalez, A., & Ballesteros, M. (2006). Effects of acetic acid, furfural and catechol com-

- binations on ethanol fermentation of *Kluyveromyces marxianus*. *Process biochemistry*, 41(5), 1223-1228.
- Paul, C. (1990). *Agronomía del sorgo. Origen, diseminación y clasificación del sorgo. Programa de mejoramiento del sorgo icrisat para america latina. El salvador. Disponible en www.centa.gob.sv*
- Pereira, R. S., Mussatto, S. I., & Roberto, I. C. (2011). Inhibitory action of toxic compounds present in lignocellulosic hydrolysates on xylose to xylitol bioconversion by *Candida guilliermondii*. *Journal of industrial microbiology & biotechnology*, 38(1), 71-78.
- Pérez, A., Saucedo, O., Iglesias, J., Wencomo, H. B., Reyes, F., Oquendo, G., & Milián, I. (2010). Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*sorghum bicolor* L. Moench). *Pastos Y Forrajes*, 33(1), 1-1.
- Ping, Y., Ling, H. Z., Song, G., & Ge, J. P. (2013). Xylitol production from non-detoxified corncob hemicellulose acid hydrolysate by *Candida tropicalis*. *Biochemical Engineering Journal*, 75, 86-91.
- Prakash, G., Varma, A. J., Prabhune, A., Shouche, Y., & Rao, M. (2011). Microbial production of xylitol from D-xylose and sugarcane bagasse hemicellulose using newly isolated thermotolerant yeast *Debaryomyces hansenii*. *Biore-source technology*, 102(3), 3304-3308.
- Rangel-León, E. "Xylitol production from a wild strain of sugar cane bagasse in presence of inhibitors". (2007). En *Aprovechamiento biotecnológico de productos agropecuarios*. Ed. Téllez Luis Simón Josías, Guadalupe Bustos Vázquez Ma. and Gonzalo Velazquez de la cruz. México. Editorial Plaza y Valdez
- Rao, R. S., Prakasham, R. S., Prasad, K. K., Rajesham, S. S. P. N., Sarma, P. N., & Rao, L. V. (2004). Xylitol production by *Candida* sp.: parameter optimization using Taguchi approach. *Process Biochemistry*, 39(8), 951-956.
- Riaño, A. S., Morales, A. G., Hernández, J. M., & Barrero, C. R. (2010). Producción de bioetanol a partir de subproductos agroindustriales lignocelulósicos. *Tumbaga*, 1(5), 61-91.
- Rivas, B., Dominguez, J. M., Dominguez, H., & Parajó, J. C. (2002). Bioconversion of posthydrolysed autohydrolysis liquors: an alternative for xylitol production from corn cobs. *Enzyme and Microbial Technology*, 31(4), 431-438,
- Román, D. D. L., Guerrero, D. B., & Luna, P. P. G. (2012). *Dietoterapia, nutrición clínica y metabolismo*. Ediciones Díaz De Santos.

- Sacramento-Rivero, J. C. (2012). A methodology for evaluating the sustainability of biorefineries: framework and indicators. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 6(1), 32-44.
- Salvador Badui Dergal . (2013). *Química de los alimentos*. México: PEARSON Educación. P 58 - 84
- Sánchez, O. J. & Alzate, C. A. C., (2005). Producción biotecnológica de alcohol carburante i: obtención a partir de diferentes materias primas. *Interciencia: Revista De Ciencia Y Tecnología De América*, 30(11), 671-678.
- Sánchez, O. J., & Cardona, C. A. (2007). Producción de alcohol carburante: una alternativa para el desarrollo agroindustrial. *Manizales (Colombia): Universidad Nacional De Colombia*.
- Santos, J. C., Converti, A., de Carvalho, W., Mussatto, S. I., & da Silva, S. S. (2005). Influence of aeration rate and carrier concentration on xylitol production from sugarcane bagasse hydrolyzate in immobilized-cell fluidized bed reactor. *Process Biochemistry*, 40(1), 113-118.
- Sepúlveda-Huerta, E., Tellez-Luis, S. J., Bocanegra-García, V., Ramírez, J. A., & Vázquez, M. (2006). Production of detoxified sorghum straw hydrolysates for fermentative purposes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(15), 2579-2586.
- Sun Y & Cheng J (2002) hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. *Bioresource Technology Journal*.
- Toribio Cuaya Héctor (2011) experimentación, modelado matemático y estimación de parámetros de la fermentación de mezclas de azúcares mediante un co-cultivo de *pichia stipitis* y *saccharomyces cerevisiae* para la obtención de bioetanol, Tesis De Maestría, Universidad Iberoamericana, México Distrito Federal.
- Tellez-Luis, S. J., Ramirez, J. A., & Vázquez, M. (2002). Mathematical modelling of hemicellulosic sugar production from sorghum straw. *Journal of Food Engineering*, 52(3), 285-291.
- Téllez-Luis, S. J., González-Cabriales, J. J., Ramírez, J. A., & Vázquez, M. (2004). Production of transglutaminase by *Streptovorticillium ladakanum* NRRL-3191 grown on media made from hydrolysates of sorghum straw. *Food Technology and Biotechnology*, 42(1), 1-4.
- Valdez S. E. (2006). Hidratos De Carbono. En Badui S. *Química de los alimentos*. Cuarta Edición. Editorial Pearson. Mexico, Pp. 29 - 109

- Vázquez, C., De Cos, A. I., & Nomdedeu, C. L. (Eds.). (1998). Alimentación y nutrición: manual teórico-práctico. Díaz De Santos.
- Velesaca, C., & Melissa, I. (2015). Obtención de xilosa a partir del zuro de maíz mediante hidrólisis ácida. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guayaquil.
- Victorino Jasso M. C., 2013, evaluación de la adición de sorgo rojo y sorgo blanco en la elaboración de tortillas de maíz, Tesis Para Obtener El Grado De Ingeniero En Ciencia Y Tecnología De Alimentos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México, Octubre 2013
- Villarreal, M. L. M., Prata, A. M. R., Felipe, M. G. A., & Silva, J. A. E. (2006). Detoxification procedures of eucalyptus hemicellulose hydrolysate for xylitol production by *Candida guilliermondii*. *Enzyme and microbial technology*, 40(1), 17-24.
- Villalba Cadavid, M., Vélez Uribe, T., Arias Zabala, M., & Arrázola Paternina, G. Producción de xilitol a partir de cascarilla de arroz utilizando *Candida guilliermondii*. *Revista Facultad Nacional De Agronomía Medellín*; Vol. 62, Núm. 1 (2009).
- Walther, T., Hensirisak, P., & Agblevor, F. A. (2001). The influence of aeration and hemicellulosic sugars on xylitol production by *Candida tropicalis*. *Bioresource Technology*, 76(3), 213-220.
- Wang, L., Yang, M., Fan, X., Zhu, X., Xu, T., & Yuan, Q. (2011). An environmentally friendly and efficient method for xylitol bioconversion with high-temperature-steaming corncob hydrolysate by adapted *Candida tropicalis*. *Process Biochemistry*, 46(8), 1619-1626.
- Zamora M. S. Y Melin A. A., 2007, Sorgo en el sur, Instituto Nacional De Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina, 2007, Disponible En: [Http://Inta.Gob.Ar/Documentos/Sorgo-En-El-Sur/At_Multi_Download/File/7.%20sorgo_En_El_Sur.Pdf](http://Inta.Gob.Ar/Documentos/Sorgo-En-El-Sur/At_Multi_Download/File/7.%20sorgo_En_El_Sur.Pdf)
- Zhang, J., Zhang, B., Wang, D., Gao, X., & Hong, J. (2014). Xylitol production at high temperature by engineered *Kluyveromyces marxianus*. *Bioresource technology*, 152, 192-201.

María Teresa Sánchez Medrano



Estudió la carrera de Ingeniero Civil, la maestría en Construcción y el doctorado en Arquitectura en la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Es profesora de Tiempo completo, categoría D en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo desde octubre de 2014, desempeñándose en materias de la Academia de Estructuras Aplicadas, así como en la maestría de Arquitectura de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Recibió beneficio del PRODEP en la categoría de apoyo a nuevos PTC en 2015.

Es miembro del Cuerpo Académico en consolidación UAT-CA-75 “Diseño y Edificación y Diseño sustentable”. Recibió el premio universitario 2013 a la Investigación de Excelencia “Gral. y Lic. Bernardo López García” otorgado por la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

Ha dirigido y colaborado en proyectos financiados por CONACYT-FOMIX, UAT y PRODEP. Actualmente dirige 2 tesis de maestría, 2 tesis de doctorado y 3 tesis de licenciatura. Realiza trabajo de tutorías en la Licenciatura de la carrera de Arquitectura. Publicación en coautoría de 4 capítulos de libro, artículos arbitrados e indexados.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

Ingeniería y tecnología; edificación sustentable; y materiales alternativos.

Evaluación del comportamiento del bambú de la especie *Guadua velutina* para uso en vivienda en la zona conurbada del sur de Tamaulipas

María Teresa Sánchez Medrano

RESUMEN

El bambú ha demostrado ser un material natural alternativo con propiedades excelentes para ser considerado como elemento estructural viable dentro de la construcción sustentable que actualmente se demanda dadas las condiciones de emergencia climática que se viven. Sin embargo, pese a sus bondades, son muchas las variables que deben atenderse en la caracterización de este material, tales como la especie de estudio, edad del culmo, localización geográfica, tratamiento o preservación, temporada de corte, cuidado silvícola, y además su anisotropía.

El propósito de este trabajo es avanzar en la caracterización mecánica de las diferentes guaduas que crecen endémicamente en la zona huasteca particularmente en las colindancias de Veracruz y San Luis Potosí con Tamaulipas, zonas de crecimiento endémico de esta bondadosa gramínea.

Este proyecto financiado por el Programa para el Desarrollo Profesional docente (PRODEP) sobre la caracterización mecánica de la especie *Bambusoideae Guadua velutina* de crecimiento endémico en México, obtenida para su estudio del ejido Vega Rica del municipio del Higo, Veracruz, logró resultados satisfactorios al compararse con el baremo, La metodología empleada atendió los protocolos de ensaye las Normas ISO 22157-1 e ISO 22157-2 para determinación de propiedades mecánicas y físicas respectivamente, así como investigaciones similares que se enuncian en el cuerpo del documento. Como principales resultados se obtuvieron de 306 probetas, esfuerzos últimos promedio para las pruebas de compresión paralela a la fibra de 275.27kg/cm², 350.46kg/cm² y 414.23kg/cm², para cortante paralelo a la fibra 186 probetas con 38.16 kg/cm² 64.74 kg/cm² y 65.71 kg/cm² en cepas basas y sobrebasas respectivamente y para la prueba de tensión paralela a la fibra se registraron esfuerzos de hasta 5434 kg/cm² sin embargo, esta prueba resultó de difícil desarrollo. Se obtuvieron valores para pruebas de flexión en vigas de bambucreto para tres series de vigas: control, exposición de humedad constante

y humedad y secado alternados para 28 ciclos de 24 horas por ciclo. Se lograron valores de resistencia residual del bambú dentro de la matriz cementicia, que permiten inferir un comportamiento adecuado para utilizarse en elementos de la vivienda trabajando a flexión.

La determinación de estos resultados permite que puedan ser utilizados en estudios más profundos, que reflejen el potencial del bambú que hasta hoy ha sido desaprovechado en nuestro país.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento físico, mecánico, ambiental y de durabilidad de la *Guadua velutina*, considerando su uso en zonas húmedas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar las propiedades físico-mecánicas de la *Guadua velutina*:

- Absorción del bambú con diferentes tipos de tratamiento.
- Compresión paralela a la fibra.
- Cortante paralela a la fibra.
- Tensión paralela a la fibra.
- Flexión en vigas de 15 x 20 x 60 cm con diferentes grados de exposición a degradación por humedad y temperatura.
- Medición de Resistencia del concreto y resistencia residual del bambú en vigas de 15 x 20 x 60 cm.

IMPACTO CIENTÍFICO

Se dieron a conocer resultados a la comunidad científica a través de:

Congresos

- 1er Foro internacional de investigación. Vulnerabilidad y hábitat. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Ponencia: “Determinación del cortante paralelo a la fibra del bambú: especie *Guadua velutina*” (26 a 29 de abril de 2016)
- Congreso ASINEA95. Ponencia: “Uso del Bambucreto en sistemas de piso y techo”
- Universidad de Ixtlahuaca CUI. Ixtlahuaca de Rayón, México. (4 a 6 de mayo de 2016)
- Tercer congreso internacional y nacional de construcción sostenible y soluciones eco-eficientes. Sevilla, España 27 a 29 de marzo 2017 Ponencia aceptada: “Estudio del bambú en sistemas de piso y cubiertas: perspectivas de uso en México. N° referencia: CICSE17R26”.

Artículos

- Indexado. “El bambú como elemento estructural: la especie *Guadua amplexifolia*” Revista Nova Scientia ISSN 2007 0705: No. 17 Vol 8(2) 2016 pp: 657-677.
- Indexado. Thermal conductivity of bamboo (*Guadua velutina*) in earthen construction of sustainable structures. Revista: International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR) ISSN: 2321-0869 (O) 2454-4698. Volume-5, Issue-3, July 2016.

Co-autor

Se encuentra en proceso un artículo derivado de los estudios realizados en la estancia corta en el Instituto de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Nuevo León, donde la información se encuentra en el análisis de los resultados.

IMPACTO ACADÉMICO

Formación de recursos humanos

Se obtuvo el apoyo de PRODEP para: Jovana Acevedo Cruz, alumna recién egresada de la carrera de Arquitecto de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU) de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Quien participó en el proyecto de investigación y desarrolló la Tesis de Licenciatura “Análisis de ciclo de vida de losa de bambuceto y losa aligerada de concreto”. (Oct-2015-jun-2016). Obtención de título de Licenciado en Arquitectura en octubre de 2016.

Prácticas profesionales desarrolladas en la etapa experimental del proyecto, de la alumna Mayra Alejandra Ávalos Pérez.

TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO

En la carrera de Arquitecto de la FADU, se ha logrado interesar a los alumnos en la importancia del uso de materiales alternativos en los proyectos de vivienda.

Los resultados de esta investigación formarán parte de la bibliografía básica complementaria para la materia: “Resistencia de Materiales” del cuarto período de la carrera de Arquitectura.

Contactamos con el Colegio Mexicano de Ingenieros y Arquitectos, A.C, emplazado en Tampico, Tamaulipas, presidido por el ingeniero Rafael Benavides Osorio, para la presentación de resultados del proyecto, interesándose en la investigación realizada, particularmente, porque uno de sus agremiados se encuentra

realizando estudios de doctorado con el tema en común de las propiedades mecánicas del bambú analizado.

La conjunción de esfuerzos y conocimientos promete obtener un producto adicional que forme parte de una vivienda experimental que pueda ser llevada a comunidades donde los habitantes no tienen fácil acceso a materiales industrializados, pero que puede aprovechar las arcillas y el bambú, (materiales locales) de manera óptima a través de la transferencia de esta tecnología.

INTRODUCCIÓN

Este capítulo se realizó como resultado de la investigación financiada por el Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) a la incorporación de Profesores de tiempo completo, con el propósito de incentivar la producción científica y académica del profesorado

Desde la perspectiva de la construcción, el grave problema que representa el cambio climático, lleva no solamente a evaluar el impacto ambiental de los materiales convencionales tales como bloques de concreto, concretos, aceros de refuerzo, entre otros, en la búsqueda de mejorar sus procesos de extracción y producción para minimizar costos energéticos; también debe considerarse la opción de proponer y emplear materiales alternativos que sustituyan o complementen los procesos constructivos que actualmente se utilizan y evaluar el comportamiento de éstos.

Antecedentes del bambú

Todas las referencias que se tienen del bambú siempre son satisfactorias en cuanto a la sustentabilidad; no hay otro material de construcción que se identifique mejor con los ideales de ambientalismo y desarrollo sustentable que mueven a las nuevas generaciones (Vélez, 2001). A partir de este material puede obtenerse alimento, ropa, material para construcción, celulosa para papel, medicinas y combustible.

El bambú existe en todos los continentes exceptuando Europa. Se tienen registrados un total de 90 géneros y 1 200 especies de bambúes que se distribuyen desde los 51° de latitud Norte hasta los 47 ° latitud Sur y desde el nivel del mar hasta los 4 300 metros de altura, con su máxima altura reportada en los Andes ecuatorianos en la formación conocida como “Páramo”.

En América, existe casi la mitad de la diversidad mundial, reportándose un total de 41 géneros y 514 especies, que se distribuyen desde el sudeste de los Estados Unidos de América hasta Centro, y América del Sur, y las islas Caribe (Imagen 1). Con datos aproximados, de los países americanos, Brasil tiene la mayor diversidad, 220 especies; le sigue Colombia, 100 especies; Venezuela, 85 especies; Ecuador, 55 especies; Costa Rica, 47 especies y México con 45 especies (Teleche, 2006). De es-

tas especies se tienen reconocidas 15 especies de bambúes en el estado de Veracruz, lo que representa el 33% del total de las especies mexicanas. Aun cuando no todas las especies son aptas para su uso en construcción, la diversidad existente predice la potencialidad de México en este rubro.



Figura 1. Localización geográfica de zonas de crecimiento del bambú. Revista National Geographic. Adaptación propia

En la imagen 2 puede observarse la morfología del bambú, planta gramínea (Poaceae), existiendo tanto herbáceos como leñosos, los cuales desarrollan varios culmos (cañas o tallos) al año, con alturas que van desde uno hasta 60 m de altura y diámetros de hasta 30 cm cerca de la base. Para los estudios que se realizaron se prepararon probetas de tres zonas: Cepa, Basa y Sobrebasa que son las de mayor aprovechamiento para construcción.

Estudios de Roach (1996), demuestran que el procesamiento del bambú requiere sólo 1/8 de la energía requerida para el procesamiento del concreto y solo un 1/3 del de la madera para crear un material de construcción de la misma capacidad. En comparación con el acero, el bambú necesita sólo 1/50 de la energía para su transformación.

Jansen (1981), determina que la cantidad de energía requerida para producir bambú comparado con la que se requiere para otros materiales tradicionales utilizados en la construcción de edificaciones e incluso con la madera, es de 2 hasta más de 50 veces menor, como puede apreciarse en la Tabla 1.

Estructura básica del bambú

El culmo (tallo) de bambú es un cilindro que a cada cierta distancia en forma perpendicular presenta diafragmas que coinciden con los nudos. De acuerdo a la composición de sus fibras, presenta una mayor resistencia longitudinalmente, y menor transversalmente.

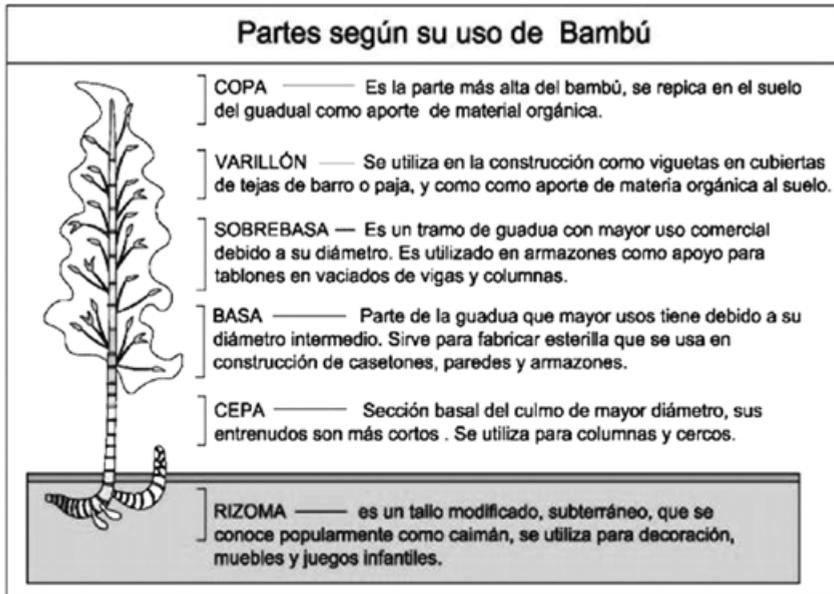


Figura 2. Morfología de un tallo de bambú. Fuente UTP Colombia. Adaptación propia.

Material de construcción	Energía de producción (Mj/kg)	Densidad (Kg/m ³)	Energía de producción (Mj/m ³)	Esfuerzo de tensión (Kn/cm ²)	Relacion entre energía y esfuerzo de tensión
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(4)/(5)
ACERO	30.0	7 800	23 4000	1.600	150 000
CONCRETO	0.8	2 400	1 920	0.080	24 000
MADERA	1.0	600	600	0.075	8 000
BAMBÚ	0.5	600	300	0.100	3 000

Tabla 1. Comparación entre Contribución de energía y capacidad. Fuente: (Jansen, 1981).

La estructura del bambú se compone por fibras largas de celulosa, alineadas e inmersas en una matriz de lignina. En un acercamiento de un corte de la sección transversal y longitudinal de un tallo de bambú (Imagen 3 y 4 y 5), se muestra que la distribución de las fibras es variable a lo largo de su grosor, lo que hace que el material deba ser clasificado de acuerdo a la distribución del estado de esfuerzos en su ambiente natural.

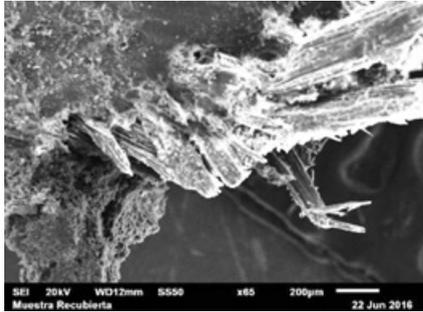


Figura 3. Micrografía de la *Guadua velutina*. Corte transversal.
Fuente: Instituto de Ingeniería Civil, UANL

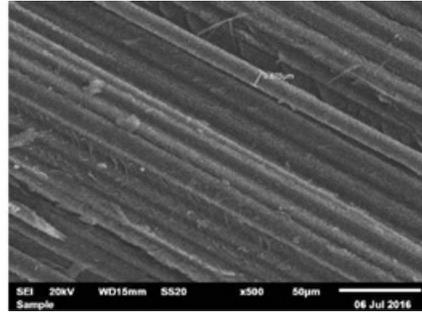


Figura 4. Micrografía de la *Guadua velutina*. Corte longitudinal. Fuente: Instituto de Ingeniería Civil, UANL

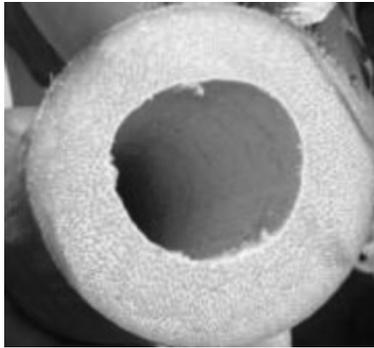


Figura 5. Distribución No- Uniforme Vista natural. Fuente: Autor

Antecedentes del Bambucreto

Utilizar bambú en sus diferentes especies para reforzar elementos de concreto, se remonta a 1918. Fueron los chinos los primeros en desarrollar investigaciones en este campo: Entre las primeras construcciones se encuentra la construcción de un cuarto frío para la International Export Co., donde emplearon varillas o tabletas cuadradas de bambú de 6 mm de espesor como refuerzo en muros de concreto de 5 cm de espesor; también la construcción de pilotes de fricción de concreto reforzado con bambú, para cimentar algunos puentes. Durante la Segunda Guerra Mundial, fue empleado en construcciones militares por las fuerzas armadas de Japón y los Estados Unidos en construcciones militares diversas. Este último país intentó construir una estructura abovedada en concreto reforzado con bambú, durante la guerra de Vietnam, con resultados poco alentadores (González, 2005).

Desde entonces se han desarrollado un buen número de estudios acerca del bambú, trabajando en colaboración con el concreto. En la Tabla 2 se presenta un

resumen de trabajos importantes consultados para el establecimiento de la metodología empleada en este estudio.

De entonces a la fecha se han desarrollado otras investigaciones, entre ellas en la Tabla 2 se describen estudios sobre Guaduas atendidos para el seguimiento de metodologías de prueba así como revisión de resultados y conclusiones que sirvieron para el enriquecimiento de este trabajo; incluye estudios de propiedades mecánicas y de durabilidad para el bambú así como investigaciones sobre el concreto reforzado con bambú (bambucreto).

Estudio	Autor	Especie	Pruebas
Resistencia a la compresión paralela a la fibra de la <i>Guadua angustifolia</i> y determinación del módulo de elasticidad	Caori Patricia Takeuchi Tam César Emilio González (Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia) (2007)	Guadua angustifolia	Resistencia a la compresión paralela a la fibra Módulo de elasticidad

Estudio	Autor	Especie	Pruebas
Estudio de las propiedades mecánicas de haces de fibra de <i>Guadua angustifolia</i>	Luis Édgar Moreno Montoya Lina Rocío Osorio Serna Efraín Eduardo Trujillo de los Ríos (Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Departamento de Ingeniería Industrial) (2006)	Guadua angustifolia	Tensión paralela a la fibra en fibras interiores, medias y exteriores Módulo de elasticidad

Propiedades físico-mecánicas de una guadua mexicana (<i>Guadua aculeata</i>)	Idalia Zaragoza Hernández Víctor Rubén Ordóñez Candelaria Guadalupe Martha Bárcenas Pazos Amparo Máxima Borja de la Rosa Francisco José Zamudio-Sánchez (División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Edo. de México, México) (2015)	Guadua Aculeata	Resistencia a la tensión paralela a la fibra Densidad básica Contenido de humedad Propiedades mecánicas de flexión; cortante, compresión y tensión paralelas a la fibra.
--	---	-----------------	---

Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del bambú (<i>Bambusa vulgaris</i>), de tres años de edad y proveniente de las plantaciones ubicadas en la ribera de la margen derecha del río Chama, municipio Francisco Javier Pulgar, estado Zulia, Venezuela	Styles W. Valero Elio Reyes Wilver Contreras (Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela) (2005)	Bambusa vulgaris	Densidad Peso específico Contenido de humedad Contracción radial y tangencial Contracción longitudinal Contracción volumétrica Flexión estática
Propiedades físicas y mecánicas de tres especies de guaduas mexicanas (<i>Guadua aculeata</i> , <i>Guadua amplexifolia</i> y <i>Guadua velutina</i>)	Víctor Rubén Ordóñez-Candelaria Guadalupe Martha Bárcenas-Pazos (Instituto de Ecología, A.C. Red de Ambiente y Sustentabilidad), Veracruz, México 2014	Guadua velutina Guadua amplexifolia Guadua aculeata	Contenido de humedad Densidad relativa básica Flexión estática Compresión paralela a la fibra Cortante paralelo a la fibra
Determinación de la contracción y densidad en la <i>Guadua angustifolia kunth</i> . Medellín	Trabajo de grado (Ingeniero Agrícola). Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 1993. 60 P	Guadua angustifolia (Kunth)	Contracción al secado Densidad
Mechanical properties and extended creep behavior of bamboo fiber Reinforced recycled poly(lactic acid) composites using the time-Temperature superposition principle	Teng-Chun Yang, Tung-Lin Wu Ke-Chang Hung Yong-Long Chen Jyh-Horng Wu	Fibras	Propiedades mecánicas

Estudio	Autor	Especie	Pruebas
Comparison of the structure and flexural properties of Moso, Guadua and Tre Gai bamboo	P.G. Dixon ,P. Ahvenainen, A.N. Aijazi, S.H. Chen, S. Lin, P.K. Augusciak, M. Borrega,K. Svedström, L.J. Gibson Department of Materials Science and Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 77 Massachusetts Ave, Cambridge, MA 02139, USA	Moso Guadua Tre Gai	Composición química Pruebas de flexión (MOE Y MOR)
Effects of humidity on shear behavior of bamboo	Sina Askarinejad, Peter Kotowski, Faezeh Shalchy, Nima Rahbar. USA. (2015)	Phyllostachys	Torsión en difentes condiciones de humedad
Análisis del ciclo de vida aplicado a la fase de extracción de guadua, en el eje cafetero colombiano	Andrea Hernández Londoño Jorge Augusto Montoya Arango Juan Carlos Camargo García ³	Guadua angustifolia Kunth	ACV etapa de extracción
Investigaciones sobre <i>Guadua angustifolia kunth</i> realizadas en colombia. (1950-2000)	Anacilia Arbelaez Arce Solmery Rodríguez Andres Hurtado Medellín, Colombia (2001)	Guadua angustifolia Kunth	Propiedades mecánicas, físicas (Tecnología de los materiales)
“Determinación experimental de la durabilidad de tableros derivados de bambú (<i>Guadua angustifolia Kunth</i>), mediante pruebas de envejecimiento aceleradas”	Cristy Nataly Lozada Aspiazu Tesis de grado ingeniero químico Guayaquil-Ecuador (2012)	Guadua angustifolia Kunth	Durabilidad mediante envejecimiento acelerado
Diseño de modelos de vigas de concreto reforzado con tallos de Guadua (bambucreto) <i>Guadua angustifolia Kunth</i>	Luis O. González Salcedo. COLOMBIA (2005)	<i>Guadua angustifolia Kunth</i>	Resistencia a flexión de vigas

Modelo teórico para el diseño de losas de concreto	Carlos Andrés Teleche Luis O. González Salcedo. (2006)	Propiedades de Guadua Angustifolia	Diseño de losas
Estudio del comportamiento a flexión del bambú utilizándolo como refuerzo del concreto en sistemas de piso y cubiertas	María Teresa Sánchez Medrano Universidad Autónoma de Tamaulipas. México (2013)	Guadua amplexifolia	Propiedades físicas y mecánicas al bambú Prueba de flexión en vigas Prueba de carga en modelo de losa aligerada
Evaluación del desempeño de vigas de concreto armadas con bambú	Estudios de Leena Khare. U.S.A. (2005).	Sólido, Moso, y Tonkin	Ensayes de flexión
Modelo teórico para el diseño de losas de concreto realizado	Carlos Andrés Teleche Luis O. González Salcedo Colombia (2006)	Guadua angustifolia	Pruebas de flexión en Isoas de bambuceto
Comportamiento ante carga última de vigas de concreto ligero bambu-reforzadas.	Khosrow Ghavami Departamento de Ing. Civil. Puc-Río. Rio De Janeiro, Brasil	vigas	Pruebas de flexión en vigas

Tabla 2. Recopilación de estudios para atención de metodología de la investigación. Elaboración del autor

CONTRIBUCIÓN A LA GENERACIÓN DEL CONOCIMIENTO

Para la metodología de los diferentes ensayos se consultaron diversas fuentes, mismas que a continuación se describen y que fueron consideradas en el desarrollo de las pruebas.

Para la toma de muestras:

ISO/TC165-N314; ISO/TC165-N315; Pantoja (2005)

Para las propiedades físicas:

ISO/TC165-N314; ISO/TC165-N315; Pantoja (2005); Castrillón (2004); González (2006); NMX-C-443-ONNCCE-2006

Para los ensayos de laboratorio:

ISO/TC165-N314; ISO/TC165-N315; Arce (1993); Janssen (1981)

Para propiedades mecánicas:

ISO/TC165-N314; ISO/TC165-N315; Arce (1993); Janssen (1981); NMX-C-443-ONNCE-2006; NMX-C-446-ONNCE-2006; Castrillón (2004); González (2006); NMX-C-443-ONNCE-2006.

Para el caso del bambú

En la Tabla 3 se detallan las propiedades de 5 de las 7 pruebas que se estudiaron en función de los objetivos específicos planteados, las normas específicas en que se basa la experimentación y el equipo utilizado para realizar la misma.

Prueba (Física o mecánica)	Elemento analizado	Unidad	Norma utilizada	Equipo utilizado	Variable que se mide
Compresión paralela a la fibra	<i>Guadua velutina</i>	Kg/cm ²	INBAR, Investigaciones Previas	Máquina Universal	Esfuerzo de falla a compresión
Tensión paralela a la fibra	<i>Guadua velutina</i>	Kg/cm ²	INBAR, Investigaciones Previas	Máquina Universal	Esfuerzo de falla a tensión
Cortante paralelo a la fibra	<i>Guadua velutina</i>	Kg/cm ²	INBAR, Investigaciones Previas	Máquina Universal	Esfuerzo de falla a cortante
Contenido de humedad	<i>Guadua velutina</i>	%	INBAR ASTM C 566	Balanza, Horno	% Contenido de humedad
Prueba de Absorción	<i>Guadua velutina</i>	%	INBAR NMX-C-404-ONNCE-2005	Balanza, Horno	% de absorción de humedad

Tabla 3. Pruebas al bambú. Elaboración propia

Para el caso del bambucreto

Se trabajó con 3 series de 3 vigas bambú reforzadas (bambucreto), con un valor promedio de 3.6% de bambú dispuesto en 6 tablillas colocadas en la zona de tensión, considerando las vigas como simplemente apoyadas. Se aplicó una carga en el centro de la probeta y se le colocaron dos LVDT (Transformador Diferencial Varia-

¹ Red Internacional del Bambú y el Ratán

² American Society of Testing Materials

ble Lineal) para medir desplazamientos al centro de la viga. Se emplearon moldes metálicos de 15 x 20 x 60 cm.

A continuación se agrega tabla 4, con información relativa a las pruebas que se realizaron a las vigas de bambucreto.

Para las series se consideraron:

6 tablillas de bambú de 55 cm de longitud por 1.905 cm de ancho promedio y 7 mm de espesor, lo que da una cuantía de bambú de 3.6%.

Se dispusieron en 2 lechos en la zona inferior de la viga, separados aproximadamente 1 pulgada entre sí.

La serie-1 es la denominada testigo o de control, la Serie-2 se sometió a 28 ciclos de humedad de 24 horas cada uno dentro de una cámara de curado con temperatura constante; la Serie-3 fue sometida a 28 ciclos de 24 horas de saturación en agua y 28 ciclos de secado a la intemperie, también de 24 horas cada uno. De esta forma se observa el comportamiento para diferentes grados de exposición a la humedad como una forma de representación del material trabajando en un ambiente real.

Mezcla	Elaboración	Periodo de curado 28 días	Datos de espécimen	Prueba
Serie 1	17/05/2016	14/06/2016	Tablilla a humedad constante	Consistencia
	3 vigas	3- Vigas; 3 -Cilindros	Refuerzo cuantía de bambu 6	% Aire, masa unitaria
	3 cilindros	Curado a 28 días	Consumo cemento 250 kg/m ³	Revenimiento
		6 tablillas humedad constante (en cámara de curado)		Resistencia residual
	CPO	CPO	CPO	Deflexión
	martes, 17 de mayo de 2016	martes, 14 de junio de 2016 (programa)	a/c=0.65	Resistencia Compresión

Serie 2	18/05/2016	15/06/2016	Tablilla a humedad constante	Consistencia
	3 vigas	3- Vigas; 3 -Cilindros	Refuerzo cuantía de bambu 6 tabillas	% Aire, masa unitaria
	3 cilindros	Curado a 28 días	Consumo Cemento 250 kg/m ³	revenimiento
	CPO	CPO	CPO	Resistencia residual
	miércoles, 18 de mayo de 2016	miércoles, 15 de junio de 2016 (programa)	a/c=0.65	Deflexión
Serie 3	19/05/2016	16/06/2016	Tablilla a humedad constante	Consistencia
	3 vigas	3- Vigas; 3 -Cilindros	Refuerzo cuantía de bambú 6 tabillas	% Aire, masa unitaria
	3 cilindros	Curado a 28 días	Consumo Cemento 250 kg/m ³	revenimiento
	CPO	CPO	CPO	Resistencia residual
	jueves, 19 de mayo de 2016	jueves, 16 de junio de 2016 (programa)	a/c=0.65	Deflexión

Tabla 4. Descripción de pruebas a vigas de bambuceto y características de las series a ensayar. Elaboración Rodríguez J. A., Sánchez M.T. y Juárez, C.A. en estancia corta U. de N.L.

Resultados obtenidos

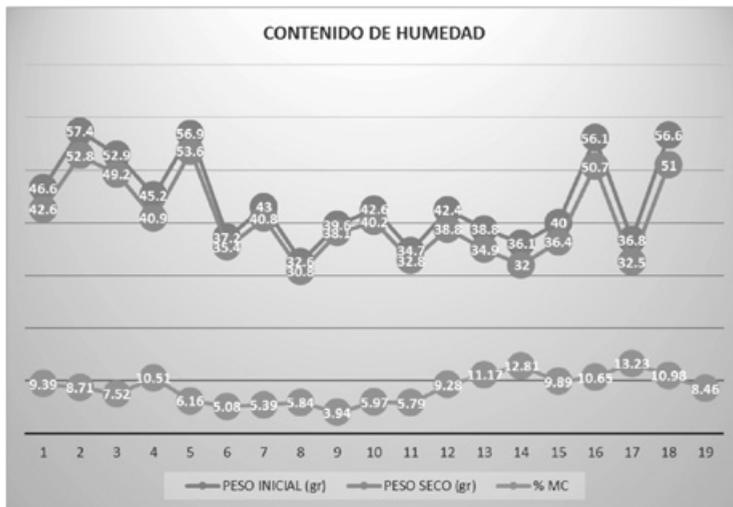
Los resultados de las propiedades mecánicas y físicas de la *Guadua velutina* y los resultados de la experimentación con los elementos compuestos de Bambuceto, pueden observarse en los siguientes resúmenes y gráficos de dichos análisis, donde los instrumentos en extenso se encuentran contenidos en el informe técnico presentado al PRODEP.

Para las pruebas al bambú

a) Contenido de humedad

Se calculó el contenido de humedad con las tablillas empleadas para la prueba de absorción, obteniéndose los siguientes resultados (Gráfica 1).

El valor promedio para esta prueba fue de 8.46%.



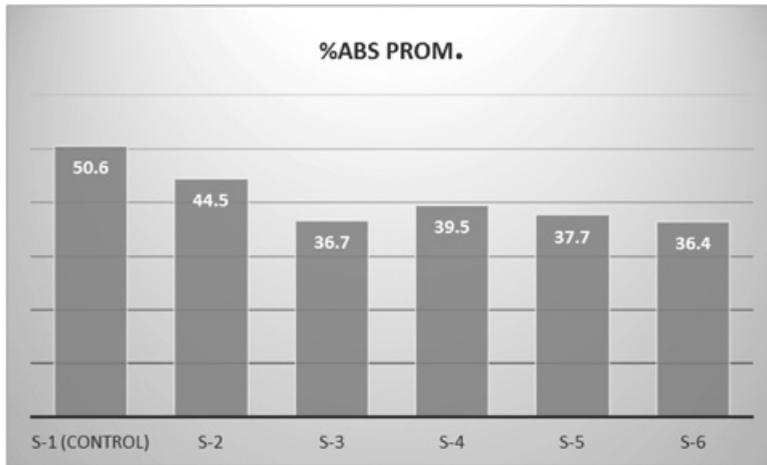
Gráfica 1. Contenido de humedad para bambú *Guadua velutina* de Ejido Vega Rica, en el municipio El Higo, Ver.

b) Absorción con impregnación de diferentes impermeabilizantes comerciales

Se realizaron 6 series de 3 probetas cada una obteniéndose los resultados que se muestran en la Gráfica 2. De acuerdo a la serie éstos fueron los impermeabilizantes que se utilizaron:

Serie	Protección
S-1 (TESTIGO)	Sin aplicación de impermeabilizante
S-2	Impac tapa goteras
S-3	Sika acril techo
S-4	Thermotek impermeabilizante acrilico y aislante térmico
S-5	Impac sellador acrilico
S-6	Protector transparente para madera

Observándose que en todos casos la absorción es considerable y con la mejor respuesta para el protector transparente para madera con 36.4%, representando un 28.1% sobre S-1, seguido del Sika acril techo con 36.7% de absorción, es decir, un 27% sobre la serie sin protección.

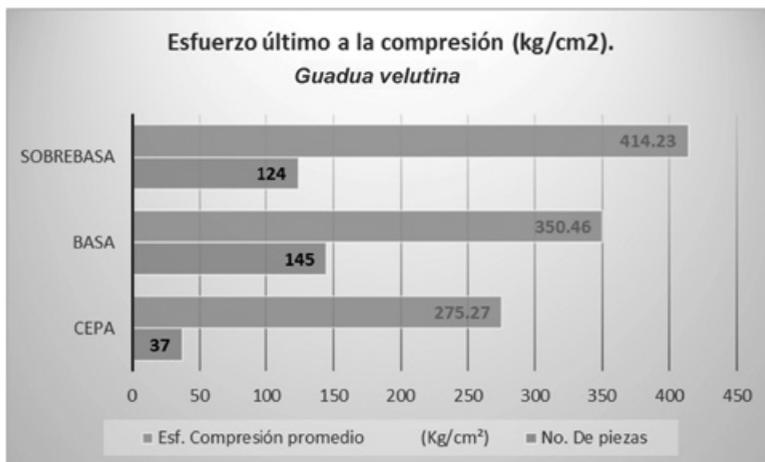


Gráfica 2. Valores promedio de absorción para diferentes tipos de impermeabilizantes utilizados. Elaboración propia

Puede observarse que para la serie testigo (S-1) se obtuvo una absorción extrema del 50.6%, lo que implicaría problemas dentro de una mezcla de concreto.

c) *Compresión paralela a la fibra*

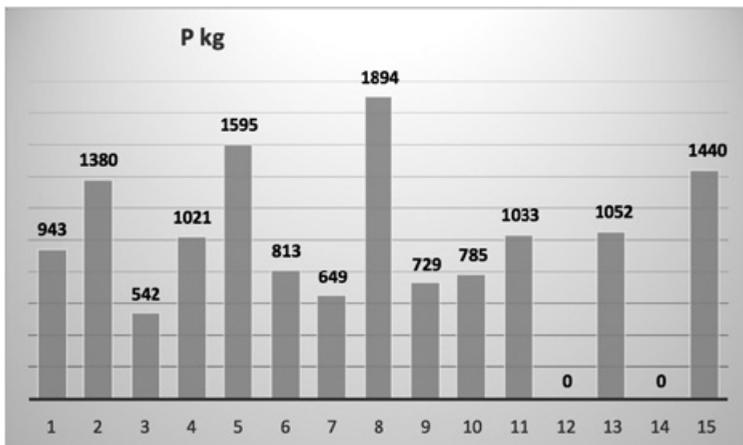
Para el estudio de compresión paralelo a la fibra, la zona con mayor resistencia, es la sobrebasa con 414.23 kg/cm², seguida de la basa con 350.36 kg/cm², la zona que menor resistencia presenta es la cepa, zona con entrenudos mas cercanos y que alcanzó un promedio de 275.27 kg/cm². Se presentan los valores promedio de esfuerzos últimos de falla con su respectivo número de probetas ensayadas en gráfica 3.



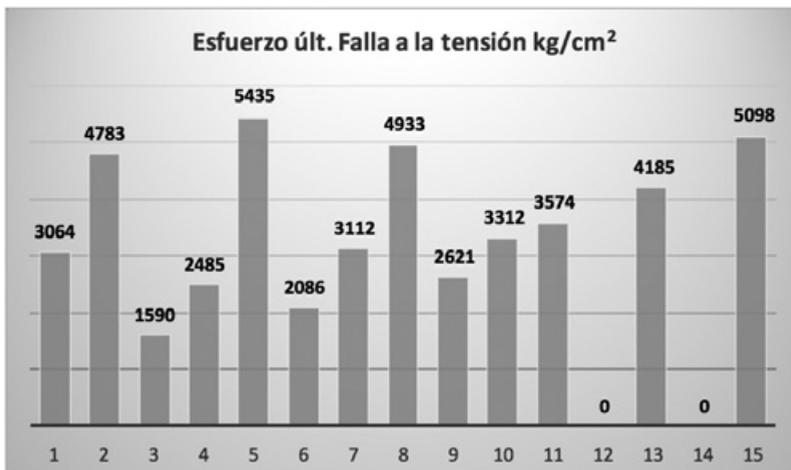
Gráfica 3. Valores de esfuerzos últimos de falla a la compresión promedio para la *Guadua velutina*. Elaboración propia

d) Tensión paralela a la fibra

Para la prueba de tensión, se manejaron las dimensiones de probeta como una propuesta. Ésta sin duda resultó una prueba difícil y la condición óptima debía ser que la falla se diese en un nudo central, caso que ocurrió en una única probeta, la Núm. 9, que registró una carga máxima de falla de 1595 kg y un esfuerzo último de tensión de 5434.95 kg/cm². Para los demás casos, la falla se presentó en el primer tercio medido desde la mordaza y siempre donde existió un nudo, zona más frágil del culmo. En las gráficas 4 y 5 se presenta el registro de todos los resultados para las probetas ensayadas.



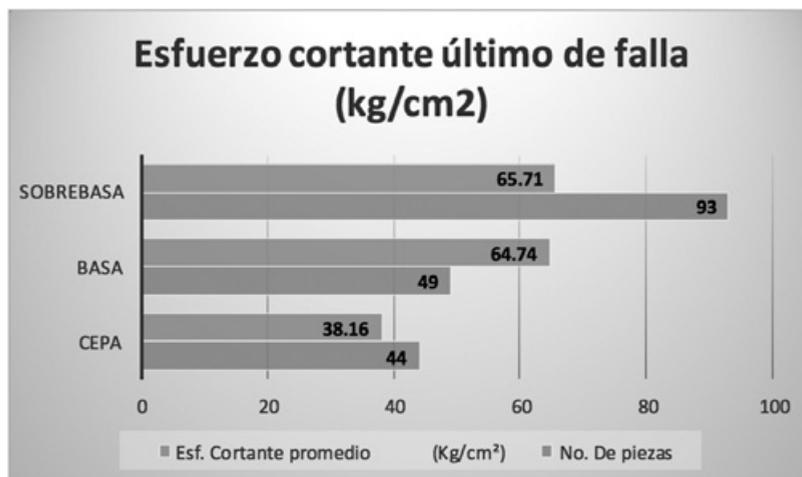
Gráfica 4. Carga última de tensión en probetas de *Guadua velutina*. Elaboración propia



Gráfica 5. Esfuerzo último de falla a tensión paralela a la fibra para 19 probetas de *Guadua velutina*. Elaboración propia

e) Cortante paralelo a la fibra

Para el cortante paralelo a la fibra se obtuvieron los resultados descritos en la gráfica 6, donde al igual que en la prueba de compresión, los esfuerzos se dan desde sobrebasa, basa y cepa en orden descendente, con 65.71, 64.74 y 38.16 kg/cm² respectivamente.



Gráfica 6. Esfuerzo último de falla al cortante paralelo a la fibra de la *Guadua velutina*. Elaboración propia

f) Comparación de resultados obtenidos con Baremo

En las Tablas 5 y 6 pueden observarse la comparación de los resultados de este estudio con los de (Ordoñez C.V y Bárcenas P.G, 2014), que se señalara como baremo de estas pruebas.

Estudio	Este estudio (2016)		Ordoñez (2014)	
Especie	<i>Guadua velutina</i> (El Higo, Veracruz)		<i>Guadua velutina</i> (H. Tabasco)	
Zona del Culmo	No. de piezas	Esf. Compresión promedio (Kg/cm ²)	No. de piezas	Esf. Compresión promedio (Kg/cm ²)
Cepa	37	275.27	3	304.72
Basa	145	350.46	7	362.96
Sobrebasa	124	414.23	2	484.64

Tabla 5. Resultados de la prueba de Compresión paralela a la fibra de *Guaduas velutinas* de distinta zona geográfica. Elaboración propia, con datos de (Ordoñez C.V y Bárcenas P.G, 2014)

Los valores se presentan con mucha similitud entre los dos estudios aunque este estudio presenta mayor número de probetas ensayadas lo que seguramente se refleja en los resultados.

Estudio		Este estudio (2016)		Ordoñez (2014)	
Especie		<i>Guadua velutina</i> (El Higo, Veracruz)		<i>Guadua velutina</i> (H. Tabasco)	
Zona del Culmo	No. de piezas	Esf. Cortante paralelo (Kg/cm ²)	No. de piezas	Esf. Cortante paralelo (Kg/cm ²)	
Cepa	44	38.16	3	46.8	
Basa	49	64.74	5	70.72	
Sobrebasa	93	65.71	0	-	

Tabla 6. Comparación de resultados de la prueba de Cortante paralela a la fibra de Guaduas velutinas de distinta zona geográfica. Elaboración propia, con datos de (Ordoñez C.V y Bárcenas P.G, 2014)

g) Cálculo de resistencia a la flexión en vigas de bambucroto para diferentes condiciones de exposición a humedad y temperatura del bambú).

Se presentan los resultados de cada viga de acuerdo las series ensayadas.

Para la Serie-1: Se obtuvieron los resultados promedio (Tabla 7), que muestran la capacidad de respuesta del bambú, similar a la del concreto después de que éste ha fallado, y con un desplazamiento mínimo medido al centro de la probeta de ensaye.

SERIE-1 BAMBÚ expuesto a 28 ciclos de 24 hr curado en cámara de curado. 1126 registros carga-desplazamiento						
Resistencia concreto			Resistencia bambu			
LVDT (mm)	LOAD (N)	LOAD (kg)	LVDT (mm)	LOAD (N)	LOAD (kg)	
0.810499	32144.8525	3277.86	1.184996	32652.9152	3329.6707	
2.659905	34115.1444	3478.78	5.62596	33594.6899	3425.705	
4.022158	30019.6634	3061.15	5.718602	32597.1522	3323.9845	
Valor prom.	2.50	32093.22	3272.60	4.17651933	32948.2524	3359.78673

Tabla 7. Valores promedio registrado para la Serie-1 Elaboración Rodríguez J. A., Sánchez M.T. y Juárez, C.A. en estancia corta U. de N.L.

Para la Serie-2 bambú en estado seco: Se obtuvieron resultados superiores a Serie-1, superando en este caso la resistencia residual del bambú sobre el concreto en 40.3%. En Tabla 8 se observan valores promedio para alrededor de 700 registros promedio de carga-desplazamiento.

SERIE-2 BAMBU SECO (700 registros de carga-desplazamiento)						
Resistencia concreto			Resistencia bambu			
LVDT (mm)	LOAD (N)	LOAD (kg)	LVDT (mm)	LOAD (N)	LOAD (kg)	
1.054171	34771.9083	3545.73	4.465731	54047.3111	5511.26384	
1.653301	45013.7087	4590.10	4.653759	68489.9225	6983.99283	
1.351426	31011.0052	3162.23	2.042704	32956.5136	3360.61199	
Pro-medio	1.35	36932.21	3766.02	3.72073133	51831.2491	5285.28955

Tabla 8 Valores promedio registrados para la Serie-2. Elaboración Rodríguez J. A., Sánchez M.T. y Juárez, C.A. en estancia corta U. de N.L.

Para la Serie-3: Se obtuvieron resultados menores que la Serie-2 y Serie-1. La resistencia residual del bambú sobre el concreto se superó en 23.7%. En Tabla 9 se observan valores promedio para alrededor de 558 registros promedio de carga-desplazamiento

SERIE-3 BAMBU CON 28 CICLOS DE HUMEDAD Y SECADO AL AIRE (558 registros de carga-desplazamiento)						
Resistencia concreto			Resistencia bambu			
LVDT (mm)	LOAD (N)	LOAD (kg)	LVDT (mm)	LOAD (N)	LOAD (kg)	
0.0993	28922.9915	2949.31	0.1278	33136.1943	3378.9342	
0.0996	28160.8975	2871.60	5.0378	36073.0445	3678.4081	
0.3186	31221.6654	3183.71	0.8497	40038.4118	4082.7610	
Pro-medio	0.1725	29435.18	3001.54	2.0051	36415.8835	3713.3678

Tabla 9 Valores promedio registrados para la Serie-3. Elaboración Rodríguez J. A., Sánchez M.T. y Juárez, C.A. en estancia corta U. de N.L.

Evidencias fotográficas de la experimentación

El proyecto en imágenes

1) *Obtención de la Guadua*



a) Obtención de la *Guadua velutina* y disposición para secado “sazonado” natural del bambú

2) *Marcado de culmos y corte de probetas*



b) Medición y marcado de los culmos



c) Corte para probetas para pruebas de compresión, cortante y de tablillas para tensión y prueba de absorción



d) Corte de probetas para pruebas de compresión y cortante y medición para registro de diámetros

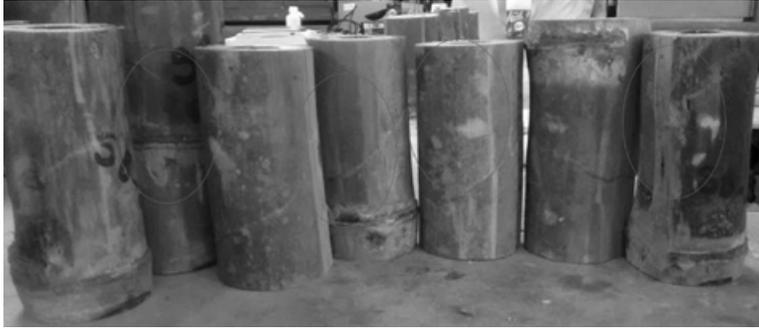


e) Pesado de probetas para cálculo de Contenido de humedad

3) Prueba de compresión paralela a la fibra



f) Prueba de compresión paralela a la fibra



g) Falla en probetas para la prueba de compresión paralela a la compresión. El 85% de las fallas fueron por tensión diagonal, falla característica para estos especímenes. El porcentaje restante fueron fallas por aplastamiento.

4) Prueba de cortante paralelo a la fibra



h) Prueba de cortante en Máquina Universal

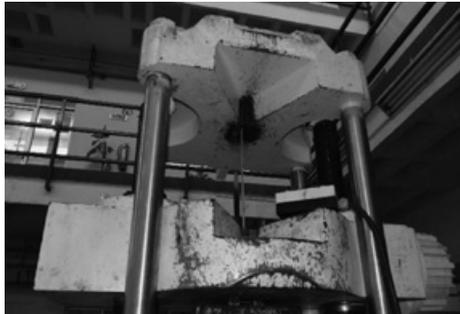


i) Falla por cortante longitudinal a la fibra, para este ensayo se registró el espesor de 4 zonas ortogonales y 4 longitudes en cada probeta.

5) Prueba de tensión paralela a la fibra



j) Área y equipo de trabajo



k) Ensayo de probeta en máquina universal



l) Falla por tensión paralela a la fibra en el tercio medio de la probeta

6) Prueba de absorción



m) Secado de probetas en horno



n) Aplicación de diversos impermeabilizantes en probetas



o) Ensayo de absorción en probetas de bambú



p) Peso de probetas posterior al ensayo de absorción

7) Prueba de permeabilidad



q) Preparación de probeta para inyección de preservante



r) Paso de líquido de solución preservante en probeta de bambú

8) Prueba de conductividad térmica

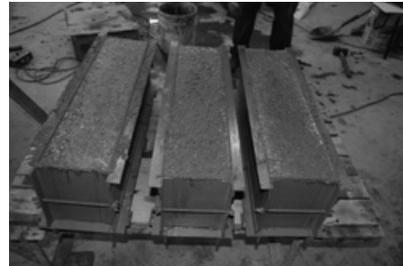


s) Preparación de probeta para el ensayo de propiedades térmicas del bambú



t) Probeta de bambú protegida con poliestireno y sobrecama de arena. Medición de tempratura en diferentes puntos.

9) Prueba de flexion en vigas



u) Elaboración de mezcla y colado de vigas



v) Ensayo de vigas utilizando L.V.D.T. para registro de desplazamientos

CONCLUSIONES

Dentro de las pruebas físicas realizadas, sin duda la absorción es una de las propiedades que requiere atención tanto si se emplea solo el bambú y más aún si se le utiliza en colaboración con cualquier tipo de concreto. La utilización de impermeabilizantes naturales, quedó fuera de este estudio, pero es muy importante establecer el contraste, sobre todo por el acceso que se pudiera tener en zonas rurales a impermeabilizantes comerciales además de la inclusión de un elemento industrializado que necesariamente incrementa el impacto ambiental.

El problema en la experimentación con este material natural, independientemente de todas las variables que se han mencionado a lo largo de este capítulo, como la edad del corte, zona geográfica de crecimiento y altitud entre otras, es sin duda, la falta de cuidado silvícola para el bambú, lo que llevó a la eliminación de un sinnúmero de probetas por causa del ataque de insectos, lo que las descarta como parte de las pruebas., pero sobre todo impide que el material pueda ser aprovechado eficientemente en la construcción.

Para el caso de las pruebas de compresión y cortante paralelos a la fibra, el contar con un estudio de referencia, permite afirmar que los valores registrados para los ensayos son válidos, dadas las similitudes en los resultados.

Puede decirse que para la prueba de tensión paralela a la fibra se requiere todavía de mayor control en los protocolos de ensaye que permitan pruebas satisfactorias, para este estudio no se tuvo baremo pero al comparar resultados con otros estudios aunque no mexicanos y de otra especie de la familia de las Guaduas, conservan una similitud en los resultados.

Esta información de las propiedades mecánicas, debe permitir el aprovechamiento de este recurso natural, que sigue manteniéndose como líder en el rubro de la sustentabilidad.

Los resultados pueden ser utilizados para el cálculo de modelos analíticos y/o experimentales de columnas, vigas o losas, solas o en colaboración con otros materiales.

Se contó con un estudio previo de la autora que sirvió como fuente principal para delimitar esta investigación, sin embargo, algunos aspectos no pudieron lograrse en ese tiempo debido a las limitantes de infraestructura.

Para este caso, se contó sobre todo para los elementos de bambucreto con el equipo y coordinación suficientes para poder evaluar mas ampliamente el comportamiento del concreto y la respuesta residual del bambú dentro de la matriz cementicia.

A lo largo de este trabajo se tuvo la oportunidad de experimentar con una solución como preservante de los culmos, sumergiendo un grupo de probetas en ella y

cubiertas por suelo en su totalidad durante tres meses, sin embargo, no fue posible obtener resultados favorables, pues en las probetas de bambú apareció un hongo y no se detuvo la degradación; para este estudio se sigue probando con diferentes soluciones, estando pendiente la obtención de resultados, por ser necesario este cuidado para que se lleve a las plantaciones de bambú, y poder obtener culmos de mejor calidad.

Hasta hoy, el uso del bambú sigue siendo desperdiciado, y requiere de mayor apoyo para su estudio, sobre todo en prototipos o modelos de vivienda donde pueda evaluarse la respuesta como sistema y ya no como elementos aislados.

La formación de recursos humanos, y la divulgación de los resultados son un importante logro en esta investigación.

RECOMENDACIONES

- Se requiere de trabajo multidisciplinario para poder aprovechar las especialidades entre instituciones o cuerpos académicos en pro del estudio de los materiales, para experimentar desde diferentes disciplinas y lograr resultados más profundos que permitan controlar diferentes variables que de pronto no son posibles estudiar por la limitación propia de los laboratorios de materiales, los recursos financieros y la disciplina desde donde se estudia el material.
- Se recomienda la vinculación con los sectores gubernamentales encargados de las políticas de vivienda para la concreción de los proyectos de investigación que redunden en la realización de prototipos o modelos de vivienda experimentales susceptibles de ser puestas en obra.

REFERENCIAS

- Arce Villalobos, O. (1993). *Fundamentals of the Design of Bamboo Structures*. Tesis doctoral. Eindhoven University of Technology, Netherlands.
- Cruz, M.C. (2012). *Ensayes Experimentales de Flexión y Cortante en culmos de bambú de la especie Guadua Angustifolia*. Universidad Autónoma Metropolitana-División de Ciencias Básicas e Ingeniería.
- International Standard ISO 22157. *Bamboo -Determination of physical and mechanical properties- Part 1: Requirements*. Reference number ISO 22157-1:2004(E) First edition 2004-06-01. Switzerland.
- Jansen Antonius Julius J. "Bamboo in building structures" Tesis doctoral. Eindhoven University of Technology, Netherlands (1981)

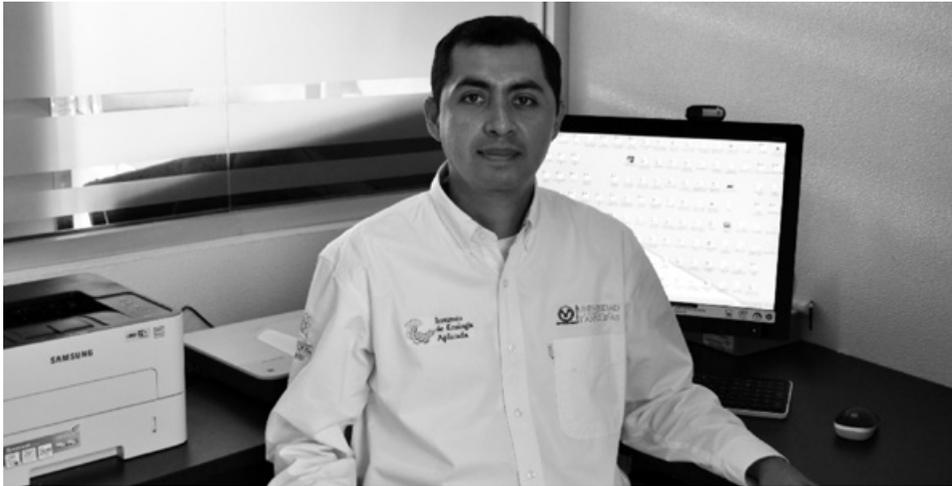
- Gallegos-Villela R.R. Sánchez-Medrano M.T. Avalos-Pérez, M.A. Izquierdo-Kulich, E. F. Suarez-Domínguez E.J. (2016). *International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR)*. ISSN: 2321-0869 (O) 2454-4698 (P), Volume-5, Issue-3, July 2016.
- Khare Leena. (2006). *Evaluación del desempeño de vigas de concreto armadas con bambú*. Tesis de grado Maestría. Universidad de Texas, Arlington. U.S.A.
- Moreno Montoya L., Osorio Serna, L., Trujillo De los Ríos, E. (2006). Estudio de las propiedades mecánicas de haces de fibra de Guadua angustifolia. *Revista INGENIERÍA & DESARROLLO*. Número 20. Julio-Diciembre, 2006. ISSN: 0122-3461.
- Norma Mexicana NMX-C-443-ONNCCE-2006 “Industria de la construcción - Madera - Contenido de humedad de la madera”. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la construcción y la edificación S.C.
- Ordóñez, Candelaria V., Bárcenas, Pazos. G. (2014). Propiedades físicas de tres especies de guaduas mexicanas. *Revista Madera y Bosques* vol. 20, núm. 2: 111-125. Verano 2014.
- Pantoja T, N.; Acuña Jiménez, D.F. (2005). Resistencia al corte paralelo a la fibra de la guadua angustifolia. Proyecto de grado (Ingeniero civil). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Depto. de Ing. Civil y Agrícola. Unidad de Estructuras. Bogotá D.C.
- Sánchez Medrano, M.T. (2013). Estudio del comportamiento a flexión del bambú utilizándolo como refuerzo del concreto en sistemas de piso y cubiertas. Tesis Doctorado. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Universidad Autónoma de Tamaulipas. México
- Suarez Domínguez E. J., Aranda Jiménez Y. G. “Modelo matemático para la descripción de la transferencia de calor para tierra vertida”, *Nova Scientia* ISSN 2007-0705. Tampico Tamaulipas, México, 2014.
- Takeuchi Tam., C., González, César E. (2007). Resistencia a la compresión paralela a la fibra de la Guadua angustifolia y determinación del módulo de elasticidad. *Ing. Univ. Bogotá (Colombia)*, 11 (1): 89-103, enero-junio de 2007.
- Technical Report- ISO/TR 22157-2. Bamboo -Determination of physical and mechanical properties- Part 2: Laboratory manual. Reference number ISO/TR 22157-2:2004(E). Switzerland.
- Valero Styles W.; Reyes Elio; Contreras Wilver. (2005). Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del bambú (*Bambusa vulgaris*), de tres años de edad y

proveniente de las plantaciones ubicadas en la ribera de la margen derecha del río Chama, municipio Francisco Javier Pulgar, estado Zulia, Venezuela. Págs. 87 – 107. Rev. For. Lat. N° 37/2005.

Velázquez Ciro, H.J. *et al.* (2005). Determinación de la resistencia mecánica a la tensión y cizalladura de la guadua angustifolia Kunth Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín. Vol.58, No.1.p.2709-2715.

Zaragoza Hernández I., Ordóñez Candelaria V. Barcenaz Pazos G., Borja-de la Rosa A., Zamudio-Sánchez F. (2015) Propiedades físico-mecánicas de una guadua mexicana (*Guadua aculeata*). Revista Maderas, Ciencia y tecnología 17(3): 505 - 516, 2015.

Jorge Ariel Torres Castillo



Estudió la carrera de Licenciado en Biología en el Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria y el doctorado en Ciencias en Biotecnología de Plantas en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I. P. N. Unidad Irapuato. Es Profesor de Tiempo Completo en el Instituto de Ecología Aplicada, ha sido distinguido con el Perfil deseable PRODEP y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1. Es miembro del Cuerpo Académico UAT-CA-85 “Ecología y Conservación de Ecosistemas evaluado como en formación por la Dirección de Superación Académica. En su trayectoria académica ha dirigido 3 proyectos de investigación con financiamiento externo por parte del CONACYT y SEP. Ha publicado 12 artículos científicos en revistas internacionales de alto impacto y dirigido 3 tesis de maestría y 2 tesis de doctorado.

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

Biotecnología de plantas e insectos.

Efectos de elicitores sobre *Moringa oleifera*, una especie introducida en México

Jorge Ariel Torres Castillo

RESUMEN

La interacción entre las plantas, fitopatógenos e insectos fitófagos se da gracias a una sincronización biológica que permite a dichos sistemas coexistir y funcionar como mutuas presiones selectivas, por lo que resulta interesante vislumbrar los factores involucrados en tales procesos. En el caso de las plantas que son atacadas, se han reportado cambios transcripcionales y reconfiguraciones en el metabolismo, incluyendo la activación de genes involucrados tanto en metabolismo primario como secundario. Esto conlleva al reforzamiento o inducción de los mecanismos defensivos propios de cada especie. Lo cual se realiza de manera coordinada a través de procesos de señalización que involucran la emisión y recepción de señales físicas o bioquímicas. En el caso de las señales bioquímicas se incluyen generalmente la expresión de genes asociados a la defensa y posteriormente a la acumulación de proteínas defensivas (como las lectinas, proteinasas, quitinasas e inhibidores de enzimas digestivas) y metabolitos secundarios con diversas actividades bioquímicas (polifenoles, monoterpenos, taninos, alcaloides). Existen una gran cantidad de especies de plantas que aún no han sido exploradas en sus respuestas a los ataques de herbívoros y fitopatógenos, ni tampoco se conocen sus respuestas a nivel bioquímico y molecular. Entre estas especies se puede mencionar a *Moringa oleifera*, una especie que en los últimos años se ha empezado a sembrar en extensiones a cielo abierto en México. Por lo que en este trabajo se realizó la exploración de las posibles interacciones con insectos recurrentes en el follaje y las respuestas ante la aspersión de ácido salicílico, una molécula considerada como señal defensiva frente a fitopatógenos, en espera de que dicha señal induzca la acumulación de compuestos fenólicos; así mismo, se evaluó el efecto con el ácido jasmónico en espera de que afectara la acumulación de inhibidores de tripsina. Las cuantificaciones de compuestos fenólicos se realizaron mediante el método propuesto por Padda y Picha (2008), el cual es una modificación de Swain y Hillis, (1959) usando el reactivo de Folin-Denis. Para la detección de inhibidores de tripsina se utilizó el método basado en la hidrólisis del sustrato cromogénico N-Benzoil-D,L-Arginina-p-nitroanilida de acuerdo a protocolos basados en Earlander y col., 1961 y Aguirrezabala-Cam-

pano y col., 2013. Dichos parámetros se evaluaron en plantas *M. oleifera* tratadas con soluciones de ácido salicílico y jasmónico. Se logró la detección de los componentes señalados anteriormente; no obstante, en la mayoría de los tratamientos no se distinguieron diferencias, a excepción de los extractos provenientes de plantas del tratamiento con 600 ppm de ácido salicílico, en donde se observó una disminución del contenido de compuestos fenólicos totales. En el caso de la herbivoría no se detectó ninguna alteración en la acumulación de fenólicos ni de inhibidores de tripsina. Con respecto a la interacción de *M. oleifera* con la entomofauna de la zona, se observó la incidencia de varios insectos y de ácaros, algunos de los cuales fueron primeros registros. *M. oleifera* no responde de la forma tradicional a la aspersión con ácido salicílico, ni tampoco respondió a las concentraciones de ácido jasmónico empleadas en el estudio.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar las respuestas bioquímicas de la *Moringa oleifera* a sustancias elicitoras como ácido jasmónico, ácido salicílico y herbivoría.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las familias y/o géneros de insectos polinizadores e insectos herbívoros asociados a esta especie introducida.
- Cuantificar los niveles de compuestos fenólicos e inhibidores de tripsina en hojas, tallos y raíces en estado basal y después de aplicar ácido jasmónico y ácido salicílico como inductores.
- Cuantificar los niveles de compuestos fenólicos e inhibidores de tripsina en hojas, tallos y raíces en estado basal y después de someter a interacción con insectos herbívoros.

IMPACTO CIENTÍFICO

Nota científica

José Irving Monjarás-Barrera, Manuel Lara-Villalón, María Cruz Juárez-Aragón and Jorge Ariel Torres-Castillo. 2015. New Report of *Tetranychus merganser* Boudreaux and *Oligonychus punicae* Hirst¹ on *Moringa oleifera* Lam. Southwestern Entomologist. Vol. 40 (4): 847-849.

Artículo científico

En revisión

Torres-Castillo J. A., Sinagawa-García S. R., Gámez-Huerta A. K., Sánchez-Tolentino A., Gutiérrez-Díez A. y A. Mora Olivo. 2015. Variación de compuestos fenólicos en *Moringa oleifera* en respuesta al ácido salicílico y a herbivoría. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. (En revisión)

INTRODUCCIÓN

La interacción entre las plantas y los insectos se ha desarrollado hasta niveles extremadamente complejos lo que ha desembocado en casos de coevolución, dicho fenómeno se puede apreciar en las interacciones que se dan entre agentes polinizadores y las plantas con flores o en el caso de los fitófagos y sus respectivas plantas hospederas (Mello y Silva-Filho, 2002). Las interacciones en esos sistemas se dan gracias a una sincronización biológica que permite a ambos sistemas coexistir y funcionar como mutuas presiones selectivas, por lo que resulta interesante vislumbrar los factores involucrados en tales procesos. En el caso de las plantas que reciben el ataque por los fitófagos se han reportado cambios transcripcionales y reconfiguraciones en el metabolismo de la misma, incluyendo la activación de genes involucrados tanto en metabolismo primario como secundario (Schwachtje y Baldwin, 2008). Esto conlleva al reforzamiento o inducción de los mecanismos de defensa propios de cada especie para que ejerzan su efecto ya sea como elementos de defensa directa (efectos sobre el insecto atacante) o mediante su inclusión en la defensa indirecta (a través de la interacción a diferentes niveles tróficos para afectar al atacante). Lo cual se realiza de manera coordinada a través de procesos de señalización que involucran la emisión y recepción de señales bioquímicas o físicas locales, a larga distancia en la misma planta o a través de una comunicación entre diferentes plantas (ya sea de la misma o diferente especie) como respuesta al daño mecánico y a moléculas secretadas por los insectos denominadas elicitores, mismas que son reconocidas por la planta y desencadenan las reacciones que conducen al establecimiento de una defensa local inicialmente y sistémica subsecuentemente. Es bien sabido que los primeros daños o señales de ataque conducen a una rápida inducción (quizás en periodos cortos de minutos o hasta horas) de varios procesos incluyendo la generación de señales específicas que se transducen para finalmente activar las defensas (León *et al.*, 2001). Existe mucha información que demuestra el papel central de la sistemina y los jasmonatos en la defensa contra insectos lo que los sitúa como parte de los elementos de señalización involucrados

en la mayoría de las plantas contra los insectos fitófagos, promoviendo la activación de diversos genes codificantes para proteínas especializadas en la defensa (toxinas, proteínas antidigestivas, inhibidores de enzimas digestivas o enzimas encargadas de la síntesis de metabolitos secundarios tóxicos o involucrados en la defensa indirecta), las cuales son diferenciales cuando se trata de insectos masticadores e insectos chupadores, vinculándose como las señales por excelencia al ácido jasmónico y al ácido salicílico respectivamente (Reymond y Farmer, 1998; Franceschi *et al.*, 2002; Thaler *et al.*, 2002; Zarate *et al.*, 2007). La información asociada con las respuestas defensivas hasta ahora conocidas se basan en estudios realizados para plantas modelos, generalmente pertenecientes a ciertas familias de importancia económica entre las que se pueden mencionar las solanáceas, poáceas y en el caso de *Arabidopsis thaliana*, las cuales generalmente se han confrontado con insectos, hormonas defensivas clásicas y diversos elicitores (Paré y Tumlinson, 1999; Stotz *et al.*, 2000; Orozco-Cárdenas, *et al.*, 2001; Hermsmeier *et al.*, 2001; Hu *et al.*, 2007). La acumulación de dichas señales bioquímicas conduce generalmente a la expresión de genes asociados a la defensa y posteriormente a la acumulación de proteínas defensivas (como las lectinas, proteinasas, quitinasas e inhibidores de enzimas digestivas) y metabolitos secundarios con diversas actividades bioquímicas (polifenoles, monoterpenos, taninos, alcaloides). Existen una gran cantidad de especies de plantas que aún no han sido exploradas en sus respuestas a los ataques de herbívoros y plagas, ni tampoco se conoce sus múltiples respuestas a nivel bioquímico y molecular. Entre estas especies se puede mencionar a la *Moringa oleifera*, una planta que en las últimas décadas se ha vislumbrado como una de las especies vegetales con numerosas aplicaciones en el área industrial y de la biotecnología (Foidl *et al.*, 2001), además de que se le asocian numerosos beneficios a la salud, ya que cuenta con la presencia de compuestos antioxidantes, inhibidores de tripsina, minerales y un alto contenido de proteínas, lo cual la coloca como una planta de valor nutritivo importante para los humanos (Anwar *et al.*, 2006; Magaña, 2012). Respecto a esta planta existen numerosos reportes que se vinculan con las múltiples propiedades y propósitos en beneficio de la humanidad (Mishra *et al.*, 2011), no obstante, poco se conoce en el aspecto fisiológico para esta planta (Torres-Castillo *et al.*, 2013) y por otra parte, existen pocos reportes en México en el aspecto ecológico, ya que al ser una especie introducida al país, es importante que se tengan registros de las interacciones ecológicas para el monitoreo del comportamiento de la especie y el pronóstico de problemas fitosanitarios asociados a la misma (Olson y Fahey, 2011). Ya que los efectos de las hormonas clásicas en la fisiología de la *M. oleifera* aún son prácticamente desconocidos, y se limitan a sus efectos en los procesos de diferenciación en cultivo de tejidos; la presente propuesta plantea determinar algunos efectos

del ácido jasmónico, del ácido salicílico sobre la acumulación de algunos elementos defensivos en plantas (inhibidores de tripsina y acumulación de compuestos fenólicos) de *M. oleifera*. Se ha escogido a dicha especie ya que es una especie que en los últimos años se ha empezado a sembrar en extensiones a cielo abierto y a que se tiene experiencia en el manejo de la especie (Torres-Castillo *et al.*, 2013). Con esta investigación se busca sentar las bases para el entendimiento de las respuestas de plantas de *M. oleifera* a hormonas defensivas clásicas, además de que también se extenderá la investigación para recolectar información sobre las posibles interacciones con insectos recurrentes en el follaje

CONTRIBUCIÓN A LA GENERACIÓN DEL CONOCIMIENTO

El cultivo de *M. oleifera* ha sido retomado en la zona centro de Tamaulipas por algunos productores e investigadores con la finalidad de apoyar a la ganadería local y para consumo humano, por lo que el entendimiento de cómo responde esta planta a las condiciones imperantes en la región así como el impacto de esta especie en el ecosistema resulta un aporte interesante que pudiera tener un impacto positivo en el manejo de este cultivo. Con respecto a los niveles de compuestos defensivos, en este proyecto se cuantificaron los niveles de inhibidores de tripsina y compuestos fenólicos en plantas tratadas con elicitores. Previamente, se detectó la presencia de inhibidores de tripsina en diferentes partes de las plantas de *M. oleifera*, y ya que este tipo de compuestos forma parte de los mecanismos de defensa que pueden ser inducidos por la presencia de algunos elicitores; no obstante, estos inhibidores no presentaron diferencias en presencia o ausencia de los elicitores. Probablemente, este tipo de proteínas podría variar bajo diferentes concentraciones de elicitores y probablemente un rango más amplio de tiempo para la colecta de muestras permitiría observar diferencias. Con respecto a los niveles de compuestos fenólicos en respuesta a ácido jasmónico no se encontraron diferencias estadísticas; no obstante, con respecto a las plantas tratadas con ácido salicílico se registró una diferencia que coincide con una disminución en compuestos fenólicos totales conforme aumentó la concentración de ácido salicílico. Algo muy interesante que hay que notar es que las respuestas a los elicitores dependerán de las concentraciones, los tiempos de colecta de las muestras a evaluar y las características fisiológicas y genéticas propias de cada especie.

En cuanto a la entomofauna asociada a *M. oleifera*, se lograron observar algunos ejemplares pertenecientes a los órdenes Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera y Lepidoptera, además de miembros pertenecientes al grupo Acari, los cuales se resumen en la Tabla 1. Estos insectos se observaron como fitófagos recurrentes. Cabe hacer mención que durante los muestreos se observaron varios insectos de Diptera, Lepidoptera, Hymenoptera y Neuroptera en la zona floral.

Las inspecciones se realizaron de forma visual cada quince días en las zonas indicadas y se registró la presencia de insectos en dos tipos, las ocasionales y las recurrentes. La presencia ocasional se refirió a que el insecto se encontró presente en baja densidad (1 a 3 individuos por planta) y solo durante una fecha de colecta, pudiendo estar en una o dos zonas de observación. En el caso de la presencia recurrente, se refiere a insectos asociados en más de dos fechas de colecta y en más de dos zonas de observación. La identificación se realizó mediante claves generales de Triplehorn y Johnson (2005) para los niveles de órdenes y familias. En el caso de la identificación de algunas especies se usaron claves especializadas, con el apoyo del Dr. Manuel Lara Villalón, especialista en entomología del Instituto de Ecología Aplicada de la UAT. La identificación de ácaros se realizó con ayuda del M. C. Irving Monjarás-Barrera de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Tabla 1. Insectos y ácaros registrados sobre *M. oleífera* de abril a agosto de 2015.

Insectos					
Orden	Familia	Especie	Parte de la planta	Localidad	Nota
Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Diabrotica</i> sp.	Hojas	IEA, Col. Mirador, Fracc. Fuego Nuevo, Ejido Libertad.	Sólo se observó en el follaje, no se observó consumiendo a la planta; pero su presencia fue recurrente.
	Bruchidae	ND	Vainas	Fracc. Fuego Nuevo, Col. Lázaro Cárdenas	Observados al emerger de vainas colectadas. Algunas vainas presentaron perforaciones típicas de esta familia. Similares a las lesiones en Fabaceae.
Hymenoptera	Formicidae	<i>Atta</i> sp. y otras ND	Hojas y flores	Fracc. Fuego Nuevo, Col. Mirador y jardines del IEA Ejido Libertad.	<i>Atta</i> sp. Fue observada defoliando algunas plantas, principalmente de porte bajo. Las flores fueron frecuentadas por varias especies de hormigas no determinadas.

	Apidae	<i>Apis</i> spp.	Flores	Todas las localidades	Se observaron en las flores principalmente durante Mayo y Junio.
Orden	Familia	Especie	Parte de la planta	Localidad	Nota
Lepidoptera	Noctuidae	<i>Spodoptera</i> sp.	Hojas	Jardines IEA. Ejido Libertad.	Se observó consumiendo en el follaje de plantas durante la segunda semana de junio. No se encontró la pupa ni el adulto.
	Noctuidae	ND	Hojas	Fracc. Fuego Nuevo	Se observó la infestación sobre hojas tiernas.
Hemiptera	Aleyrodidae	ND (complejo de Mosquitas blancas)	Hojas	Invernaderos IEA	Se observó la infestación sobre todo el follaje.

Ácaros

Acari	Tetranychidae	<i>Tetranychus urticae</i>	Hojas	Fracc. Fuego Nuevo Invernaderos IEA	Sobre hojas maduras, casi siempre acompañado de telarañas.
		<i>Tetranychus merganser</i>	Hojas	Invernaderos IEA	Sobre hojas maduras, ocasiona
		<i>Oligonychus punicae</i>	Hojas	Fracc. Fuego Nuevo	Sobre todas las hojas maduras, principalmente aquellas protegidas del sol o empalmadas, no se observó presencia de telarañas.

ND= No determinadas

CONCLUSIONES

- Las concentraciones de ácido salicílico evaluadas en este trabajo no permitieron distinguir diferencias marcadas en la acumulación de inhibidores de tripsina.

- El contenido de compuestos fenólicos disminuyó en los tratamientos con ácido salicílico, lo cual se ha reportado en algunas plantas; lo cual se considera como una respuesta represora más que promotora de las defensas.
- No se registró efecto en la acumulación de compuestos fenólicos ni en los inhibidores de tripsina en respuesta a la herbivoría por ácaros, al menos bajo nuestras condiciones experimentales.
- Se registró interacción con la entomofauna local, no todas las especies coinciden con las especies reportadas anteriormente, lo que indica nuevas asociaciones locales.

RECOMENDACIONES

- Aumentar el número de concentraciones de elicitor usadas, tanto para mayores como menores concentraciones.
- Realizar ensayos de herbivoría con insectos fitófagos que sean defoliadores o masticadores.
- Mantener el mismo número de muestras para soportar la validez estadística.

REFERENCIAS

- Aguirrezabala-Cámpano M. T., R. I. Torres-Acosta, A. Blanco-Labra; M. E. Mendiola-Olaya, S. R. Sinagawa-García, A. Gutiérrez-Díez y J. A. Torres-Castillo. (2013), Trypsin inhibitors in xocconostle seeds (*Opuntia joconostle* Weber). *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*. Vol. 22: 261-268.
- Erlanger, B. F.; Kokowsky, N., Cohen, W. (1961), The preparation and properties of two new chromogenic substrates of trypsin. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. Vol. 95: 271-278.
- Hussein M. M. y N H. Abou-Baker. (2014), Growth and Mineral Status of Moringa Plants as affected by Silicate and Salicylic Acid under Salt Stress. *International Journal of Plant and Soil Science*. 3(2): 163-177.
- Monjarás-Barrera J. I., M. Lara-Villalón, M. C. Juárez-Aragón, y J. A. Torres-Castillo. (2015), New Report of *Tetranychus merganser* Boudreaux and *Oligonychus punicae* Hirst on *Moringa oleifera* Lam. *Southwestern Entomologist*. VOL. 40, NO. 4: 847-849.
- Padda M. S. y D. H. Picha. (2008), Quantification of phenolic acids and antioxidant activity in sweetpotato genotypes. *Scientia Horticulturae* 119: 17-20.

- Saini R. K.; Harish Prashant K. V.; Shatty N. P. y Giridhar. P. (2014), Elicitors, SA and MJ enhance carotenoids and tocopherol biosynthesis and expression of antioxidant related genes in *Moringa oleifera* Lam leaves. *Acta Physiol Plant.* 36: 2695-2704.
- Swain, T., Hillis, W.E. (1959), The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. The quantitative analysis of phenolic constituents. *J. Sci. Food Agric.* 10, 63–68.
- Torres-Castillo, J. A., Sinagawa-García, S. R., Martínez-Ávila, G. C. G., López-Flores, A. B., Sánchez-González, E. I., Aguirre-Arzola, V. E., Torres-Acosta, R. I; Osorio-Hernández E., Olivares-Saenz E. y Gutiérrez-Díez, A. (2013), *Moringa oleifera*: detección fitoquímica, antioxidantes, enzimas y propiedades antifúngicas. *Phyton* (Buenos Aires). 82(2): 193-202.
- Triplehorn, C. A. y Johnson, N. F. (2005), Borror and Delong's introduction to the study of insects. 7th Edition Thompson, Brooks/Cole. pp. 864.

EDUCACIÓN, HUMANIDADES Y ARTE

Guillermo Flores Miller

Es Doctor en Filosofía moral y política por la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Maestro en Filosofía política por la misma universidad. Maestro en Ética aplicada por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Estancia de investigación posdoctoral como becario de CONACYT en el Departamento de Filosofía de la Universidad de las Islas Baleares. Profesor de Tiempo Completo en la Unidad Académica Multidisciplinaria de Ciencias, Educación y Humanidades de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, con plaza PRODEP. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores de CONACYT nivel candidato. Perfil deseable PRODEP. Pertenece al Cuerpo Académico en consolidación “Historia e historiografía regional”, trabajando la línea de investigación “Ética y reconocimiento”. Recibió la medalla al mérito universitario de la Universidad Autónoma Metropolitana en dos ocasiones: tanto por sus estudios de maestría como por sus estudios de doctorado. Ha publicado diversos artículos en revistas académicas indizadas y capítulos de libros. Es coautor del libro Octavio Paz: México y la modernidad (2014).

Línea general de aplicación y generación del conocimiento

Filosofía moral y política; teorías del reconocimiento; filosofía de la historia y teoría crítica.

El reconocimiento intersubjetivo y la gramática moral y política de una vida cívica democrática

Guillermo Flores Miller

RESUMEN

En este resumen de la investigación, podemos señalar que el proyecto de investigación trata el tema del reconocimiento en el ámbito la vida cívica y respecto a su papel acerca de la constitución de sujetos educativos y la construcción de una esfera pública propia de una vida cívica democrática. Nuestra tarea para esta investigación ha sido, por una parte, esclarecer el concepto de reconocimiento en aras de sentar las bases de una teoría del reconocimiento que aclare el papel de la formación moral y política de los ciudadanos dentro de una sociedad democrática, entendiendo que es el reconocimiento intersubjetivo (entre sujetos), en este caso entre ciudadanos (como sujetos con autonomía pública), moral y político, el que construye una vida cívica (eticidad) democrática. Y vinculado con este problema, analizamos e intentamos hacer explícito el desarrollo del concepto de reconocimiento a través del trabajo de varios autores que han aportado contenidos filosóficos fundamentales al concepto de reconocimiento, es decir, se pretende realizar el rastreo de los fundamentos del concepto de reconocimiento. Por lo que la perspectiva que adopta esta investigación tiene como hilo conductor el reconocimiento, en la perspectiva de la subjetividad y de la intersubjetividad que se produce en la esfera pública democrática, como relación de sujetos (ciudadanos) dentro de un mundo social, entendiendo dicho mundo social como una sociedad que requiere de las pautas que coadyuvan a la realización de una vida cívica democrática. Con lo cual, parte de nuestra intención consiste en aclarar cuáles son los rendimientos del concepto de reconocimiento, pero dentro de una realidad social como conformación moral y política de ciudadanos. A partir de que son la misma actividad de ellos y las prácticas sociales quienes producen dicha realidad moral y política que se refleja en una vida cívica que se pretende sea democrática. También enfatizamos el papel central del sujeto que *reconoce* a partir de su relación con otros sujetos. Lo cual indica que la condición relacional e intersubjetiva de los sujetos en su autoconstitución es fundamental para la vida social en general y para la conformación de una esfera pública.

Consideramos que es necesario abordar la relación que hay entre reconocimiento y la vida cívica desde las coordenadas de una gramática moral y política de una vida cívica conformada por ciudadanos con una identidad política plena, y éstos sólo pueden ser sujetos autoconscientes de su autonomía política y su identidad política si transitan por un proceso de constitución reflexiva que solamente es proporcionada por la educación que contiene las bases para la autonomía moral y política del sujeto educativo. Esa es parte de la tarea que este proyecto se ha propuesto. Además, esta investigación sobre el reconocimiento moral y político resulta innovadora en nuestro medio académico ya que trata de poner al día un tema que, por lo general, ha sido descuidado o abordado de manera poco rigurosa. Es decir que el concepto del reconocimiento contiene un gran rendimiento conceptual y práctico que ha sido desaprovechado para contribuir a la construcción de valores cívicos a través de una gramática moral y política para la constitución de sujetos educativos dentro de una esfera pública democrática. Nos parece que una investigación como esta, nos proporciona resultados que pueden ser dignos de dar solidez a los estudios sobre este tema en el medio académico nacional. Esa sería en parte la contribución de este proyecto de investigación. Y, sobre todo, la aportación central consiste en construir una teoría del reconocimiento moral y político para la vida cívica propia de una sociedad democrática con una esfera pública producido por sujetos reflexivos y críticos, y tales sujetos deben ser pensados desde la perspectiva de una gramática moral y política para la constitución de sujetos educativos.

OBJETIVO GENERAL

El proyecto de investigación tiene como propósito mostrar el concepto de reconocimiento como un concepto central respecto a los temas de la esfera pública y a la constitución de sujetos educativos, y a la pertinencia de su uso para la ética y política de una vida cívica democrática. Con ello se pretende mostrar el rendimiento teórico del concepto de reconocimiento para la educación y para la realidad social actual. También planteamos que es necesario conocer todo el desarrollo que ha experimentado el concepto de reconocimiento, incluyendo su origen, para realizar un balance de si es tan pertinente este concepto, junto a su gramática moral y política, para abordar los temas de la esfera pública y de la constitución de sujetos educativos dentro de una vida cívica propia de una sociedad democrática.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Explicar la importancia del concepto de reconocimiento para el tema de la intersubjetividad moral y política.

- Explicar la importancia del concepto de reconocimiento para el tema de la esfera pública.
- Explicar la importancia del concepto de reconocimiento para el tema de la constitución de sujetos educativos.
- Explicar la importancia del concepto de reconocimiento para el tema de la vida cívica.
- Explicar la importancia del concepto de reconocimiento para el tema de la democracia.
- Mostrar los inicios del desarrollo del concepto de reconocimiento.
- Presentar los distintos desarrollos del concepto de reconocimiento en la filosofía moral y política.
- Discutir la pertinencia, los aportes, así como los rendimientos teóricos del concepto de reconocimiento.
- Mostrar las posibles limitaciones en el concepto de reconocimiento.
- Esbozar una caracterización del concepto de reconocimiento a la luz de los posibles aportes provenientes de las distintas conceptualizaciones del reconocimiento.
- Discutir la pertinencia del concepto de reconocimiento intersubjetivo para la vida cívica democrática y de su actualidad.
- Mostrar cuál sería una gramática moral y política básica de una teoría del reconocimiento para una vida cívica democrática.

IMPACTO CIENTÍFICO

Artículos publicados

- “Respuesta a Jorge Aurelio Díaz”. *Ideas y Valores Revista Colombiana de Filosofía*. Universidad Nacional de Colombia. Vol. 64, N° 158, pp. 311-313. ISSN: 0120-0062. Revista indexada en: Arts and Humanities Citation Index (Thomson-Reuters).
- “Autoconservación, contractualismo y lucha por el reconocimiento: el reto de Hobbes y la respuesta de Hegel”. *Tehura Revista de Cultura, Pensamiento y Saberes*, n° 8, pp. 83-93. Madrid, España. ISSN: 2254-0830.
- Se ha participado en el II Foro Binacional sobre trata de personas, migración y derechos humanos, UAT, UANL, SRE, INM. Panel sobre Derechos Humanos, con la ponencia: “El reconocimiento del principio de la libertad subjetiva como fundamento de las sociedades modernas y su tratamiento dentro de la filosofía práctica”.
- Participación en el 8° Congreso Internacional del Consejo Europeo de Investigaciones Sociales de América Latina “*Tiempos posthegemónicos: sociedad, cultura*”.

y política en América Latina. Instituto de Iberoamérica de la Universidad de Salamanca, España. En este Congreso se coordinó el Simposio “Teoría Crítica desde las Américas”, y también se participó con la ponencia: “Teoría crítica, reconocimiento y derechos liberales en A. Honneth”.

- Se espera publicar de aquí a fin de año dos artículos en revistas indexadas.

IMPACTO ACADÉMICO

- Conclusión y defensa de tesis del becario. El becario presentó su tesis en septiembre de 2016.
- “Derecho, Sociedad civil, Estado y reconocimiento en la relación crítica de Hegel con el liberalismo”, en Gerardo Ambriz Arévalo y Ricardo Bernal Lugo (eds.), *El derecho contra el capital. Reflexiones desde la izquierda contemporánea*, Contraste editorial, México, pp. 84-112, ISBN: 978-607-96120-6-1.
- Libro coordinado: *El reconocimiento en la filosofía y la teoría social moderna y contemporánea*, Guillermo Flores Miller (coordinador), Contraste editorial, México.
- Se piensa que podría aparecer publicado en octubre o noviembre de 2016.
- Capítulos de libro próximos a publicarse:
 - “Reconocimiento, liberación y diálogo intercultural en la teoría del reconocimiento de Gregor Sauerwald”, en G. Sauerwald y R. Salas (eds.), *Reconocimiento y América Latina*, en la colección “Discursos germano-iberoamericanos” de la editorial LIT Verlag, Münster-Berlín, Alemania, 2016. Para publicarse en octubre de 2016.
 - “Hobbes y su influencia en la teoría del reconocimiento de Hegel”, en Guillermo Flores Miller (coordinador), *El reconocimiento en la filosofía y la teoría social moderna y contemporánea*, Contraste editorial, México. Para publicarse en octubre o noviembre de 2016.
 - “El concepto de la libertad moderna y su reconocimiento como principio de los derechos fundamentales”, en Simón Pedro Izcara Palacios y Karla Andrade Rubio, *Trata de personas, migración y derechos humanos*, UAT. Para publicarse en noviembre de 2016.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación parte desde los orígenes del concepto de reconocimiento (*Anerkennung*), comenzando con el idealismo alemán y en particular con Fichte; pasando por los distintos tratamientos del concepto que el mismo Hegel desarrolla en diversas obras, enfatizando el papel central de la autoconciencia que reconoce a partir

de su relación con otra/s autoconciencia/s. Y cómo esta relación es el momento básico de la búsqueda de la libertad humana y de cómo la relación entre los sujetos (intersubjetividad) es ya en sí misma una relación moral y también política, al ser esta relación una relación social básica que va mucho más lejos, al conformar la objetivación de conductas, motivos, actitudes, símbolos sociales, instituciones y espacios públicos de la vida ética cívica de una sociedad. El campo educativo contribuye a la configuración de esta plasticidad propia de la constitución de sujetos educativos. De ahí la relevancia que un concepto moral y político como el reconocimiento tiene, pues el reconocimiento o no reconocimiento en el terreno educativo, así como en cualquier otra esfera de la vida cívica, incide directamente en la constitución de sujetos.

En seguida se explican de forma breve algunos aspectos fundamentales del desarrollo del concepto de reconocimiento. El tema del reconocimiento tal como Hegel lo plantea en algunas de sus obras supone, entre otros aspectos, la superación de la “lucha por la autoconservación” también conocida como el “reto de Hobbes”. En el caso de Hobbes tenemos el intento de encontrar un fundamento del hombre y la sociedad en un principio natural; en cambio, el planteamiento filosófico en Hegel implicaría que el fundamento de lo social se halla en el carácter intersubjetivo del hombre, en este caso, se plantea dicho principio desde el concepto del reconocimiento y de la lucha que se encuentra como el momento de superación de lo meramente natural para dar paso a lo que resulta ser una relación propia del mundo estrictamente humano. Es entonces que la formulación hegeliana de la lucha por el reconocimiento (*Kampf um Anerkennung*) implica dar una explicación del proceso de subjetivación y de socialización distinta a la de Hobbes, dado que Hegel considera que cuando hablamos de un fundamento del hombre y de la sociedad no podemos recaer en un aspecto natural y parcial como resulta ser el supuesto del fundamento naturalista hobbesiano de la autoconservación, sino que se requiere dar un paso más para comprender que, en todo caso, si puede haber un fundamento del orden social, éste solamente puede encontrarse dentro del mismo ser social: el ser humano en relación moral y política con otros seres humanos, o dicho de otro modo: el sujeto para ser tal requiere necesariamente la relación con otra u otras subjetividades (la intersubjetividad). Esta relación también contiene una exigencia básica presente en el concepto de reconocimiento: la libertad del sujeto.

En el caso de la filosofía de J.-J Rousseau hay un planteamiento sobre el reconocimiento que resulta relevante, pues parte de una teodicea en la que los sentimientos que impulsan al sujeto tanto hacia el bien como hacia el mal, y que tendrían que ser conducidos hacia la virtud; y sería precisamente el reconocimiento la vía para salir del egoísmo y demás sentimientos que inclinan hacia el mal y que se ha-

llan en lo que Rousseau caracteriza como el “amor propio”.¹ Dicha teoría responde a una antropología filosófica que se conecta con la teoría política contractualista roussoniana en la que los ciudadanos libres conforman la voluntad general dentro de una sociedad política basada en la democracia participativa.

Será Fichte, como seguidor del idealismo trascendental kantiano, quien conceptualizara el concepto de *Anerkennung*, dado que entiende que el concepto que puede darle fundamento a la libertad y a la autonomía tiene que ser un concepto que explique la relación intersubjetiva en su dimensión más básica. Fichte desarrollará el concepto de reconocimiento desde una perspectiva trascendental en el que parte de un *a priori* constitutivo del sujeto.²

El tema del reconocimiento, después del planteo inicial de Hegel, ha experimentado una serie de interpretaciones y desarrollos por parte de filósofos y teóricos sociales que lo han convertido, al paso del tiempo, en uno de los aportes más fecundos para la filosofía moral y política, así como para la teoría social.³ Dada la relevancia actual del tema sería oportuno mencionar que el concepto de reconocimiento ha llevado a algunas formulaciones que pretenden encontrar una interpretación que actualice el concepto mismo de manera histórico-contextual, es decir, que responda a las necesidades que la realidad actual plantea. Los casos más conocidos y que serán abordados en nuestra investigación son los tratamientos que realizan del concepto de reconocimiento algunos de los pensadores y teóricos sociales más representativos de nuestros tiempos: Jürgen Habermas, quien con un artículo ya no tan reciente pero que influyó lo suficiente para detonar el tema del reconocimiento. El artículo es un capítulo del libro *Ciencia y técnica como “ideología”* titulado “Trabajo e interacción”.⁴ Habermas ha pretendido establecer algunos pará-

1 J.-J. Rousseau, *Discours sur l'origine et les fondemens de l'inégalité parmi les hommes*, en *Œuvres complètes III*, Bibliothèque de la Pléiade, Paris, Gallimard, 1964, pp. 219-220; vers. cast.: *Discurso sobre el origen y los fundamentos de la desigualdad entre los hombres*, 5ª edición. Madrid, Tecnos, 2005, pp. 235-236. Es en la famosa nota XV en donde Rousseau explica el sentido del *amour propre* frente al *amour de soi-même*.

2 J.G. Fichte, *Grundlage des Naturrechts nach Principien der Wissenschaftslehre* (1796), en *Werke*, Berlín, W. de Gruyter, 1971, vol. III; vers. cast.: *Fundamento del Derecho Natural según los principios de la Doctrina de la Ciencia*, Madrid, Centro de Estudios Constitucionales, 1994.

3 G.W.F. Hegel, *System der Sittlichkeit [Kritik des Fichteschen Naturrechts]*, Kurt Reiner Meist, Hamburg, Felix Meiner, 2000; vers. cast.: *El sistema de la eticidad*, Madrid, Editora nacional, 1982; G.W.F. Hegel, *Jenaer Systementwürfe: I Das System der spekulativen Philosophie*, Klaus Düsing y Heinz Kimmerle, Hamburgo, Felix Meiner, 1986; G.W.F. Hegel, *Jenaer Systementwürfe: III Naturphilosophie und Philosophie des Geistes*, Rolf-Peter Horstmann, Hamburgo, Felix Meiner, 1987; vers. cast.: *Filosofía Real*, 2ª ed., Madrid, FCE, 2008; G.W.F. Hegel, *Phänomenologie des Geistes* (1807), en *Werke in zwanzig Bänden*, (Theorie Werkausgabe), vol. 3, Frankfurt/M, Suhrkamp, 1970; vers. cast.: *Fenomenología del espíritu*, en *Obras I*, Madrid, Gredos, 2010, pp. 111-627; G.W.F. Hegel, *Enzyklopädie der philosophischen Wissenschaften im Grundrisse III* (1830), en *Werke in zwanzig Bänden* (Theorie Werkausgabe), vol. 10, Frankfurt/M, Suhrkamp, 1970, pp. 219-227; vers. cast.: *Enciclopedia de las Ciencias Filosóficas*, ed. de Ramón Valls Plana, Madrid, Alianza, 1999, pp. 478-481

4 J. Habermas, “Arbeit und Interaktion. Bemerkungen zu Hegels Jenenser ‘Philosophie des Geistes’”, en Id., *Technik und Wissenschaft als ‘Ideologie’*, Frankfurt/M, Suhrkamp, 1971, pp. 9-47; vers. cast.: “Trabajo e interacción. Notas sobre la filosofía hegeliana del periodo de Jena”, en Jürgen Habermas, *Ciencia y técnica como “ideología”*, Madrid, Tecnos, 1984, pp. 11-51.

metros sobre cómo es que debería proceder la filosofía crítica en nuestros tiempos y la necesidad de una democracia basada en la deliberación y el diálogo, y que parte de una idea de soberanía popular ajustada a una noción de autonomía (en sentido republicano y apelando tanto a la libertad de los antiguos como a la de los modernos) como co-originaria tanto para la autonomía privada como para la autonomía política, que sería la propia para la esfera pública democrática. Respecto a ello, por estar estrechamente vinculado al tema del reconocimiento, se harán algunas aclaraciones. Del discípulo de Habermas, Axel Honneth tenemos uno de los puntales del desarrollo del concepto de reconocimiento en la actualidad, su obra *La lucha por el reconocimiento. Por una gramática moral de los conflictos sociales* se convirtió rápidamente en un hito respecto a este tema, y es sin duda el autor más importante que ha desarrollado una amplia teoría del reconocimiento.⁵ También el reconocimiento ha sido abordado en la muy influyente obra de Charles Taylor, *El multiculturalismo y “la política del reconocimiento”*.⁶ Taylor se convirtió rápidamente en una referencia sobre el tema del multiculturalismo y la construcción de la identidad moderna y el tema de la “autenticidad”. Dicho concepto no deja de ser polémico y por ello mismo ha suscitado gran controversia. Así mismo, Paul Ricœur, en su última obra *Caminos del reconocimiento*, deja abierta una veta para el tema del reconocimiento.⁷

El respeto es fundamental para el concepto del reconocimiento porque es, en palabras de Gregor Sauerwald,⁸ y siguiendo a Kant,⁹ y podríamos también decir siguiendo a Rousseau, “la descentración del amor propio, definición interpretable como proceso de liberación”.¹⁰ Es decir, desprenderse del egoísmo a través de un sentimiento moral de la conciencia moral como voluntad ética. En tanto que la liberación es entendida como autonomía. Y es que Sauerwald, señala que en Honneth “el reconocimiento es un acto primario e independiente, que garantiza la autonomía de la persona humana: el reconocimiento intersubjetivo es constitutivo del ser persona”,¹¹ y añade: “reclamar reconocimiento luchando por ello en un acto de liberación es un derecho humano esencial, sea el sujeto persona o colectivo”.¹² Es

5 A. Honneth, *Kampf um Anerkennung. Zur moralischen Grammatik sozialer Konflikte*, Frankfurt/M, Suhrkamp, 1992; vers. cast.: *La lucha por el reconocimiento. Por una gramática moral de los conflictos sociales*, Barcelona, Crítica, 1997.

6 Ch. Taylor, *Multiculturalism: Examining the Politics of Recognition*, 2ª ed., Princeton, Princeton University Press, 1994; vers. cast.: *El multiculturalismo y ‘la política del reconocimiento’*, Comentarios de Amy Gutmann, Jürgen Habermas, Steven C. Rockefeller, Michael Walzer y Susan Wolf, 2ª ed., México, FCE, 2009. Charles Taylor, *El multiculturalismo y ‘la política del reconocimiento’*, 2ª ed., México, FCE, 2009.

7 P. Ricœur, *Parcours de la reconnaissance. Trois Études*, Paris, Stock, 2004; vers. cast.: *Caminos del reconocimiento*, México, FCE, 2006.

8 G. Sauerwald, *Reconocimiento y liberación: Axel Honneth y el pensamiento latinoamericano. Por un diálogo entre el Sur y el Norte*, Lit Verlag, Münster, 2008.

9 I. Kant, *Grundlegung zur Metaphysik der Sitten* (1785), en *Gesamtausgabe*, vol. IV, Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften, Berlín, 1903, p. 401.; vers. cast.: *Fundamentación de la metafísica de las costumbres*, ed. bilingüe, Barcelona, Ariel, 1996, p. 133.

10 G. Sauerwald, *Reconocimiento en diálogo*, op. cit., p. 61.

11 *Ibid.*, p. 62.

12 *Ibid.*, pp. 62-63.

por ello que, tanto para Honneth como para Sauerwald, la primera norma de este proceso del reconocimiento es el respeto.

Para esta investigación se ha acudido a una metodología en el tratamiento de los temas que parte de un proceder filosófico histórico-conceptual, pues permite que se aborde la temática desde ambas perspectivas a la vez (la de la historia de las ideas, así como la categorial- conceptual). Lo que significa que, por una parte, abordamos el desarrollo del concepto en términos genéticos; es decir, del origen del concepto, y de los distintos tratamientos hechos por algunos autores a través del tiempo. Ese es un tratamiento del concepto que responde a la cronología del mismo, que se hace con la intención de abordar tal aspecto desde una perspectiva en la que se puedan detectar etapas de desarrollo del concepto con el objetivo de obtener un orden o conjunto que permita distinguir dichas etapas. Debemos señalar que este trabajo no es del todo un estudio histórico o de historia de las ideas, pero de cualquier modo se aborden las distintas obras en un orden de acuerdo a su publicación. Aunque el estudio de estas obras lleve un orden cronológico, el sentido que mueve a esta investigación es más bien conceptual y sistemático.

Además, acudimos a una sistemática filosófica respecto a los fundamentos del concepto de reconocimiento. Es decir, la pretensión es abordar exhaustivamente el concepto en sus distintos desarrollos, recobrando siempre las categorías fundamentales que nos permitan realizar el recorrido sistemático a través del concepto en cuestión. Para ello se hace una presentación del tratamiento del concepto, partiendo siempre de los argumentos expresados por los autores, los cuales, a su vez, son interpretados desde el hilo conductor categorial que mueve a la investigación en su conjunto. La misma metodología se hace extensiva para las demás partes de la investigación, en las que el concepto se aborda siempre al lado de algunas categorías, ya que, además, algunas de ellas son categorías básicas para abordar el reconocimiento. En el tratamiento de la investigación también se procede en base a un aparato crítico para el que acudimos a una amplia bibliografía; lo cual permite ofrecer al lector una panorámica de las distintas posiciones y discusiones filosóficas que existen respecto a este tema.

CONTRIBUCIÓN A LA GENERACIÓN DEL CONOCIMIENTO

Nos parece que la investigación arroja resultados dignos de dar solidez a los estudios sobre este tema en el medio académico filosófico y de la teoría social y educativa a nivel nacional. Los artículos y los capítulos de libros que hemos escrito contienen la pretensión de sentar los fundamentos teórico-conceptuales del reconocimiento desde una perspectiva que pueda hacer frente a algunas de las problemáticas de nuestra sociedad. Por ejemplo, la muy necesaria rectificación en cuanto a los con-

tenidos de los estudios de educación cívica en los programas de estudio en nuestro país. Ésa sería por una parte la contribución de este proyecto de investigación. Y, sobre todo, la aportación central consiste en contribuir a la construcción de una teoría del reconocimiento moral y político que puede servir para comprender mejor las categorías básicas del estudio de la vida cívica propia de una sociedad democrática con una esfera pública producido por sujetos reflexivos y críticos, y tales sujetos son pensados desde la perspectiva de una gramática moral y política para la constitución de sujetos educativos.

CONCLUSIONES

El concepto de reconocimiento es uno de los conceptos de filosofía práctica que hoy en día más aporta a comprender la relevancia del desarrollo moral, ético, político, jurídico y económico, en clave intersubjetiva, y en cuanto a las problemáticas que se presentan en las sociedades actuales. Para ello se parte de la distinción conceptual de la intersubjetividad propia del concepto de reconocimiento, dado que los seres humanos no son, de ninguna manera, entes aislados o átomos, al modo del individualismo metodológico, sino que la relación entre sujetos social, o en el caso de los sujetos educativos, ocurre como una relación social intersubjetiva que ya siempre requiere el reconocimiento de unos a otros, de presuponer que cuando entablo relación con otros seres está implícito el reconocimiento intersubjetivo. La gramática moral y política del reconocimiento implica la comprensión de que hay varios niveles del reconocimiento: el nivel afectivo, el nivel social, y el nivel político. El plexo de relaciones sociales requiere una adecuada asunción ética del reconocimiento del otro por parte de los involucrados, de otro modo se produce el no reconocimiento, lo cual lleva al agravio moral, social, político, etc. Es por ello que una teoría del reconocimiento tiene como parte medular el aspecto de la lucha por el reconocimiento, es decir, los sujetos o el conjunto de sujetos que son afectados o sufren el agravio moral, social o político, generan sus propias luchas para conquistar y ejercer sus derechos o que se les reconozca su lugar dentro de la sociedad. Estas luchas por el reconocimiento son en sí un síntoma de ajustes sociales dentro de una sociedad democrática o que se halla en pos de ser democrática. Es decir, o bien pueden ser luchas por el reconocimiento dentro de una normalidad democrática o pueden ser luchas por el reconocimiento que contribuyen directamente a la democratización de una sociedad política que todavía no alcanza el nivel de normalidad democrática.

El proyecto sobre el reconocimiento se vincula con aspectos fundamentales de la vida ética, social y política, por lo que se conecta con categoría de la filosofía prác-

tica como son: ciudadanía, esfera pública, sociedad civil, derechos humanos, modernidad política, Estado democrático de derecho. Es por ello que se recomienda explorar la relación del reconocimiento con cada una de estas categorías filosóficas para futuros proyectos de investigación. De hecho, en este momento se está ahondando en el diseño de tres proyectos sobre la relación de las tres primeras categorías con el reconocimiento. Para ello, el Cuerpo Académico “Historia e historiografía regional” (en consolidación), en la línea de investigación “Ética y reconocimiento”, en la que también participa la doctora Luisa Álvarez Cervantes, se halla en un periodo de construcción de una red temática internacional en la que colaborarían investigadores especializados en estas líneas eje. Por lo cual, el proyecto actual, ha sido un primer esfuerzo para seguir ampliando los aspectos teóricos estudiados y que son abordados por la línea “Ética y reconocimiento”.

RECOMENDACIONES

El modelo teórico del reconocimiento, desde sus distintas variantes y autores procura que se comprenda que mientras no se tenga como fundamento la relación intersubjetiva de orden ético-político, entonces lo que predominará será la posición no sólo dominante en la teoría sino también en las prácticas sociales: la del individualismo egoísta de las sociedades actuales que lleva a la anomia y a la poca contribución en la construcción de una esfera pública democrática, y de valores, normas e instituciones que también vayan en el mismo sentido. Continuar así es seguir profundizando en la ruina de la vida cívica de las sociedades actuales. Es necesario que el sistema educativo mexicano rectifique de modo urgente la perspectiva que se utiliza para el estudio de la educación cívica, pues se parten de propuestas anquilosadas y teóricamente endebles de la teoría social anglosajona de hace 5 décadas, las cuales no han funcionado ni en el lugar en el que se pensaron ni tampoco en nuestra sociedad. En cambio, las teorías del reconocimiento moral y político son de las que más están aportando al pensamiento y a la teoría social que se produce en la actualidad. Hay que tomar en cuenta que la repercusión de una perspectiva individualista y de egoísmo también influye directamente en la baja calidad de la democracia, pues alguien que no es educado como sujeto reflexivo (sujeto educativo) no puede ejercer plenamente el rol de ciudadano dentro de una vida cívica democrática. Solamente quien respeta, sabe de la dignidad humana del otro y le reconoce como otro ser humano y, por lo tanto, es capaz de contribuir a la consolidación de una vida cívica democrática en la que se practica el reconocimiento recíproco en toda esfera de lo social.

REFERENCIAS

- Fichte, J. G., *Grundlage des Naturrechts nach Principien der Wissenschaftslehre* (1796), en *Werke*, vol. III, Berlín, W. de Gruyter, 1971, pp. 1-385; vers. cast.: *Fundamento del Derecho Natural según los principios de la Doctrina de la Ciencia*, Madrid, Centro de Estudios Constitucionales, 1994.
- Habermas, J., “Arbeit und Interaktion. Bemerkungen zu Hegels Jenenser ‘Philosophie des Geistes’”, en Id., *Technik und Wissenschaft als ‘Ideologie’*, Frankfurt/M, Suhrkamp, 1971, pp. 9-47; vers. cast.: “Trabajo e interacción. Notas sobre la filosofía hegeliana del periodo de Jena”, en Id., *Ciencia y técnica como “ideología”*, Madrid, Tecnos, 1984, pp. 11-51.
- Hegel, G.W.F., *Phänomenologie des Geistes* (1807), en *Werke in zwanzig Bänden*, (Theorie Werkausgabe), vol. 3, Frankfurt/M, Suhrkamp, 1970; vers. cast.: *Fenomenología del espíritu*, en *Obras I*, Madrid, Gredos, 2010, pp. 111-627.
- Hegel, G.W.F., *Enzyklopädie der philosophischen Wissenschaften im Grundrisse III* (1830), en *Werke in zwanzig Bänden* (Theorie Werkausgabe), vol. 10, Frankfurt/M, Suhrkamp, 1970; vers. cast.: *Enciclopedia de las Ciencias Filosóficas*, ed. de Ramón Valls Plana, Madrid, Alianza, 1999.
- Hegel, G.W.F., *Jenaer Systementwürfe: I Das System der spekulativen Philosophie*, Klaus Düsing y Heinz Kimmerle, Hamburgo, Felix Meiner, 1986.
- Hegel, G.W.F., *Jenaer Systementwürfe: III Naturphilosophie und Philosophie des Geistes*, Rolf-Peter Horstmann, Hamburgo, Felix Meiner, 1987; vers. cast.: *Filosofía Real*, 2ª ed., Madrid, FCE, 2008.
- Hegel, G.W.F., *System der Sittlichkeit [Critik des Fichteschen Naturrechts]*, Kurt Reiner Meist, Hamburg, Felix Meiner, 2000; vers. cast.: *El sistema de la eticidad*, Madrid, Editora nacional, 1982.
- Hegel, G.W.F., *Philosophie des Rechts. Die Vorlesung von 1819/20 in einer Nachschrift*, Frankfurt/M, Suhrkamp, 1983.
- Honneth, A., *Kampf um Anerkennung. Zur moralischen Grammatik sozialer Konflikte*, Frankfurt/M, Suhrkamp, 1992; vers. cast.: *La lucha por el reconocimiento. Por una gramática moral de los conflictos sociales*, Barcelona, Crítica, 1997.
- Kant, I., *Grundlegung zur Metaphysik der Sitten* (1785), en *Gesamtausgabe*, vol. IV, Königlichen Preussischen Akademie der Wissenschaften, Berlín, 1903; vers. cast.: *Fundamentación de la metafísica de las costumbres*, ed. bilingüe, Barcelona, Ariel, 1996.

- Ricœur, P., *Parcours de la reconnaissance. Trois Études*, París, Stock, 2004; vers. cast.: *Caminos del reconocimiento*, México, FCE, 2006.
- Rousseau, J.-J., *Discours sur l'origine et les fondemens de l'inégalité parmi les hommes (1755)*, en *Œuvres complètes III*, Bibliothèque de la Pléiade, París, Gallimard, 1964; vers. cast.: *Discurso sobre el origen y los fundamentos de la desigualdad entre los hombres*, 5ª edición. Madrid, Tecnos, 2005.
- Sauerwald, G., *Reconocimiento y liberación: Axel Honneth y el pensamiento latinoamericano. Por un diálogo entre el Sur y el Norte*, Münster, Lit Verlag, 2008.
- Taylor, Ch., *Multiculturalism: Examining the Politics of Recognition*, 2ª ed., Princeton, Princeton University Press, 1994; vers. cast.: *El multiculturalismo y 'la política del reconocimiento'*. Comentarios de Amy Gutmann, Jürgen Habermas, Steven C. Rockefeller, Michael Walzer y Susan Wolf, 2ª ed., México, FCE, 2009.