



Muestreo ecológico de la vegetación

Eduardo Alanís Rodríguez
Arturo Mora Olivo
Jorge S. Marroquín de la Fuente

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



TENDENCIAS

Muestreo ecológico de la vegetación

Eduardo Alanís Rodríguez, Arturo Mora Olivo, Jorge S. Marroquín de la

Este libro proporciona un conjunto de conocimientos y herramientas para el muestreo y análisis de la vegetación. En la parte inicial se dan a conocer rasgos históricos sobresalientes en el estudio de la ecología de las plantas, además de discutir conceptos básicos que serán útiles para el resto de los capítulos. Posteriormente se brindan al lector temas como Planeación, Diseño y Tipos de Muestreo, Medición de parámetros estructurales, así como construcción y uso de bases de datos. Finalmente se explica el uso de los índices estructurales y de diversidad (alfa y beta) que usualmente se recomienda para evaluar las especies de cualquier sitio con vegetación.

ISBN 978-607-27-1307-9



9 786072 713079



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



CASA UNIVERSITARIA DEL LIBRO

EDITORIAL UNIVERSITARIA UANL



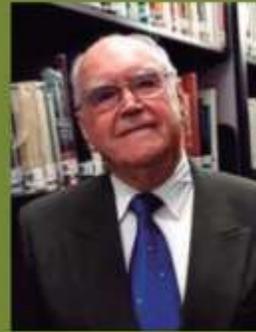
Eduardo Alanís Rodríguez

Profesor titular de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Ha asesorado 98 tesis y publicado 4 libros, 12 capítulos de libros y 115 artículos científicos en revistas arbitradas con indizaciones internacionales. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I. Pertenecer al Cuerpo Académico (consolidado) Manejo de Ecosistemas Forestales. Sus líneas de investigación son composición y diversidad de comunidades vegetales y la restauración ecológica.



Arturo Mora Olivo

Profesor-investigador del Instituto de Ecología Aplicada en la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad Nacional Autónoma de México. Ha publicado 5 libros, 42 capítulos de libro y 73 artículos científicos en revistas arbitradas e indexadas. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I y líder del Cuerpo Académico: Ecología y Conservación de Ecosistemas. Su línea de investigación es Taxonomía, ecología y conservación de plantas vasculares.



Jorge S. Marroquín de la Fuente

Profesor Emérito Universidad Autónoma de Nuevo León. Egresado 1957 Fac. Ciencias Biológicas, UANL. Director ahí 1964 - 67. M. Sc. y Ph. D. Northeastern U. (Boston) 1967-72: Áreas Ecología y Taxonomía vegetales, Historia de la Botánica. Ex-miembro SNI niveles I, II, 1987-96. Coautor en 6 libros; autor, editor y/o coautor ca. 60 artículos. Experiencia periodística 1956-59. Profesor varias instituciones ca. 40 años servicio docente. Premio 2015 'Temachtiani' UANL; Medalla al Mérito Botánico 2016 (Soc. Bot. México). Iniciador de 3 herbarios institucionales. 35 Reconocimientos.



TENDENCIAS

Muestreo ecológico de la vegetación

Muestreo ecológico de la vegetación

Eduardo Alanís Rodríguez
Arturo Mora Olivo
Jorge S. Marroquín de la Fuente

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Primera edición 2020

Alanís Rodríguez, Eduardo

Mora Olivo, Arturo

Marroquín de la Fuente, Jorge

Muestreo ecológico de la vegetación.

Monterrey, Nuevo León, México : Universidad Autónoma de Nuevo León, 2020.

(Tendencias)

204 páginas ; 16 x 21 cm.

ISBN: 978-607-27-1307-9

Vegetación — Muestreo (estadística)

Plantas — Muestreo (estadística)

CLC: QK14.5.M4 .M36

CDD: 581.9.M4 .M36

ISBN 978-607-27-1307-9

Rogelio G. Garza Rivera

Rector

Santos Guzmán López

Secretario General

Celso José Garza Acuña

Secretario de Extensión y Cultura

Antonio Ramos Revillas

Director de Editorial Universitaria

© Universidad Autónoma de Nuevo León

© Facultad de Ciencias Forestales

© Eduardo Alanís Rodríguez, Arturo Mora Olivo, Jorge S. Marroquín de la Fuente

Padre Mier No. 909 poniente, esquina con Vallarta. Monterrey, Nuevo León, México,
C.P. 64000.

Teléfono: (5281) 8329 4111.

e-mail: editorial.uanl@uanl.mx

Página web: editorialuniversitaria.uanl.mx

Este libro fue evaluado por una comisión dictaminadora por pares externos.

.....
Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra -incluido el diseño tipográfico
y de portada-, sin el permiso por escrito del editor.

.....
Impreso en Monterrey, México.

Printed in Monterrey, Mexico



Contenido

Prólogo	13
Introducción	17
Rasgos históricos de la ciencia de la vegetación en el marco del desarrollo de la ecología vegetal	21
Planteamiento inicial	21
Bosquejo histórico	23
Autores más cercanos y sus obras en las postrimerías del siglo XIX y partes del XX	27
Evolución y Ecología (¿dinámica o cinética?)	30
Rasgos conceptuales	34
La Sinecología vegetal; bases florísticas, de hábitat... o ambas.	39
Planeación del muestreo de la vegetación	51
Tipos de investigación	55
Diseño de muestreo	59
Muestreo subjetivo o dirigido	60
Muestreo probabilístico	61
Aleatorio simple	62
Aleatorio estratificado	67

Muestreo sistemático	68
Forma y tamaño de sitios de muestreo	71
Sitios circulares	73
Conglomerados circulares	75
Sitios rectangulares	77
Conglomerados rectangulares	80
Líneas de intercepción	81
Medición de árboles y arbustos e instrumentos de medición	85
Diámetro normal y basal	85
Circunferencia	88
Altura	89
Diámetro de copa	91
Antes de salir al campo	93
Formatos de campo	93
Verificación del equipo e instrumentos de medición	95
Medidas y equipo de seguridad	96
Configuración del equipo de trabajo	100
Errores en el levantamiento de la información en campo	103
Revisión de la base de datos	105
Identificación de las especies	105
Errores en la captura del nombre de las especies	108
Verificación de las variables medidas en campo	110

Determinación del número de sitios de muestreo	113
Intensidad de muestreo	114
Modelo matemático	115
Curva de acumulación de especies	123
Estimación de variables por individuo	127
Área basal	127
Área de copa	128
Volumen	129
Estimación de variables absolutas y relativas por especie	133
Abundancia	133
Dominancia	139
Área de copa	144
Frecuencia	148
Volumen	152
Índices de caracterización horizontal y vertical	157
Índice de Valor de Importancia	157
Índice de Pretzsch	160
Elaboración de histogramas	173
Clases de altura	173
Clases diamétricas	181

Diversidad alfa	185
Índice de Margalef	186
Índice de Shannon	189
Índice de equitatividad	196
Índice de diversidad verdadera de Shannon	197
Índice de Simpson (D)	200
Complemento de Simpson	205
Diversidad beta	207
Coeficiente de similitud/disimilitud	207
Índice de Sorensen	209
Índice de Jaccard	210
Coeficiente de similitud de Sorensen para datos cuantitativos	211
Índice de Morisita-Horn	212
Bibliografía	215

Prólogo

Debido a su localización geográfica y relieve, México tiene una gran variedad de ecosistemas caracterizados por sus grandes tipos de vegetación, que van desde la vegetación alpina en las montañas más altas, pasando por los matorrales y pastizales desérticos, bosque nublados, selvas secas y lluviosas, hasta los humedales de agua dulce y costeros.

La vegetación de México se caracteriza por una alta diversidad vegetal, con más de 25,000 especies de plantas vasculares que representan entre 10 y 12% del total mundial, de las cuales 46% son endémicas.

A pesar de la gran importancia de la vegetación como recurso natural debido a que proporciona alimentos directos e indirectos para el hombre y sus especies domesticadas, materias primas y servicios ecosistémicos imprescindibles para la vida, desde la década de los 70's del siglo pasado la mitad de la cobertura vegetal del territorio nacional ha sido eliminada, fuertemente impactada por actividades agropecuarias o deteriorada en alguna medida.

El conocimiento de la vegetación y de las interacciones ecológicas es la base para el adecuado manejo y la conservación de los ecosistemas y es de primordial importancia para la economía del país.

En los documentos prehispánicos casi no existe información sobre la vegetación de México y durante la época colonial las referencias a la vegetación son escasas. No es sino hasta principios del siglo XX cuando aparecen publicados los primeros estudios científicos sobre la vegetación de algunas regiones de México.

Es a partir de 1930 cuando inician los trabajos a escala nacional, sobresaliendo el estudio y mapa de vegetación de México publicado por Leopold (1950) y la clasificación fisonómica de los tipos de vegetación del país de Miranda y Hernández X. (1963).

La integración moderna más importante de los estudios de la vegetación de México la publicó Rzedowski (1978), en donde describe el medio físico de los diferentes tipos de selvas, bosques, matorrales, pastizales y otros tipos de vegetación menores en extensión, realiza la evaluación de los factores ecológicos (fisiográficos, climáticos y humanos) e históricos que determinan la vegetación y hace una descripción detallada de la composición florística, fisonómica y estructural de los principales tipos de vegetación.

La clasificación más reciente de los tipos de vegetación con cartografía nacional a escala 1: 250,000 reconoce más de 50 tipos de vegetación en México (INEGI, 2013).

El libro “Muestreo ecológico de la vegetación”, proporciona un conjunto de conocimientos y herramientas para el análisis de la vegetación, considerando los rasgos históricos sobresalientes en el estudio de la ecología de las plantas y la cubierta vegetal, la planeación y diseño del muestreo de la vegetación, el establecimiento de las parcelas experimentales, registro de las variables dasométricas y principales instrumentos de medición en el campo, así como la construcción de bases de datos en hoja de cálculo en computadora necesarias para la estimación de la estructura e índices de la diversidad para la evaluación y comparación cuantitativa de la vegetación. Es una obra que servirá de

consulta para estudiantes de licenciatura y profesionales interesados en el estudio de la vegetación y del hábitat de la fauna silvestre.

Oscar Briones
Coatepec, Veracruz
6/agosto/2019

Introducción

Las comunidades vegetales son conjuntos de plantas caracterizadas por una fisonomía, estructura y composición florística particular en algún lugar dado. Debido a que este tipo de comunidades son muy distintas y complejas, especialmente en regiones con una fisiografía heterogénea, es importante su estudio desde un punto de vista ecológico. De hecho, la descripción y evaluación de las comunidades vegetales constituye un elemento indispensable para entender el funcionamiento de los ecosistemas en cualquier región.

Partiendo del hecho que es importante estudiar las distintas comunidades vegetales, siempre es necesario tener una idea clara sobre la razón particular que nos lleva a realizar esta labor. Y surge la pregunta **¿Para qué evaluar la vegetación?** ¿Es solo el hecho de conocer algo nuevo? ¿Responde esto a una necesidad importante? ¿Se resolverá algún problema real?

Kent (2011) menciona que el objetivo general de evaluar la vegetación es documentar el estado actual de la estructura vegetal, para tener elementos cuantitativos de las variables (abundancia, área basal, volumen). Cuando esta evaluación se hace a través del tiempo, se pueden medir los cambios en la composición y

abundancia, usando especies o grupos de especies sensibles e indicadoras de estos cambios. Esta información es necesaria para resolver problemas ambientales, proponer acciones de gestión sustentable y establecer programas de restauración ecológica, entre otras actividades.

Los estudios de la cobertura vegetal son más relevantes si se contrastan comunidades con características o historiales de uso distintos. Un ejemplo sería comparar zonas bien conservadas con otras que tienen algún tipo de alteración natural o antropogénica (incendios, agrícola, pecuaria, silvícola, etc.). De esta manera se podría obtener información útil sobre el estado de conservación y manejo del hábitat o de los recursos vegetales disponibles. Sin embargo, en términos generales se pueden enlistar algunos elementos que se pueden determinar mediante el monitoreo de la vegetación de acuerdo con Pequeño (2005):

1. Conocer la dinámica de los bosques, mediante el seguimiento de los nacimientos (germinación, reclutamiento), crecimiento y muerte (mortalidad) de las plantas.
2. Analizar procesos de sucesión, recuperación o restauración de hábitat o paisaje.
3. Evaluar y comparar la composición y diversidad florística, en momentos (tiempo) y en lugares (espacio) diferentes, por ejemplo entre parcelas, hábitats o entre localidades diferentes.
4. Conocer el estado de las poblaciones de determinadas especies de interés (de importancia maderable, importancia por estar baja algún estatus de riesgo, exóticas, etc.).
5. Evaluar impactos producidos por causas naturales (incendios, derrumbes, etc.) o humanas (extracción maderera, deforestación, etc.).

A nivel de gestión, la evaluación de las comunidades vegetales es necesaria para realizar:

1. Programas de aprovechamiento forestal
2. Manifestaciones de Impacto Ambiental (MIA)
3. Estudios Técnicos Justificativos (ETJ)
4. Programas de manejo y conservación
5. Programas de restauración ecológica

Con base en esto se podría justificar ampliamente el estudio ecológico de la vegetación con motivos de diferente índole. Y para esto es importante contar con una hipótesis o definir la pregunta que se desea contestar. Como se explica en la sección planeación del muestreo de la vegetación, los tipos de estudios en ecología vegetal están fuertemente asociados a las distintas metodologías que nos ofrecen la estadística y los diseños experimentales.

Rasgos históricos de la ciencia de la vegetación en el marco del desarrollo de la ecología vegetal

Jorge Saúl Marroquín de la Fuente

Planteamiento inicial

Toda investigación, desarrollo e interpretación de cualquier rama de la Ciencia y, en general, del conocimiento, ha de partir de sus antecedentes; es de trascendencia por tres motivos:

- a) Incita, estimula y obliga a la búsqueda metódica de la información, de los datos concretos, de quiénes publicaron aspectos relativos, así sea marginalmente, sobre cada tema. Obvio es decir que su metodología y resultados habrán de ser citados debidamente.
- b) Le da rigurosidad en tiempo y forma a los planteamientos y a lo que se pretende hacer.
- c) Permite la familiarización del investigador con los términos en uso, sus alcances, significación, acepción, equivalencias (si las hubiere) y cómo se aprovechan en el devenir de la Ciencia.

Hay diccionarios de Ecología: Carpenter (1938), Lincoln, Boxshall & Clark (1995), Rioduero (1975) editado en España.

Existen obras con un vocabulario desglosado al final, *v.gr.* Cain (1951), Rzedowski (1978), Krebs (1985), Pérez-Rodríguez (2005), Vásquez-Torre (1993). En los estudios botánicos, florísticos y/o taxonómicos, los editores de floras regionales preparan glosarios para tratar de uniformar los textos de los fascículos y monografías por familias y tribus, etc.

En las traducciones no siempre se cuida esa concordancia conceptual; los términos técnicos pudiesen no concordar con el sentido en que lo expresa(n) el autor o autores en su idioma original. Por eso no son pocos los traductores y/o editores que respetan vocablos y neologismos del original, a fin de que el lector se dé por advertido de los inconvenientes de los 'alternos', aunque éstos puedan ser los correctos (o equivalentes).

Atareados como hemos estado en los aspectos técnicos, hay quienes, viendo los panoramas alrededor y dentro de la Ecología, escudriñan todas las vertientes posibles que nos atañen como seres preocupados por el entorno. Las ciencias ambientales, incluyendo la legislación, cubren tantos ángulos científicos, sociológicos, periodísticos, jurídicos, etc., que nos quedamos perplejos cuando se aborda críticamente cuanto se ha dicho en Congresos, foros, conferencias, libros y revistas y nos sacuden la conciencia. Se nos mueve la '*torre de marfil*' y queremos saber qué pasa allá afuera. Es en tal sentido que recomiendo el libro de Araújo (2000), como medio de oxigenarnos un poco y reflexionar sobre todo lo que ahí escribe. Un reto al fin. Cada quien podrá formarse su propio criterio, no está de más.

Existe un axioma en relación con los estudios ecológicos de las plantas: "**para estudiar la vegetación es preciso partir de la vegetación misma**". *Esta sentencia tansleyana la advierte Klugh*

(1923) cuando cita a Tansley (1920): "diferentes formas de vida existen casi dondequiera lado a lado" y ... "para [adoptar] una clasificación natural tenemos que regresar a la vegetación como la única base posible" (cf. Richards et al. 1940). Raup (1975, fide Miles 1979) pide a "los adictos a proponer clasificaciones de vegetación mantener los ojos abiertos".

Es así como este libro "**Muestreo ecológico de la vegetación**" se inscribe en el perfil (Margalef, 1974: 315 et seqq.) de *la fase descriptiva*.

Bosquejo histórico

En ocasiones, la indagatoria histórica se topa con el problema de la no disponibilidad o acceso a la información antigua, lo que ahora se subsana mediante la facilidad del Internet. Al respecto, se justifica plenamente conservar libros, revistas, sobretiros, apuntes y copias de trabajos y artículos que sirven a las revisiones y detalles de esta índole.

Lo fundamental en esta situación es valerse, por lo menos, de un orden cronológico y recurrir con especial atención a las obras clásicas en cada materia. Tal vez así no sea fácil extraviarse (lo menciono por un servidor) y asir, con autores, títulos de los trabajos, fuentes y el cruce de la información, el hilo conductor o *leitmotiv* y ajustar lo que surja más adelante.

Obras de compilación de trabajos antiguos no fácil de conseguir: Kormondy (1965, ed.), Gómez Pompa (1976, ed.), Rabinovich & Halffter (1979, eds.), Knobloch (1963, ed.), Farnworth & Golley (1974, comps.), Guízar-Nolazco (1986, comp.), Aguirre-Calderón (1991, comp. y ed.). Su objetivo y mayor mérito estriba en haber reunido tópicos selectos, a modo de antologías, de estudios de los pioneros y/o especialistas en los temas más sentidos

de la Ecología; por eso son de considerarse, así sea como puntos de partida u opiniones autorizadas.

Otro problema es la disponibilidad de tiempo. Por regla general, toda pesquisa supone la posibilidad de que el andamiaje bibliográfico-hemerográfico termine siendo la condición *sine qua non* del estudio, es decir, el antecedente en donde se finque el nuestro. Una vez ubicado cada quien, medianamente, en esa corriente, se puede continuar.

La síntesis de la parte histórica adolece de ciertas dificultades, principalmente de concatenación, coherencia y "engranaje", sobre todo conceptual. Resulta complicado decidir dónde principia y/o termina algún evento, suceso natural, hechos demostrables, el "parte-aguas" famoso del devenir de la Ciencia, en suma su proyección holística (cf. Wulff, E. V. 1950).

A guisa de ejemplo, me agrada referirme a la fase inicial de la Fisiología vegetal como disciplina científica. El hecho de que ya hubiera antecedentes en materia de taxonomía, organografía, anatomía, morfología, histología, a mediados del siglo XIX (Stafleu, 1970) facilitó de varias formas el progreso en otras. Gracias a esa conjugación de ramas de la Biología (si bien algunas aun incipientes) se propició el inicio de los enfoques de índole ecológica en Europa (Morton, 1981).

Así, Julius Sachs (1832 – 1897) y sus alumnos (fisiólogos), fundamentaron temáticas acerca de cómo afectan o estimulan a las plantas las variables meteorológicas, tanto en su crecimiento (Biología del desarrollo) como en la morfogénesis. Sus hallazgos pioneros colocan históricamente a Sachs como el fundador de la Fisiología vegetal, con sus obvias consecuencias en otras disciplinas (Singer, 1947).

Es sabido que el término Oekologie (Ecología) fue propuesto en 1869/1870 por Ernst H. Haeckel (1834-1919); Mayr (1997)

y Acot (1982) consideran que eso ocurrió en 1866, aunque prevaleció la primera opción. Alfred L. Wegener (1912, 1924) es considerado como fundador de la Biogeografía (cf. Vásquez Torre, 1993: 6) en atención a su teoría de la deriva continental (o "desplazamiento de los continentes") y de la convincente "teoría de tectónica de placas" (cf. Raven & Axelrod, 1972, 1974, 1975; Margalef, 1974).

El Barón Alexander von Humboldt (1769 -1859) ha sido considerado como el adalid histórico de la Biogeografía y de otras ciencias: Geografía física y (con Aimé Bonpland) en la Geobotánica (Mueller-Dombois & Ellenberg 1974). En Zoogeografía destacan, aparte de Wallace y Darwin (cf. Margalef 1974; Moorehead 1969): Sclater (1858, *vide* Udvardy 1969: 423) y Darlington P. J. (1957) entre muchos más.

Según von Hagen (1957) Humboldt se inspiró en los viajes y hallazgos de Carlos Ma. de la Condamine (1701 - 1774) matemático, geodesta y cartógrafo por su expedición científica a Sudamérica. Darwin (1809 -1882) igualmente lo hizo ... inspirándose en Humboldt.

Y... después ¿cuántos naturalistas no se habrán inspirado en Darwin? Es el caso de su connacional el ameritado botánico Richard Spruce (1817- 1884?)¹ quien remontó el Amazonas y coleccionó, en 18 años de estancia en Sudamérica: 30,000 ejemplares herborizados de calidad. Poco antes de morir (como ironía del destino, según von Hagen) en lugar de su patria fue en Alemania donde se le otorgó justo reconocimiento (por parte de la Academia Imperial Alemana o "**Academia Caesarea Leopoldina-Carolina**"): el grado *honoris causa* de Doctor en Filosofía.

1 Datos deducidos de sus rasgos biográficos.

Nelson (1978: 275) establece créditos para Buffon (George Louis Leclerc, Conde de Buffon 1707- 1788) mediante esta afirmación: "*En cierto sentido la Biogeografía fue concebida, si bien no nacida, a partir de la ley de Buffon que pudiera describirse como 'ley de la especiación alopátrica', cuando afirmaba que diferentes áreas poseen diferentes especies*" y agrega a pie de página "*El nacimiento definitivo de la geografía botánica, a menudo se señala, es el ensayo de Alexander von Humboldt y Aimé Bonpland 'Essai sur la Géographie des Plantes', París 1805*".

Como dato curioso (Nelson, *op. cit.*) informa que la reimpresión de esta versión francesa de Humboldt (1769 - 1859) y Bonpland (1773 - 1858), se publicó en la Ciudad de México en 1955 por el Instituto Panamericano de Geografía e Historia.

Morton (1981) considera que aquellas primeras publicaciones de Humboldt, aunadas a las de los botánicos Robert Brown (1773 -1858) y W. J. Hooker (1785 -1865) tuvieron una expansión en la Geobotánica de entonces, con la contribución de Agustín Pyramus De Candolle (1778 - 1841) de su obra '**Geografía Botánica**' hacia 1820. Luego aparecieron las obras de su hijo Alfonso De Candolle de 1855 '**Geografía Botánica razonada**' (**Oosting 1951: 411**); más tarde, 1882, su '**Origen de las plantas cultivadas**' y en 1880 '**Fitogeografía**'. Consigno sólo la cita completa de 1855.

En México, el interés por la Historia de las ciencias biológicas ha tenido notables representantes, entre ellos Enrique Beltrán (1943), Hernández Xolocotzi (1960), Miranda (1947), Rzedowski (1981), Rzedowski et al. (2009) y T. Herrera et al. (1988), a guisa de ejemplos, cuyo trabajo obviamente tiene continuadores. Ahora bien, debíanse mencionar historiadores: Germán Somolinos D'Ardois, Elías Trabulse, E. De Gortari, Ruy Pérez Tamayo, José Joaquín Izquierdo (1893-1974) y varios más de quienes no se cita su vasta producción ya que sería tema para otro discurso (cf. Langman, 1964).

Autores más cercanos y sus obras de fines del siglo XIX y partes del XX

En diversos países se han formado escuelas de pensamiento en materia sinecológica. En la Europa continental, la escuela de Zürich-Montpellier o de "Flahault y Braun-Blanquet", también conocida como '**escuela sigmatista**' (***) ha sido una de las de mayor impacto, inclusive en países de América, *v.gr.* Argentina (Roig y Roig, 1969) y México (Westhoff & Maarel, 1973 "The Braun-Blanquet Approach" in R.H. Whittaker 1973, ed., artículo 20). Whittaker acota en la hoja de promoción: "*Un autorizado estudio en Inglés acerca de los procedimientos y perspectivas del más importante enfoque de la clasificación europea*" (cf. Braun-Blanquet, 1979; Becking, 1957) del siglo XX.²

Según Duvigneaud (1974) hubo otras escuelas, es el caso de la de Uppsala, Suecia, con Du Rietz (1921), etc., la de Turesson (1922, 1923) también en Suecia, desde los años '20' del siglo pasado, con el enfoque de la **Genecología**; asimismo la de Jaccard del 1er. cuarto del siglo XX.

De Tüxen y Ellenberg en Alemania, escuela altamente productiva a juzgar por el número de publicaciones de ambos y la de los británicos a través de Tansley (1920, 1926, 1935). En este tenor recomiendo la relación comentada de 303 referencias de Miles (1979), tanto sobre la Gran Bretaña como del mundo. De forma similar Kershaw (1964) da cuenta de numerosos estudios cuantitativos, incluyéndose los de él mismo, ligados a enfoques estadísticos.

2 De "**S.I.G.M.A.**" = Station Internationale de Géobotanique Méditerranéenne et Alpine, Montpellier (cf. Gounot, 1969; Duvigneaud, 1974: 24; Danseareau, 1957).

En el caso de la Demografía de plantas, Harper desarrolló una escuela de gran prestigio en esta materia, entre cuyos alumnos figura el Dr. José Saruhkán Kermez quien, a su vez, ha sido por lustros cabeza en México en **Ecología de poblaciones**. Trabajos publicados por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) son reflejo de la interdisciplinariedad de sus investigaciones. Conservo un ejemplar de su tesis de Maestría en Ciencias (Colegio de Postgraduados) de Chapingo, autografiada (Saruhkán, 1968).

Para el continente americano, la más nombrada escuela en **Ecología vegetal**, desde principios del siglo XX es la de Clements (1904, 1905, 1916, 1928, 1934, 1936). Baste referirnos a las que sientan las bases de su enfoque organísmico. Su obra científica ha sido considerada por los especialistas como una de las más influyentes durante más de medio siglo. También ha sido de las más criticadas.

Generaciones de biólogos, forestales y naturalistas en general nos formamos de alguna manera bajo su influencia, al grado de tomar como natural el uso de su léxico técnico. Aunque han surgido polémicas alrededor de sus conceptos, algunas con fundamento, no fue óbice para que despertara interés por la Ecología no sólo en los Estados Unidos sino en otros muchos países.

La **Ecología vegetal**, como disciplina científica, ha tenido, desde sus orígenes en el siglo XIX, un desarrollo lento y pausado, seguido de etapas de madurez. Las expediciones en la propia Europa, en Australia, África y Asia, tanto como las del continente americano, dieron cuerpo a una serie de conocimientos de amplio espectro con bases **geográficas**: Schimper 1898, 1903 (Cody & Mooney 1978) y Transeau 1903, 1908 (*vide* Klugh 1923); **climáticas** Shreve (1914, 1944); Nichols (1917, 1923); Bates (1923); Holdridge (1947, 1967); Beals (1969); Weaver &

Clements (1938); **biológicas** (ver Bibliografía) y **geológicas** (Axelrod 1958, 1972); Raven & Axelrod (1972, 1974, 1975).

Las clasificaciones generales más conocidas en los tratados de Geografía, Zoología, Botánica, Ecología y Atlas biogeográficos, sintetizan las formaciones mayores de vegetación: Hayek (1926) reconoció 16 a escala mundial; De Martonne et al., (1926) sólo 15; antes, A.F.W. Schimper (1898, 1903) 15; Rübél (1930) 28 aunque en un principio eran sólo 9; von Faber (1935) 15; Küchler (1950) 32; Linton (1951) 39; el Atlas Soviético (Soviet Atlas, 1954) 19; Dansereau (1957) igual que Schimper, i.e. 15; Leopold (sólo para México, 1950) 12 formaciones + 4 cuya escala del mapa no destaca, pero sus categorías equivalen a 'tipos de vegetación'; Merriam (1910) tan sólo para la América del Norte considera sus denominadas "Life Zones of North America": 7 grandes regiones, cuyo mapa aparece en Carpenter (1938, Apéndice VI); este autor muestra en su Apéndice VII un mapa con las regiones zoogeográficas de Wallace (1823 - 1913) y como dato histórico da, en el apéndice VIII, un *mapa mundi* con las regiones de vegetación de Grisebach (1813 - 1879) de 1872 (*vide* Carpenter 1938). Merriam (1892) ya había publicado estudios biogeográficos de N. América.

Debo señalar que Margalef (1974) prefiere exponer la tabla de formaciones mundiales de Rübél (1930), basadas en la fisonomía y reconoce 28 terrestres y cinco del medio acuático. Shelford (1963) 12 biomas para Norteamérica. Finalmente, el mapa a color que muestra R. L. Smith (1966) entre la 2a. de forros y la portadilla (es decir al abrir el libro por la pasta sólo para Norteamérica y en la 3a. de forros para el resto del globo) contempla a escala mundial sólo 11 grandes formaciones: chaparral mediterráneo, selvas tropicales, bosques deciduo-templados, savana tropical con bosques (woodland) espinosos, pastizales del semi-desierto o zonas áridas, bosque 'montano, alpino y complejo de

tundra', la tundra, el desierto, el bosque de coníferas, el mixto de coníferas y latifoliadas y el pastizal [nato]. Cronquist (1982) ofrece un mapa de las Provincias Florísticas de Norte América. Por supuesto ha habido otras aportaciones históricas, entre ellas las de Good (1964), Dice (1943) y Goldman & Moore (1945).

Si la raíz primigenia la remontamos a la Prehistoria, se entenderá que los seres humanos han estado en íntimo contacto con el medio desde sus orígenes, *i.e.* fueron 'ecólogos instintivos', empíricos. Tenían que velar por su sobrevivencia ante los rigores de la Naturaleza, por la búsqueda de alimento y la defensa contra depredadores (Hughes, 1981; De la Llata, 2003).

Evolución y Ecología (¿dinámica o cinética?)

El carácter histórico de los organismos se revela en la Biología gracias a la Paleontología, la anatomía comparativa, la Teoría de la Evolución desde Lamarck (1744 - 1829), Darwin (1809 - 1882), Haeckel (1834 - 1919) y Asa Gray (1810 - 1888). A la Biogeografía moderna desde Darwin, Wallace (1823 - 1913) y Sclater (1829 - 1913) y a la Sistemática filogenética desde Haeckel (Papavero & Llorente-Bousquets, 1996; Morrone, 2001). (cf. Singer, 1947; Carpenter, 1938)

Por ello, las ramas de la Ecología o subdisciplinas también se enriquecieron. El adjetivo a veces agregado '**Ecología dinámica**' es un reflejo de ese desarrollo (Knapp, 1974; Udvardy, 1969; Kershaw, 1964; Rioja, 1987; Equihua & Benítez-Badillo, 1990). Sin embargo para M. Godron (1966) el calificativo más adecuado, en todo caso, debía de ser '**Ecología cinética**' (la cinética es la parte de la física que trata del movimiento). Ojo: el apellido es Godron (francés) no "Gordon" (Inglés).

Tal impronta se me quedó grabada a raíz de un curso internacional de **Ecología vegetal** con duración de un mes, impartido por investigadores franceses en octubre de 1964 en San Luis Potosí, México, D. F. y Chapingo, organizado por el Biólogo Fernando Medellín Leal de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Profesores invitados: L. Emberger con temas en Bioclimatología, Geobotánica y Sinecología; J. Boulaine en suelos, Rossetti en Cartografía, fotografía aérea, Fotointerpretación y M. Godron en ecología, muestreos y censos o levantamientos de medio ambiente y vegetación. Estos capítulos dan para mucho, en especial del árido mexicano (desiertos del Norte de México); revisar Rzedowski (1973, 1975), Medellín-Leal (1982), Briones (1994).

Se contó en dicho curso de 1964 con la valiosa participación de los reconocidos y apreciados maestros J. Rzedowski del Instituto Politécnico Nacional, Efraím Hernández Xolocotzi (1913 - 1991) y Nicolás Aguilera de la Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo y Fernando Medellín, ya citado. Rubros mayores: Botánica, Edafología, Meteorología, Climatología, Fotogrametría, Fitogeografía y Sinecología (Tipos de vegetación). El capítulo sobre los climas mediterráneos fue expuesto con amplitud por parte de Louis Emberger.

Los primeros enfoques ecológicos y, en particular, tratándose de la Ciencia de la vegetación, desde el siglo XIX y casi todo el XX, en Europa primero, Estados Unidos y América Latina después, y en el caso de México igualmente, han sido fisonómico-florísticos, ejemplos: Rzedowski (1956); González-Medrano (1972); Martínez y Ojeda & Morello (1977); Arce-González & Marroquín (1985); Valdéz-Taméz & Aguilar-Enríquez (1983); Briones (1991), González-Elizondo et al. (2007) y muchos más. Por sus objetivos han sido descriptivos, cualitativos, con un léxico bien definido y todos con un fuerte componente botánico.

Es obvio, por lo tanto, que la narrativa de los estudios botánicos *per se*, tal como se percibe al paso de las décadas, es la que abrió brecha en Ecología, con base en: florística, taxonomía, anatomo-morfología (fisonomía), distribución geográfica (Corología y Sinecología) más la dispersión de las especies (Carlquist 1966, van der Pijl 1972), corriente esta última con numerosos representantes hoy en día a escala internacional (Jurado et al. 2001, v. sus citas). Por ello, la vertiente fenológica, ciclos biológicos, producción de semillas y el comportamiento de las diásporas en general, en el caso de México, sería tema a desarrollar por otros autores; los estudios fisiológico-ecológicos (Ecofisiología) surgieron poco después. Tomo como base para estas apreciaciones trabajos registrados en los congresos de Botánica en nuestro país desde 1960.

Mueller-Dombois & Ellenberg (1974) incluyen en su tabla 1.1 los sinónimos y equivalencias entre los términos europeos y los anglo-norteamericanos de las ciencias ecológicas. Se advertirá que la Genecología ha participado y enriquecido la Ecología a través de investigaciones sobre la variación genética de las poblaciones (Demecología). Heslop-Harrison (1964) escribía en relación con la Genecología: "*40 años de trabajos fundamentales en esta ciencia*"; hoy hablaríamos de 95 años. *Destaca en esta disciplina* Turresson (1923)...¿su punto de partida? tal como se mencionó *ut supra*.

La escasez de fisiólogos de las plantas en México de mediados del siglo XX, se ha subsanado poco a poco. Existen hoy equipos de fisiólogos en varias instituciones. Se tratan y publican aspectos de trascendencia en fisiología ambiental aplicados a la productividad agrícola, al estrés hídrico, los metabolismos C3, C4 y del ácido crasuláceo y las relaciones hídricas planta-suelo-atmósfera y agua-suelo-planta (RASP), la alelopatía, temas cuyo significado en Fitogeografía es relevante.

El estudio de las malezas, otro rubro de la Botánica aplicada y sus representantes, a través de sus congresos, revela gran desarrollo. Cuando tratamos este aspecto delante del estimado Dr. Cándido Bolívar, durante mi estancia en el Politécnico Nacional, gracias a una ayudantía que me ofreciera el Dr. J. Rzedowski en el Herbario ENCB entre 1961-1963, recalca don Cándido que se debe hablar de combate, no de control, de malezas.

No hemos dicho nada hasta ahora del suelo. Concomitante con los estudios de Warming a fines del siglo XIX, es justo reconocer, de acuerdo con Morton (1981), que esa época se distinguió por el avance de las ciencias del suelo entre 1890 y 1895 gracias a los trabajos de V. V. Dokucháyev (1846 - 1903) considerado fundador de la Edafología.

En Estados Unidos los estudios del suelo y su relevancia ecológica significó un fuerte apoyo para reconocer que no sólo puede hablarse de los "clímax" climáticos, sino también de los edáficos en materia ecológica, cf. Tosi Jr. (1960) en el Perú, Whittaker (1974), UNESCO (1955), Phillipson (1971, ed.), Horn (1976), Finegan (1984), Dyksterhuis (1949, 1958), Daubenmire (1979), Connell & Slatyer (1977), Spedding (1971), Stoddart et al., (1975).

Durante el trabajo de campo para mi tesis profesional (hace 60 años) sobre la vegetación de suelos salinos en Nuevo León, más los yesosos que también han sido motivo de publicaciones por especialistas, me percaté de su importancia ecológica...y evolutiva. Es tal el cúmulo de información al respecto hoy, conducente a desentrañar las causas de las adaptaciones fisiológicas y estructurales de las plantas, que sus formas de vida podrían ampliar las clasificaciones de Raunkiaer (1916,1934), Shreve (1936) y Miranda (1955), toda proporción guardada.

En materia de transformaciones geológicas, estudios palinológicos, análisis, perfil y espectro de pólenes, las stirpes fitogeográficas o geofloras (Rzedowski 1962, 1965, 1972, 1975), más las aportaciones de la Antropología y la Arqueología, se entenderá fácilmente cómo y por qué surgen términos compuestos en las ciencias de la Tierra, *v. gr.*: La Neogene geochronobioclimatopaleomagnetostatigraphy (Berggren & Couvering, 1974}.

Precisamente, a tono con lo anterior, Equihua-Zamora & Benítez-Badillo (1990, 2da. ed.) tienen, como presentadores de su libro, a cuatro revisores y editores, quienes exponen cuatro criterios mediante los cuales se han de abordar los temas en relación con la "*dinámica de las poblaciones y comunidades ecológicas*": **el histórico, el conceptual, el contextual y el metodológico.**

Rasgos conceptuales

El valor práctico de las investigaciones cualitativas durante dos tercios de siglo en la **Ecología vegetal**, si partimos, como lo hemos dicho, desde Warming (1895) hasta la década de los años '60' o más del siglo pasado, resultó de efecto multiplicador también en las ciencias agronómicas, veterinarias y forestales. En las dos primeras por el aspecto de los forrajes disponibles en zacatales y agostaderos y su consecuencia en la producción ganadera; las terceras por la riqueza informativa de la flora, tanto de las especies comerciales, maderables y no maderables, como del conocimiento básico que ello implica en la ordenación de montes.

La biodiversidad es de sustancial importancia. Saber y poder convivir en los ecosistemas forestales con tal riqueza, si no queremos transformar en **monocultivo** (*v.gr.* de 'teca' *Tectona grandis* como ocurre en el Sureste de México), extensos territorios dada

su estructura y variantes edáficas de las selvas bajas y medianas, v.gr. en Campeche (región de Escárcega), debiéramos partir de los conocimientos florísticos. ¿El **monocultivo forestal**? ¿Acaso es ese el futuro que nos conviene?

Sí, hay empleos, inversiones, movimiento económico, etc., pero ¿será la solución a largo plazo para las generaciones venideras?... ¿fuera selvas? y... ¿la nostalgia por las áreas naturales protegidas como remedo o relictos de nuestro potencial forestal en maderas preciosas? ¡Por favor!... ¿dónde quedó la visión?

Así, las concepciones fitosociológicas iniciales, los intentos y proposiciones de clasificación de los agrupamientos de plantas (Flahault & Schröter 1910; Nichols 1923), tanto como las interpretaciones estadísticas, de modelaje y su valor predictivo, *v.gr.* en el manejo de pastizales, zootecnia y silvicultura, dieron a los sinecólogos un marco más completo y, sin duda, epistemológicamente bien fundado. Se trata de la validación del conocimiento (cf. Tansley & Chipp, eds., 1926; Clark & Evans, 1954; Greig-Smith, 1957; Phillips, 1959; Cain, 1951; Hastings & Turner, 1965; Rzedowski, 1973; Shugart & West, 1981; Gounot 1969; Goodall, 1954, 1970; Franco et al. 1985 y 1989).

Dijimos *u.s.*, que los resúmenes de los 20 congresos de Botánica celebrados entre 1960 y 2016 en nuestro país, revela un auge inequívoco en el desarrollo de las ciencias ecológicas. Las mesas, simposios y conferencias magistrales, carteles y ponencias orales, se incrementaron de forma impresionante. Con seguridad, esos foros han tenido que ver mucho en la consolidación de los equipos de trabajo en universidades, institutos y centros de investigación, mientras los gremios de especialistas hoy en día son legión. Todavía se vivía un ambiente romántico acorde con las tendencias biogeográficas de los estudios sinecológicos, su descripción, cartografía y florística.

Recuerdo... en los primeros congresos el pteridólogo Dr. Ramón Riba y Nava Esparza se quejaba de que "*no tenía con quién platicar*". Fue creciendo el número de científicos(as) en esa especialidad que, es un decir (como ocurre con otras áreas) ya es tiempo ... "de sesionar aparte". Así veo la proyección en varias especialidades botánicas. Ha ocurrido con los simposios de pinos piñoneros, de utilización de encinos, de tecnología de la madera, de congresos forestales nacionales, reuniones sobre temas de Meteorología y Climatología, de suelos, de semillas forestales, de productos forestales no maderables, de manejo de pastizales, de la ciencia de las malezas, en fin.

Pues bien, en Sinecología y todas las ciencias experimentales, se sigue el método inductivo (inducción exacta de Hartman, 1960). De ahí se alcanza la inducción generalizante o teoría conceptual que toda investigación o corriente académico-científica proyecta. Así como existe la Física teórica, también la hay en Biología, en nuestro caso la Ecología teórica (von Bertalanffy, 1951, 1968; Margalef, 1968; Horn, 1976; May, 1976) y la Ecología de sistemas (Duek, 1979).

Aproximaciones cuantitativas aparecen en la Ciencia de la vegetación desde Arrhenius (1923) quien, en Suecia, había publicado ya en 1918 y 1922 sendos trabajos sobre "**especies-área**" y "**método de análisis de las asociaciones de plantas**". Por supuesto en su bibliografía cita a Jaccard, Du Rietz, Raunkiaer y otros. Hoy en día la bibliografía especializada se ha multiplicado. Recientemente, tanto en Linares, N. L. (Ciencias Forestales) con Villalón et al. (1991) como en la Universidad Antonio Narro en Saltillo con González-Uribe & Sánchez-Pérez (2004), se han planteado sendos temas acerca de los métodos clásicos del muestreo para determinar cobertura y densidad vegetales. Estos temas se tratan ampliamente en los capítulos respectivos de este libro.

Subsiste el gran reto: ¿quién(es) hará(n) la síntesis en cada área del conocimiento? Sabemos que las revistas *Botanical Review*, *Annual Review of Plant Physiology*, *Annual Review of Ecology and Systematics* y varias más de esta serie, abarcan temas con criterio de **revisiones** y dan amplísima bibliografía. La respuesta de los científicos y académicos es muy favorable porque se pone al día a los especialistas de otras disciplinas sobre los temas que no son de su área de interés directo. Así se resuelve, en gran medida, tal demanda.

En cuanto a la biodiversidad (Cracraft, 1985) implícita en los biomas, formaciones y ecosistemas, se abarca un amplio espectro, comenzando con la "**alfa**" para saber qué tenemos, la "**beta**" para entender la composición y posible delimitación de las comunidades bióticas i.e. Coenecología y la "**gama**" con el estudio a profundidad de la energética, la productividad, cadenas alimenticias, estructura trófica, pirámides de números y demás temas integradores (cf. Hansen, 1921; Standley, 1936; Pianka, 1970; Thieret, 1971; Tivy, 1971; MacArthur & Wilson, 1967; MacMahon & Wieboldt, 1978; Flores-Mata et al., 1971; Margalef 1974; Smith 1966).

De esta forma, se ha logrado llevar la síntesis al establecimiento y cálculo de los "**índices de integridad biótica**". He visto varios casos recientes en Ictiología. Esto implica la captura de los datos de composición de especies en flora y fauna de cada ecosistema. Ojalá se contara con esos inventarios actualizados, sobre todo en la prevención de cataclismos. Llamen la atención e inquietan los impactos al medio por huracanes, incendios, inundaciones, corrimientos de tierra, aludes o deslaves, tala severa, contaminación por derrame de hidrocarburos, de metales pesados, efectos degradantes del entorno durante la minería a cielo abierto, etc.

El Dr. Larqué-Saavedra lo dijo durante su participación ante el XV Congreso Mexicano de Botánica del 2001 en Querétaro: ¿qué teníamos?, ¿qué tenemos?, ¿qué nos queda?, ¿qué quedará? y...¿qué se sugiere hacer? Ahora, 18 años después, seguimos planteándonos lo mismo, aunque algunas respuestas halagüeñas ya se ofrecen en regiones cuyos ciudadanos en el campo han tomado acciones concretas.

Sobresalen el cuidado del agua, la reforestación con 'seguimiento', protección de especies según las normas mexicanas y propagación de otras a través de cosecha de semillas, viveros e invernaderos. Esto no sería posible sin compromisos colectivos, el uso eficiente del suelo, producción agrícola, hortícola y silvícola, aparte del fomento de las artesanías y el comercio. Programas de esta naturaleza y con esta visión, envidiables, se dan por ejemplo en la Mixteca oaxaqueña (me ha tocado ver, hace algunos años, documentales en televisión, sorpresivamente, que revelan inteligentes iniciativas regionales... en otros tiempos impensables).

No se puede menospreciar la calidad humana, técnica y social de las comunidades indígenas, cuyo patrimonio es justamente el medio en donde viven. Además, no esperan la tutela del Estado para moverse técnicamente en su entorno que conocen a la perfección.

Desde mi punto de vista los índices de integridad biológica son una necesidad. Es una tarea científicamente posible, institucionalmente deseable, presupuestalmente difícil, pero organizativamente redituable...queda sólo por ver la voluntad política que dispare, desencadene, la secuencia de los pasos a seguir y además...la garantice. México está académicamente maduro para emprender proyectos interdisciplinarios complejos. La división del trabajo es fundamental, la **'coordinación'**... una necesidad.

Después de cualquiera de esos impactos habría que volver a inventariar la biodiversidad y hacer las deducciones numéricas y estadísticas correspondientes. ¿Por qué y para qué? La respuesta es **para el recuento de daños ecológicos y de la diversidad biótica** y, sobre todo, integrar la **secuencia histórica de la pérdida de diversidad por extinción de especies. Además re-catalogar las especies vulnerables y/o amenazadas, y las que están en peligro de extinción y, al contrario, las que resulten favorecidas por cataclismos.**

Cartografiar a ese nivel lo acontecido en la escala del tiempo dará una visión documentada de lo que nos espera. La pregunta ..¿cómo vamos a saber cuándo y dónde ocurrirá tal o cual cataclismo? Es cierto, pero faltan inventarios regionales, actualizados, en varias partes del país. De no ser así...¿cómo podremos lidiar con los compromisos señalados en el documento: "Anónimo" 2006/2007. México: 3a. comunicación nacional ante la Convención Marco de las NN UU sobre el cambio climático, etc...? (ver Anónimo 2006/2007. México. 208 pp.).

La Sinecología vegetal; bases florísticas, de hábitat...o ambas.

Estamos conscientes de la advertencia de Tansley (1935) acerca del uso y abuso de los términos y conceptos en Ecología. Creo que debemos partir de los clásicos en esta materia. De hecho, son tantos que, confieso, no encontraba un punto de apoyo firme del cual partir, hasta que encontré un autor, tal vez ignorado, cuya exposición escrita tiene claridad y sencillez. ¡No fue fácil! ya que yo mismo lo había pasado por alto en favor de otros renombra-

dos exponentes de la Sinecología!. Hoy recomiendo su contribución como referencia obligada. Se trata de A. Brooker Klugh (1923) de Queen's University en Kingston, Canadá.

Klugh reconoce tres líneas para el estudio y posible clasificación de las comunidades (en este caso de las plantas, siendo él zoólogo) con representantes de cada una (**N.B.**):

Con bases florísticas	Con base en el hábitat	y la combinación de ambas
Hult (1881)	Warming (1895)	Drude (1890)
Brockmann-Jerosch (1907)	Gräbner (1901)	Fink (1903)
Gradmann (1909)	Schröter(1902)	Flahault & Schröter (1910)
Braun (1915)	Ostenfeld(1908)	Crampton (1911)
	Comere (1913)	Davis (1911)
	Parish (1914)	Rydberg (1914)
	Nichols(1915-1920)	Johnston & York (1915)
	Ramaly (1920)	Vestal (1917)
		Hustedt (1922)

N.B.: Tengo acceso a los trabajos de Nichols (1923) y de Klugh (1923), por lo que no se incluye en la Bibliografía la mayor parte de esta lista; son referencias de Klugh (*op. cit.*). Su recuento histórico sucesivo es impresionante.

Klugh mismo pertenece a la 3ra. columna, ya que se muestra conciliador entre las dos corrientes. Sólo tres corresponden a trabajos publicados en el siglo XIX, pero trascendieron al XX. Ahora, si consideramos el otro axioma de la Ecología y de la Biogeografía ..."**la distribución de las especies vegetales gobierna la distribución de las especies animales**", con mayor razón debemos considerar sus puntos de vista.

Véase que Warming encabeza la segunda columna, a quien se considera fundador de la **Ecología vegetal**. Listados como éste no sólo orientan al lector acerca del principio de las cosas, de

dónde vienen, quiénes las hicieron, dónde y cuándo, de qué instituciones, sino también de sus objetivos y metodología.

Un estudio profundo implicaría tener acceso a los trabajos originales o por lo menos a un resumen. La redacción del trabajo de Klugh (1923), la consideración de los investigadores que lo antecedieron, sus resultados y discusión, sus planteamientos y normas científicas (obvias) hacen de su obra un portento de armonía y congruencia y por supuesto de grata lectura, con referencias de 80 citas. Aparte de técnica, es una búsqueda también histórica.

Términos que Klugh (*op. cit.*) pone a discusión: comunidad, sociedad, zona, formación, asociación, asocies, consociación, consocies, cenosis y systasis. Nuestros comentarios son:

'**Comunidad**' se seguirá usando en sentido amplio o restringido, pero sin rango jerárquico alguno (equivale a la palabra "grupo" o "agrupamiento") sin definición de límites.

'**Sociedad**' se abandonó en el léxico ecológico; se usó en el siglo XIX y parte del XX.

'**Zona**' se ha venido usando hasta hoy en los perfiles de vegetación, cuando se hace la 'zonación' a lo largo de un gradiente altitudinal y corresponde a los 'pisos altitudinales'. También se ha usado en el trazo de líneas concéntricas alrededor de un lago o de zonas salobres y yesosas planas. Lo mismo que 'grupo', son palabras vagas. Los términos "**cinturón de vegetación**" o "**belt vegetation**" parecen revelar significado similar.

'**Formación**' es un concepto que, para Klugh (*op. cit.*), debía abandonarse. Miranda (1959) utilizó el término 'formación' para referirse a las fitocenosis en las que prosperan los géneros bicontinentales de América tropical. También lo emplea Holdridge (1947) en la construcción de su modelo triangular de formaciones a partir de datos climáticos simples. A este modelo han recurrido investigadores de Sudamérica, Centroamérica y de Estados

Unidos (v.g.: Holdridge 1967; Tosi Jr., 1960; MacMahon & Wieboldt 1978) aunque también se considera el uso de "Zonas de vida natural", intercambiable con 'formaciones vegetales'.

Asimismo Aubréville (1965) expone principios sistemáticos de las formaciones tropicales. Cabrera y Willink (1973) usan '**formaciones bióticas**' como equivalentes a '**tipos de vegetación**', criterio que nos parece el más generalizado. Duvigneaud (1974) lo explica en términos parecidos a como lo entendemos nosotros. Birot (1965) publica su obra de alcances mundiales "**Formations végétales du globe**", de 508 pp. Roig y Roig (1969) lo emplean en la designación de comunidades diversas de Mendoza, Arg., desde formaciones del algarrobal (mezquiales para nosotros), de pastizales, las arbustivas...hasta las formaciones arbóreas, todas descritas desde el punto de vista fisonómico y datos florísticos al detalle.

El vocablo '**Formación**' fue propuesto originalmente por Grisebach en 1838 (según Klugh, 1923) y aceptado por el Congreso de Botánica de Bruselas en 1910 (Margalef, 1974). También lo han usado los geógrafos, ecólogos y fitogeógrafos para dar a entender un rango sinecológico mayor, abajo de "**Bioma**". Rzedowski (1978) en su tratado sobre la vegetación de México define '**formación**' como aquella "*comunidad vegetal de rango elevado, caracterizada principalmente por sus rasgos fisonómicos*". Sin embargo, es cauto en su uso, v.gr. en la pág. 151: "[...] *criterios que parecen ser muy adecuados para clasificar las formaciones en una parte del país, no son tan recomendables en otra región diferente*"; en la pág. 315 y otras, aparece ocasionalmente.

'**Formación**' se entiende bien cuando se aplica a tundra, taiga, bosque de coníferas, pinares, encinares, bosques mixtos, comunidades vegetales de estepa y desierto, manglares, selvas de diversos rasgos, pastizales, matorrales y chaparrales (encinares arbustivos), etc. Mi impresión es que podemos seguir usándolo

para darnos a entender en el léxico semi-técnico, por simple comodidad. En geología es válido el vocablo 'formación', por supuesto con otro significado.

'Asociación'. Para Klugh (*op. cit.*), Duvigneaud (1974) y para casi todos los sinecólogos es muy aceptado este vocablo ya que se considera "la unidad por excelencia" de los estudios en fitosociología. Se acepta la definición dada oficialmente por el 3er. Congreso Internacional de Botánica, celebrado en Bruselas (Klugh cita a Flahault & Schröter 1910): una **'asociación'** es una *comunidad vegetal de composición florística definida, de fisonomía uniforme y crece en condiciones de hábitat asimismo uniformes*.

Klugh (1923) hace la observación de que, en su opinión, sólo falta incluir el componente animal para que valga ecológicamente como unidad digna de ser contemplada en la clasificación de las comunidades planta-animal. Su definición es: "*Una asociación es una comunidad de composición **biótica** definida que vive en condiciones de hábitat uniforme*". Impecable.

Para Hanson & Churchill (1961: 66) equivale a "**comunidad tipo**" o "**comunidad en abstracto**". En el sentido de Clements se trata de una subdivisión de la formación, de lo que se deduce: "*no hay correspondencia entre ambas definiciones*".

Más aun, como toda asociación es una unidad "discreta" *i.e.* se pueden distinguir en campo, para Gleason (1926) no hay tal cosa en la Naturaleza y defiende el concepto "individualista de las especies". Da la impresión de que las plantas no tienen la más remota "idea" de que forman comunidades, su ciclo de vida tal pareciera que sigue un derrotero caótico al que sólo los estudiosos hallan sus relaciones en abstracto.

En honor a la verdad el concepto de Gleason (1926) me 'saca de quicio', como si las ciencias que se desenvuelven alrededor de la naturaleza hiciesen un "mal retrato" del fenómeno natural que

tenemos enfrente, del que pueden estudiarse sus relaciones causa-efecto.

La realidad objetiva de la naturaleza es la razón de ser de las ciencias que la estudian. Surgirán diversas interpretaciones de los fenómenos en estudio, por supuesto, pero la verdad científica, como nunca es verdad absoluta, se rige por la Lógica de la ciencia, la epistemología que valida el conocimiento y las leyes que rigen el principio científico, aunque no tengamos conciencia de ello.

Para los estudios forestales y/o de pastizales se parte del concepto de '**sitio**'. Como extensas áreas de unos y de otros han sido diezmadas al paso del tiempo, hoy vemos fracciones, manchones, rodales y circunspecciones que obstaculizan la cartografía de la vegetación, aunque ésta no sea un fin en sí misma (cf. el trabajo realizado en décadas por el INEGI).

La ordenación de montes y la calidad de '**áreas homogéneas**' para fines de inventario se dificulta. El criterio subjetivo no puede evitarse. Empero, tienen que hacerse las prospecciones ante el ojo clínico del investigador responsable, según su experiencia. Así aquellos conceptos de "carga animal/ha", "capacidad de carga de un pastizal", el "coeficiente de agostadero", "la condición del pastizal", los muestreos dirigidos, etc., seguirán siendo válidos como técnicas de trabajo.

'**Asociés**' la define Klugh (*op. cit.*) como toda comunidad en ostensible desarrollo, relativamente rápido, misma que deviene en una asociación. Ejemplifica con la vegetación mesofítica nórdica. Sí pero...¿qué define a cada 'asociés'? : ¡la composición florística!, especialmente si se trata de botánicos y/o conocedores de la sucesión.

'**Consociación**' es "toda comunidad vegetal (Clements) dominada por una sola especie". Es usual en algunos sinécologos agre-

garle el sufijo '*etum*' (*Quercetum, Pinetum, Byrsonimetum, Mimose-tum, Rhizophoretum, Agavetum, Hilarietum* etc.), práctica, según Klugh (1923), iniciada (propuesta) por Schouw (1823) y expresa que tal sufijo no debe emplearse para designar a las asociaciones. Véase que '*etum*' se agrega al nombre de los géneros, aunque lo hemos visto también en uso para *graminetum, coniferetum, cruciferetum, fruticetum, herbetum*.

'**Consocias**' es el desarrollo de la comunidad equivalente a una consociación. (Klugh, 1923).

'**Cenosis**' para Klugh no debe llevar el prefijo 'bio' ('biocoeno-sis' fue la traducción al inglés del término 'Bioconose' usado por Möbius en 1877 (*vide Klugh op. cit.*) y acertadamente aclara... "*para todo lo que trata la Ecología [una ciencia biológica], resulta redundante agregarle el prefijo 'bio', por lo que debe usarse simplemente 'cenosis'*" y la define como "toda comunidad de seres vivos...en posesión de un cierto territorio definido". Los ecólogos rusos usan **Biogeocenosis** como sinónimo de '**Ecosistema**' (Tansley, 1935). Se han propuesto otros términos: microcosmos (S. A. Forbes, 1887), holoceno (Friederichs, 1930), biosistema (Thienemann, 1939), cuerpo bioinerte (Vernadsky, 1944), natur complex y Räume o "Unidad de paisaje" (Passarge) o simplemente "comunidad biótica".

'**Systasis**' es el término propuesto por Klugh (1923) para designar "aquellas comunidades de plantas que se diferencian por rasgos menores, pero constantes, a los de la asociación de la que forman parte. Tales diferencias no justifican, empero, su designación como asociación aparte". Systasis significa "permanecer juntos" (*those standing together* en el original en Inglés). Carpenter (1938: 273) es el único autor que lo cita y sugiere ver '**facies**'.

Por supuesto, existe una riqueza de términos que suelen usarse en los trabajos de campo: capas o estratos de vegetación

('layers') según la altura convenida para árboles, arbustos, hierbas, helechos, musgos y plantas verdes en forma de cojines. Además, sinusias, colonias, manchones, fragmentos, etc. con diversas acepciones. Sotobosque, subvegetación, "orla" o estrato intermedio para designar árboles bajos (o arbustos altos) dentro de bosques y selvas secundarias con denso componente arbustivo; en Inglés he visto: "Overstory (estrato superior) y "undergrowth", "understory", "underlayer", "underwood" "dense growth", "subvegetation" y "thicket" aplicados al sotobosque. Poéticamente sería: la "espesura" del monte, un denso matorral.

El término "**heath**" es difícil de tipificarlo coloquialmente en español; el diccionario traduce como "brezal"; para nosotros corresponde a matorral perennifolio de ericáceas acompañadas por labiadas, berberidáceas, garriáceas, encinos arbustivos, de hojas coriáceas, "mirtos" (o "mirtales") de distintos géneros y especies, desde niveles medios a la alta montaña y árboles escasos (*Arbutus*) y aparte de la dominante "manzanita" (*Arctostaphylos*) probablemente *Vaccinium* y *Symphoricarpos*, rosáceas arbustivas: *Cercocarpus*, *Vauquelinia*, *Amelanchier*; ramnáceas del género *Ceanothus*. *En la Gran Bretaña, Australia, Estados Unidos, Chile, Francia, etc. hay otros nombres para 'heath'.*

Se conoce como "**Árboles emergentes**" a los que destacan sobre el dosel principal (la masa de copas dominantes) en las selvas altas perennifolias (rain forest) o pluvisilva.

El autor Hugh Miller de Edinburgh, Escocia (1882, citado por Nichols, 1923) decía que "*toda clasificación es un producto inherente a la mente humana*". Además, Nichols (*op. cit.*) enuncia: "*la estructura ecológica es a las comunidades vegetales lo que la estructura morfofisiológica es a toda la planta*". Se respeta "el sentido de las proporciones" si se me permite este aserto.

No nos sorprenda pues que tanto Nichols (1923) como Klugh (1923) propongan en sus respectivos artículos, sendas clasificaciones de las comunidades. El primero solamente para las **fitocenosis**, el segundo incluye comunidades de plantas y animales (**cenosis**).

Las clasificaciones son aproximaciones científicas cuyo mérito, de quienes las proponen, se sustenta en bases técnicas como producto de investigaciones, usualmente luego de mucho tiempo y, como tales, sujetas al escrutinio riguroso de los pares. Así, entre más sólidos sean su léxico y sus bases científicas, más probable es que se acepten.

Nichols (1923) considera esa tarea como parte de la especialidad que él llama: "**Sociología vegetal sistemática**" ("**Systematic plant sociology**"). En nuestro tiempo corresponde a la Sintaxonomía o "Taxonomía de las comunidades" (Rivas - Martínez, Sánchez - Mata & Costa, 1999). Esta vertiente de la Sinecología editó un Código de nomenclatura fitosociológica (Barkman, J. J., J. Moravec & S. Rauschert, 1986); su terminología para designar a las fitocenosis ha **sido: "potential natural plant communities"**.

En la escala del tiempo (un siglo y medio o más) no hay, como se puede apreciar, 'solución de continuidad' en la investigación *i.e.* se trata del mundo científico en movimiento como rasgo "inherente a la mente humana". Lo mismo es válido para la Sistemática o Ciencia de la diversidad y/o de la clasificación de los organismos (Whittaker, 1969). Se quedan en el tintero otros vocablos que resultan útiles: sinusia, alianza, 'especies constantes', 'especies vinculantes' ("binding species"), 'valencia ecológica', 'vicarismo', endemismos y otras. Para los endemismos sugiero revisar: Rzedowski (1962); Mosquin (1971) y Major (1988). Para el vicarismo o vicarianza revítese el libro de Pérez-Rodríguez (2005) y sus enfoques de conformidad con Croizat.

Antes de concluir esta exposición, permítaseme citar este "cierre" de Morton (1981: 464) al recordar al historiador griego **Po-libio** (205 - 125 a.J.C.) autor de 40 libros de Historia romana, cuando éste dijo *"la cualidad de la Historia consiste en, primero, averiguar qué fue lo que se dijo y se hizo en realidad; segundo, descubrir las causas del éxito o del fracaso. Es el estudio de las causas lo que hace fructífera a la historia y la base para estimar el futuro y saber enfrentar los eventos por venir, con toda confianza"* (trad. libre del inglés de J. S.M.).

Como botánico, como biólogo, admiro y rindo homenaje, a riesgo de incurrir en omisiones (de antemano me disculpo porque es válida la sentencia "el que enumera omite y el que omite ofende"), a quienes reconozco por su arduo trabajo de tantos años, en sus respectivas especialidades, entre maestros, investigadores, profesionales exitosos, colegas y/o ex alumnos (muchos ya fallecidos lamentablemente) que vienen a mi mente, atropelladamente:

Maximino Martínez, Faustino Miranda, Eizi Matuda, Jerzy Rzedowski, Helia Bravo Hollis, Arturo Gómez Pompa, José Sarukhán Kérmez, Efraím Hernández Xolocotzi, Francisco González Medrano, Mario Sousa Sánchez, Xavier Madrigal Sánchez, Gastón Guzmán, Ramón Riba y Nava Esparza, Graciela Calderón de Rzedowski, Luz Ma. Villarreal de Puga, Ma. de la Luz Arreguín Sánchez, Débora Ramírez Cantú, Leía Sheinvar, José Luis Villaseñor, José Castillo Tovar, Raúl Garza Chapa, Fortunato Garza Ocañas, Juan Luis Cifuentes Lemus, Andrés Eduardo Estrada Castellón, Alfonso Delgado Salinas, Miguel Medina Cota, José Ángel Villarreal Quintanilla, Manuel Humberto Reyes Valdés; José Luis Gutiérrez Lobatos, Temístocles Muñoz López; Oscar Briones Villarreal, Guillermo Ibarra Manríquez, Jesús Valdés Reyna, Exequiel Ezcurra, Alfonso Valiente Banuet, Patricia Dá-

vila, Victoria Sosa, Laura Huerta, Ma. Ana Garza Barrientos, Raquel Galván, Luciano Vela Gálvez, Teresa Mejía Saulés, Sergio Zamudio, Socorro González Elizondo, María Luisa Cepeda, Martha González Elizondo, Hernando Sánchez Mejorada, Enrique Jurado Ybarra, Humberto González, Marisela Pando, César Cantú Ayala, Marisela Gómez Sánchez, Ma. Concepción Herrera Monsiváis, Mahinda Martínez, Raquel Galván, Edmundo García Moya, Mario Vázquez Torres, Andrés Vovides, Mario González Espinosa, Jorge Meave del Castillo, Libertad Leal Lozano, Rogelio Portales Ramos, Humberto V. Sánchez Vega, Jesús García Jiménez, Ricardo Valenzuela, María Magdalena (Mané) Salinas Rodríguez, Luis Hernández Sandoval, Daniel Piñero, Rodolfo Dirzo, José Marmolejo, Oscar Aguirre Calderón, Ma. Eufemia Morales Rubio, Concepción Rodríguez Jiménez, José Ángel de la Cruz Campa, Felicidad García, Fernando Chiang, Claudio Delgadillo, Adolfo Espejo Serna, Guadalupe Martínez Ávalos, Edmundo Rodríguez Campos, Miguel Ángel Capó Arteaga, Gerónimo Cano y Cano, Alejandro Zárate Lupercio, Mauricio González Ferrara, Leopoldo Arce González, José Fco. Rodríguez Martínez. José Manuel Fernández Brondo, Juana Estela Guerrero Torres, Humberto Suzán, Guadalupe Malda, Abel García Arévalo, Ismael Cabral Cordero, Roberto Banda Silva, Jorge Alberto Pérez de la Rosa, Juan Encinas, así como los integrantes de las nuevas legiones de botánicos(as) y ecólogos(as) que ya destacan en el firmamento científico de México con luz propia, como son, claro está, quienes me invitaron a participar en este libro: Eduardo Alanís Rodríguez y Arturo Mora Olivo. Gracias.

Planeación del muestreo de la vegetación

Los muestreos de la vegetación deben planificarse, es decir antes de iniciar las actividades en el campo se debe definir qué información se requiere, qué variables hay que medir en el campo, cómo se medirán, quién lo hará, cómo se analizará la información y cómo se presentarán los resultados. Ortíz y Quirós (2001) mencionan que el objetivo de la planificación del muestreo de la vegetación es definir, para cada una de las fases de inventario, un procedimiento de ejecución lógico, sensato y eficiente que permita obtener la información requerida al menor costo posible, confiable y con un nivel necesario de precisión.

Es importante definir a *priori* (en latín: «previo a») qué información se necesita obtener del muestreo. La información requerida puede ser para una caracterización de la estructura vegetal, cuantificar el carbono acumulado, evaluar la regeneración de especies leñosas o herbáceas, o hacer un análisis comparativo de

diferentes comunidades vegetales, etc. De acuerdo con el objetivo del muestreo se define el tipo de información que se requiere.

Después de definir el objetivo, se debe precisar cómo se procederá a generar la información y cómo se presentarán los resultados, esto es, qué variables se van a evaluar en el campo y cómo se utilizarán para realizar un análisis cuantitativo. Esto es muy importante, ya que existe la tendencia a evaluar un alto número de variables en campo que no tendrán ninguna utilidad en los análisis estadísticos, pero si aumentan los costos operativos de las actividades de campo. De manera contraria, se debe tener cuidado de no dejar de evaluar variables que son importantes y necesarias para generar la información requerida.

Dentro de las preguntas iniciales son:

1. ¿Qué forma y tamaño deben tener los sitios de muestreo?
2. ¿Cómo se va a elegir en qué localidad se van a establecer los sitios de muestreo?
3. ¿Qué individuos (arbóreos, arbustivos, herbáceos) se van a considerar?
4. ¿A partir de qué tamaño se evaluarán los árboles y arbustos?
5. ¿Cuántos sitios de muestreo se tienen que establecer?
6. ¿Qué variables se le medirá a la vegetación?
7. ¿Qué instrumentos de medición son los adecuados para evaluar la vegetación?
8. ¿Qué variables e índices se estimarán?
9. ¿Qué gráficos y/o tablas se generarán con la información?

Para que no se vayan a cometer errores en la evaluación de la vegetación, Ortíz y Quirós (2001) mencionan que es importante definir una serie de pasos para la planificación de las actividades.

En cada etapa del proceso es importante precisar las necesidades de materiales, equipo, personal y logística.

1. Identificar el objetivo del inventario. Para ello se propone redactar el título y objetivos que se pretenden.
2. Establecer que información llevará el documento final (artículo científico, tesis, reporte técnico, etc.) en función de los objetivos. Aquí se define que gráficos y/o tablas, variables e índices se estimarán para cumplir con los objetivos propuestos.
3. Definir qué datos y variables de la vegetación se deben medir en el campo para generar los análisis correspondientes. De acuerdo a los objetivos establecidos se definen las variables que se medirán.
4. Recopilar información general y legal sobre el área que se va a evaluar. Es importante hacer recorridos previos al área para gestionar los permisos necesarios. En caso de que se requiera se tienen que generar oficios a Áreas Naturales Protegidas, representantes de ejidos, propietarios, etc.
5. Recopilar información de la comunidad vegetal a evaluar. Se deben recopilar información de investigaciones, inventarios e informes anteriores. Además se deben de conseguir guías para la identificación de especies y listas de especies esperadas.
6. Identificar las variables de la vegetación que se medirán en campo y definir la metodología necesaria para cumplir con los objetivos propuestos. En esta etapa se define que variables se considerarán, se genera el formato de campo, se definen los instrumentos de medición que se usarán y se redacta detalladamente la metodología que se usará para calcular las variables e índices. Hay que especificar las fórmulas y programas de cómputo que se utilizarán.

7. Identificar el área total a muestrear en campo y definir el tipo de muestreo a utilizar. Mediante Sistema de Información Geográfica (SIG) se debe delimitar el área sujeta a evaluación y determinar si la vegetación presenta características homogéneas o heterogéneas. Después se hace una visita al campo para corroborar la información del SIG. En esta fase se define el diseño de muestreo (aleatorio simple, aleatorio estratificado o sistemático) y la forma y tamaño de los sitios de muestreo.
8. Escribir la metodología y procedimientos de campo, donde se describa precisamente:
 - a. Procedimiento para la localización de los sitios de muestreo
 - b. Medición de variables y utilización de instrumentos
 - c. Marcación de árboles y arbustos
 - d. Marcación de los sitios de muestreo
 - e. Llenado de los formatos de campo
 - f. Identificación de especies y recolección de muestras
 - g. Descripción de variables a medir
 - h. Descripción del diseño
 - i. Si los hubiera, descripción de los estratos

Tipos de investigación

Existen distintas clasificaciones de tipos y métodos de investigación en ecología. Una de las primeras y más populares clasificaciones la propone Bunge (1980), al distinguir entre las investigaciones básicas y aplicadas. Tam y Oliveros (2008) define la investigación básica como aquella que tiene como objetivo mejorar el conocimiento *per se*, más que generar nuevas técnicas o tecnologías. La investigación aplicada tiene como objetivo crear nuevas técnicas o metodologías a partir de los conocimientos adquiridos.

De acuerdo a Ribichich y Casenave (1998), las investigaciones de ecología vegetal también se pueden clasificar a partir de sus objetivos temáticos y la metodología usada de la siguiente manera: descriptivo básico (listados, narraciones, descripciones cuantitativas simples), descriptivo analítico (descripciones estadísticas, modelos matemáticos), interpretativo (similar al anterior pero con una aplicación inferencial de la información dentro de un marco teórico explícito) y explicativo (similar al anterior

pero partiendo de una hipótesis explícita y desarrollando un experimento o diseño de muestreo adecuado para ponerla a prueba). Mostacedo y Fredericksen (2000), Alanís *et al.* (2015), Rojas (2015) y Díaz *et al.* (2017) proponen que las investigaciones de ecología vegetal se pueden clasificar de acuerdo a la naturaleza de los objetivos en estudios descriptivos, comparativos y experimentales.

Los estudios descriptivos no tienen hipótesis *a priori* y su objetivo es recabar información de localidades escasamente evaluadas. A continuación se enlistan investigaciones descriptivas que se desarrollaron en el noreste de México que tienen como objetivo evaluar comunidades vegetales escasamente evaluadas:

- a) Estructura y diversidad de una comunidad de matorral submontano en Tamaulipas, México (Mora-Olivo *et al.*, 2016)
- b) Estructura, composición florística y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco, México (Mora *et al.*, 2013).
- c) Composición y estructura del matorral desértico rosetófilo del sureste de Coahuila, México (Molina *et al.*, 2017).

Los estudios comparativos si tienen una hipótesis *a priori* y no tienen manipulación del ambiente. En ellos se contrastan dos o más localidades para someter la hipótesis. En los siguientes ejemplos los investigadores no manipularon el ambiente pero si contrastaron localidades de acuerdo a alguna variable como suelo o gradiente altitudinal.

- a) Composición y diversidad del matorral desértico rosetófilo en dos tipos de suelo en el noreste de México (Alanís *et al.*, 2015c).

- b) Diversidad y composición vegetal de matorrales en el Valle de Santa Catarina, en el Noreste de México (Mata-Balderas *et al.*, 2014).
- c) Diferencia en la estructura y diversidad arbórea en un gradiente altitudinal en la Reserva de Biósfera La Laguna (Rascón-Ayala *et al.*, 2018).

Los estudios experimentales si tienen una hipótesis *a priori* y manipulación del ambiente (tratamiento experimental). En ellos los investigadores contrastan dos o más variables que fueron manipuladas para someter la hipótesis. En los siguientes ejemplos hubo manipulación del ambiente (tratamientos de restauración mediante plantaciones forestales, rescate de especies vegetales, construcción de taludes y establecimiento de material edáfico) para evaluar la efectividad de los tratamientos.

- a) Prácticas de rehabilitación en un ecosistema semiárido, afectado por el establecimiento de un banco de material, en el noreste de México (Mata-Balderas *et al.*, 2014).
- b) Efecto de la restauración ecológica post-incendio en la diversidad y estructura del componente arbóreo del Parque Ecológico Chipinque, México (Alanís *et al.*, 2010).
- c) Composición florística y diversidad de un área restaurada post-minería en el matorral espinoso tamaulipeco (Marroquín-Castillo *et al.*, 2017).

Para un mejor entendimiento de estos tipos de estudios se presenta la siguiente tabla, en el cual se aprecia que tipos de investigación presentan hipótesis y manipulación del ambiente.

Tabla 1. Imagen que muestra los tipos de investigación en ecología vegetal y si presentan hipótesis y manipulación del ambiente.

	Descriptivo	Comparativo	Experimental
Hipótesis	No	Si	Si
Manipulación del ambiente	No	No	Si

Diseño de muestreo

La información obtenida del muestreo de la vegetación es de interés para los gestores e investigadores de los recursos naturales. Con el fin de ser útiles, dicha información deben cumplir con ciertos estándares de calidad. Para cumplir estos objetivos se requiere de la aplicación de metodologías reproducibles en el establecimiento de los sitios.

Corral *et al.* (2009) mencionan que el diseño de muestreo es la parte que requiere mayor cuidado, ya que de éste depende el tipo de análisis e interpretación a realizarse. Para que un muestreo sea lo representativo, debe estar bien diseñado. Esto quiere decir que en la muestra que se tome debe considerarse la mayor variabilidad existente en toda una población estadística para tener representatividad.

En grandes rasgo se pueden definir dos tipos de muestreo el subjetivo también llamado dirigido y el probabilístico. El muestreo probabilístico se divide en aleatorio simple, aleatorio estratificado y sistemático. A continuación se describen cada uno de ellos.

Muestreo subjetivo o dirigido

McRoberts *et al* (1992) indican que el muestreo subjetivo trata de emplear un juicio profesional para seleccionar la ubicación de los sitios de muestreo. En general es más cómodo medir estas unidades, lo que reduce el costo. Aunque los datos que se recopilan de éstos sitios de muestreo describen de una forma precisa el estado de las ubicaciones muestreadas, no son representativos del conjunto de la población. Los defensores del muestreo subjetivo confían en la capacidad de los expertos para seleccionar una muestra representativa y argumentan que este enfoque es suficientemente bueno para fines prácticos. En determinadas situaciones sencillas, esto podría ser cierto, pero no en todos los casos.

McRoberts *et al* (1992) y Corral Rivas *et al* (2009) mencionan que la información recabada de sitios de muestreo establecidos subjetivamente puede no tener valor, ya que el diseño de muestreo no es defendible desde un punto de vista científico crítico. Del mismo modo, las ubicaciones de muestreo más cómodas a menudo se encuentran cerca de carreteras, las cuales están frecuentemente asociadas con accidentes geográficos, usos del terreno, historiales de gestión y patrones de paisaje.

Además, si la persona que establece los sitios de muestreo no es un experto y no cuenta con los criterios profesionales, es altamente probable que se consideren (consciente o inconscientemente) criterios de practicidad y rapidez. Por ejemplo, en el noroeste de México se distribuye el matorral espinoso tamaulipeco, una comunidad vegetal densa y con alta presencia de especies con espinas y cuando se les pide a los estudiantes o técnicos de campo establecer sitios de muestreo en una determinada área los establecen de acuerdo a las siguientes características:

1. Áreas con baja densidad de individuos.
2. Áreas con alta presencia de individuos que no presentan espigas.
3. Áreas con árboles bien desarrollados que proporcionen sombra (es un área semiárida que presenta altas temperaturas).
4. Áreas cercanas al camino de acceso.

Muestreo probabilístico

El muestreo probabilístico sustituye los juicios subjetivos por reglas objetivas basadas en probabilidades conocidas en la selección de los sitios de muestreo de una población. El muestreo probabilístico es un método objetivo que emplea reglas precisas y una base matemática para calcular los atributos de la población en función de una muestra. La probabilidad de que un experto seleccione cualquiera de las parcelas de muestra potenciales es desconocida y las matemáticas que fundamentan el muestreo subjetivo no se pueden aplicar de una forma que se pueda defender desde un punto de vista científico. Por lo tanto, se recomienda el uso del muestreo probabilístico frente al muestreo subjetivo así como el uso de un muestreo de igual probabilidad, en el que las posibles ubicaciones de las unidades de muestra tienen las mismas probabilidades de ser seleccionadas (McRoberts *et al.*, 1992).

Ramírez (2006) menciona que el punto de partida es localizar el área a evaluar, por ejemplo un rodal, bosque, cañada, etc. Una vez definida el área es importante establecer si la comunidad vegetal presenta características homogéneas o heterogéneas para poderla estatificar (dividir en secciones con características en común). Hughell (1997) también hace mención que la primera ac-

tividad en el diseño de un inventario es la estratificación del bosque y la identificación de las poblaciones de muestreo. Idealmente se estratifica primero y, después, se formula independientemente el esquema de muestreo de cada estrato. Sin embargo, muchas veces no existe información adecuada (mapas temáticos, fotos aéreas, etc.) para realizar una buena estratificación. En estas situaciones, es mejor planificar el inventario para toda el área y, después de realizar el trabajo de campo, validarlo estadísticamente si se justifica la estratificación.

Los inventarios realizados a nivel nacionales, como los de México (CONAFOR, 2011), Bolivia (Hughell, 1997), Costa Rica (SINAC, 2014) suelen ser sistemáticos estratificados. Este es un procedimiento estadístico utilizado para seleccionar las unidades de muestreo cuando la población a muestrear es muy heterogénea, pero con estratos homogéneos en su interior y heterogéneos entre sí. Una vez dividida la población en estratos o subpoblaciones, se asigna de manera sistemática a cada estrato el número de muestras que se va a medir (n).

Aleatorio simple

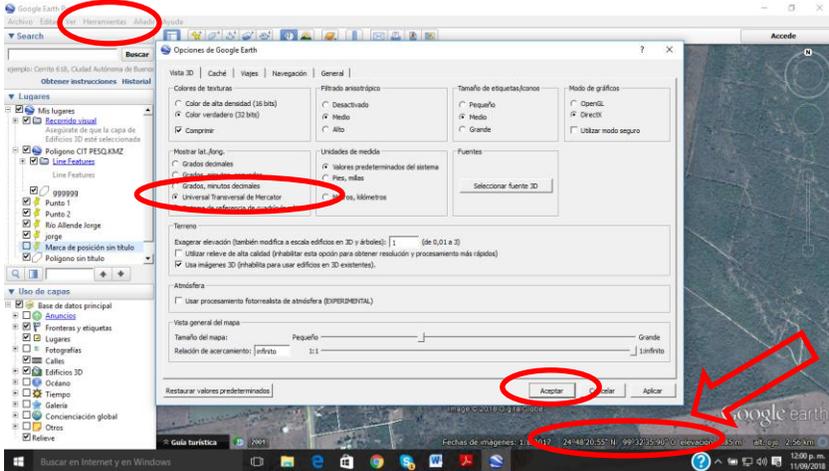
Es el esquema de muestreo más sencillo de todos y de aplicación más general. Este tipo de muestreo se emplea en aquellos casos en que se dispone de escasa información previa acerca de las características de la población a medirse (Mostacedo y Fredericksen, 2000). En este muestreo se ubican los sitios de muestreo de forma aleatoria dentro de la población muestreada.

McRoberts *et al.* 1992 mencionan que de manera casual, pueden existir agrupaciones espaciales y terrenos vacíos en la distribución de los sitios de muestreo; a pesar de ello, continúa siendo un muestreo probabilístico válido. Las coordenadas geográficas

de cada uno de los sitios de muestreo se pueden seleccionar con un generador de números aleatorios que utilice las coordenadas permitidas y limitadas a la población muestreada.

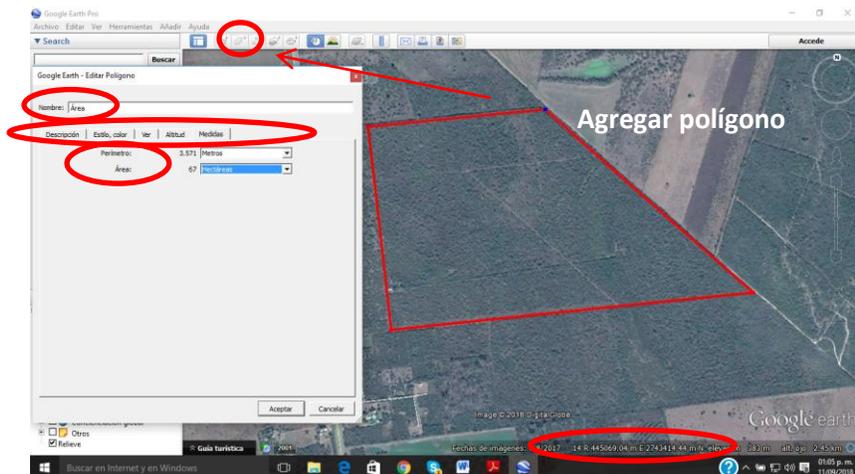
Para el establecimiento aleatorio de los sitios de muestreo se tiene que hacer un recorrido en campo y trazar los vértices del polígono o utilizar algún programa. En este libro se usará el programa Google Earth, debido a su practicidad y a que es de uso gratuito. Primero se tiene que poner las coordenadas en Universal Transversal de Mercator (UTM), presionando Herramientas, Universal Transversal de Mercator y después Aceptar. En la parte inferior de la pantalla aparecen las coordenadas de la posición del cursor.

Figura 1. Imagen de Google Earth donde se muestra cómo convertir las coordenadas de grados, minutos y segundos a Universal Transversal de Mercator (UTM).



Ahora se selecciona “agregar polígono” y con el cursor se delimitará el contorno del área que será sujeta a evaluación. El programa da la opción de ponerle el nombre al polígono y agregar alguna descripción. Además estima el perímetro y área que ocupa.

Figura 2. Imagen de Google Earth donde se muestra como se agrega un polígono.



Ahora se coloca el cursor en los cuatro extremos cardenales (norte, sur, este y oeste) y se registran las coordenadas UTM. En la siguiente imagen se colocó el cursor en el extremo norte y se registró la coordenada (2'743,904 N).

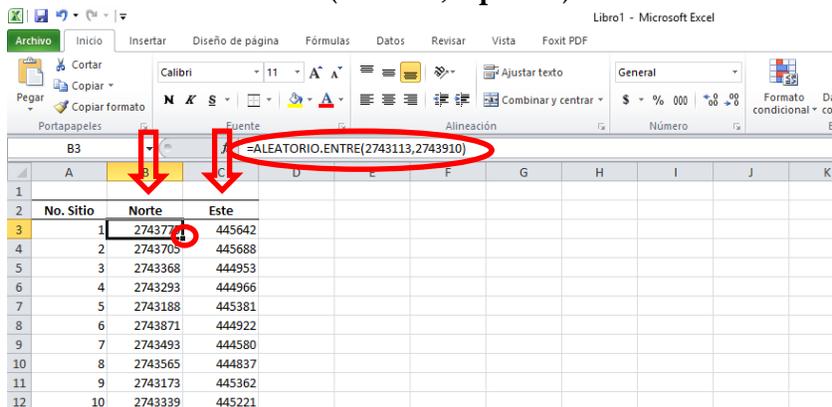
Figura 3. Imagen de Google Earth donde se muestra como se obtienen las coordenadas de los cuatro extremos cardenales.



El siguiente paso es obtener coordenadas de ubicación aleatorias dentro del polígono. Para ello se utilizará el programa Excel. La fórmula que se emplea es =ALEATORIO.ENTRE(inferior,superior), la cual necesita que se agreguen los límites inferiores y superiores. En el ejemplo de este trabajo primero se pusieron la latitud norte y después la longitud este (en la imagen están señalados con flechas). En la latitud norte se ingresó primero el valor inferior, correspondiente al Sur (27433113) seguido de una coma y después el superior, correspondiente al Norte (2743904). Después se le da doble clic al extremo inferior izquierdo de la casilla para que se calculen el resto de las coordenadas de manera automática (círculo rojo). Ahora se hace lo mismo con la longitud este. Primero se agrega el valor de la coordenada del Oeste (444512) y después la del Este (445878). Después se le da doble

clic al extremo inferior izquierdo de la casilla para que se calculen el resto de las coordenadas de manera automática. De esta manera se tiene la ubicación aleatoria de los sitios de muestreo.

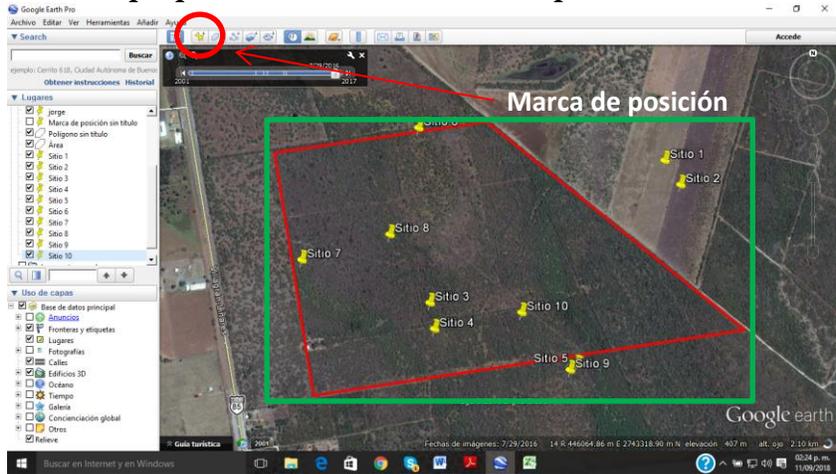
Figura 4. Imagen de Excel donde se muestra la fórmula =ALEATORIO.ENTRE(inferior,superior).



Ahora se usa nuevamente el programa Google Earth, donde se agrega “marca de posición” en las localidades que Excel proporcionó. Lo que se le pidió a Excel fueron coordenadas aleatoria dentro de un polígono mayor (verde), pero el que se va a evaluar es el rojo, por lo tanto se descartan los sitios de muestreo que estén fuera del polígono rojo (sitios 1, 2, 5 y 9). También se va a eliminar los sitios que estén en el efecto borde (cerca del perímetro), ya que es una zona donde existen condiciones ambientales diferentes al del resto de la comunidad vegetal, por lo tanto se eliminaría el sitio 6 y 7. Los sitios que si se establecerán son el 3, 4, 8 y 10. Es importante mencionar que a Excel se le pude pedir

un listado mayor de sitios, para poder descartar los que no correspondan y aun así poder tener suficientes que si se establecerán en el premuestreo.

Figura 5. Imagen de Google Earth donde se muestran las ubicaciones proporcionadas aleatoriamente por Excel.

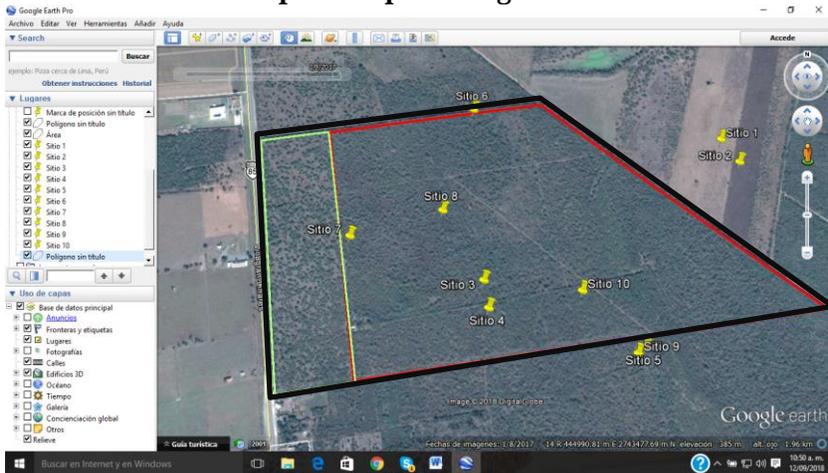


Aleatorio estratificado

En este tipo de muestreo la población en estudio se separa en subgrupos o estratos que tienen cierta homogeneidad. Después de la separación, dentro de cada subgrupo se debe hacer un muestreo aleatorio simple. El requisito principal para aplicar este método de muestreo es el conocimiento previo de la información que permite subdividir a la población (McRoberts *et al.* 1992; Mostacedo y Fredericksen, 2000). Suponiendo que se tuviera que evaluar el polígono negro, y de acuerdo a la imagen se

diferencian dos condiciones diferentes de comunidades vegetales, las cuales ya se corroboraron en campo. Lo que se tiene que hacer es dividir las en dos estratos (polígono rojo y verde) y en cada uno de ellos se realizará un muestreo aleatorio simple como ya se explicó.

Figura 6. Imagen de Google Earth donde se muestran dos estratos diferenciados por el tipo de vegetación.



Muestreo sistemático

Un muestreo sistemático utiliza una cuadrícula fija, o una matriz, para asignar los sitios de muestreo en un patrón regular (McRoberts *et al.*, 1992). En este muestreo se tiene que ubicar de manera aleatoria la primera coordenada dentro del polígono. Para ello se utiliza Excel. La fórmula que se emplea es =ALEATORIO.ENTRE(inferior,superior), la cual necesita que se pongan los límites inferiores y superiores. Para efectos prácticos se usará

el mismo ejemplo del muestreo aleatorio, donde los sitios 1 y 2 quedaron descartados por estar fuera del polígono y se usará el sitio 3. Las coordenadas del sitio 3 son 2´743,366 N y 444,945 E.

En caso de que se desee que los sitios de muestreo tengan una distancia de 150 m entre ellos se sumarán y restarán un valor de 150 a los valores de las coordenadas UTM, que representa 150 m en el terreno. En la imagen inferior se aprecia como a las coordenadas del sitio 3 (2´743,366 N y 444,945 E) se les sumaron y restaron 150, para así obtener la base de datos de la ubicación de los sitios de muestreo.

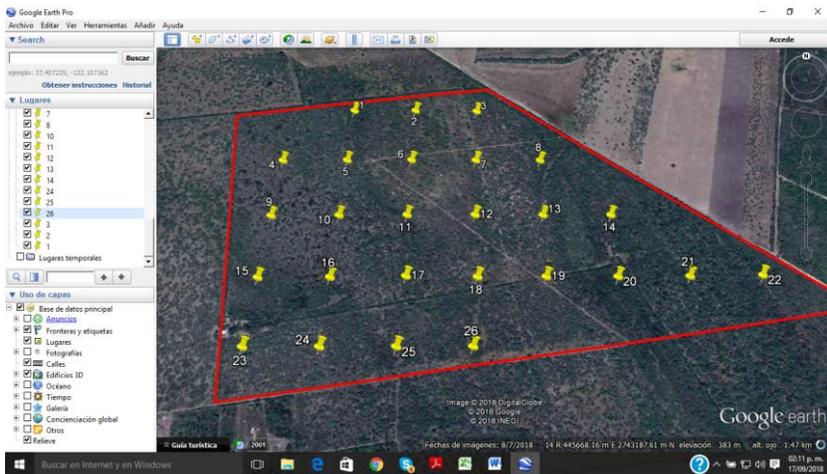
Figura 7. Imagen de Excel donde se muestran las coordenadas UTM del muestreo sistemático.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2												
3		444645	444795	444945	445095	445245	445395	445545	445695	445845		
4		2743816	2743816	2743816	2743816	2743816	2743816	2743816	2743816	2743816		
5												
6		444645	444795	444945	445095	445245	445395	445545	445695	445845		
7		2743666	2743666	2743666	2743666	2743666	2743666	2743666	2743666	2743666		
8												
9		444645	444795	444945	445095	445245	445395	445545	445695	445845		
10		2743516	2743516	2743516	2743516	2743516	2743516	2743516	2743516	2743516		
11												
12		444645	444795	444945	445095	445245	445395	445545	445695	445845		
13		2743366	2743366	2743366	2743366	2743366	2743366	2743366	2743366	2743366		
14												
15		444645	444795	444945	445095	445245	445395	445545	445695	445845		
16		2743216	2743216	2743216	2743216	2743216	2743216	2743216	2743216	2743216		
17												
18												

Ahora se usará nuevamente Google Earth y se agregará “marca de posición” en las localidades que Excel proporcionó. Lo que se le pidió a Excel fue presentar ubicaciones sistemáticas del sitio 3 (ahora en este ejemplo sitio 17) ubicado aleatoriamente. Se va a

eliminar los sitios que estén en el efecto borde (cerca del perímetro), ya que es una zona donde existen condiciones ambientales diferentes al del resto de la comunidad vegetal.

Figura 8. Imagen de Google Earth que muestra la ubicación donde se establecerán los sitios de muestreo.



Forma y tamaño de sitios de muestreo

Un sitio de muestreo puede tener la forma de cualquier figura geométrica o incluso puede ser irregular, pero las más utilizadas debido a fácil establecimiento en campo son los circulares y rectangulares (Romahn y Ramírez, 2010; Emanuelli *et al.*, 2017).

Corral-Rivas *et al.* (2009) mencionan que la forma de los sitios está determinada por dos criterios básicos: por un lado, que la relación perímetro-superficie del sitio debe ser la mínima; de este modo, se consigue reducir los problemas que se presentan en los bordes de las parcelas para determinar si un árbol debe ser incluido o no; por otro lado, el número de puntos de referencia (esquinas) del sitio debe reducirse siempre y cuando esto no suponga un inconveniente para su futura localización. La figura que mejor se ajusta a los dos criterios descritos es el círculo; sin embargo, las parcelas circulares presentan dos grandes inconvenientes:

- Los límites son difíciles de establecer y la dificultad aumenta proporcionalmente al tamaño del sitio.

- Al estar definidos por una única referencia (su centro) su futura localización se complica cuando se pretende realizar evaluaciones sucesivas.

Cuando no es viable el establecimiento de sitios de muestreo circulares la otra opción es los sitios de muestreo rectangulares o cuadrados por varios motivos:

- Los límites son fáciles de reconocer al estar marcados por líneas rectas con ángulos de 90° .
- Son sencillos de replantear con el empleo de cintas métricas y brújulas.
- Su localización posterior se ve facilitada al contar con cinco puntos de referencia (sus cuatro esquinas y el centro).
- Los sitios cuadrados presentan una ventaja sobre los sitios rectangulares al tener una relación perímetro-superficie menor.

El material que se necesita para el establecimiento de los sitios de muestreo son GPS (Sistema de Posicionamiento Global, por sus siglas en inglés Global Positioning System) para la ubicación, brújula convencional o digital para la ubicación de los vértices y estacas (preferentemente pintadas de colores llamativos) para su delimitación.

Figura 9. GPS (Sistema de Posicionamiento Global, por sus siglas en inglés Global Positioning System), brújula convencional, brújula digital y estacas y maso.



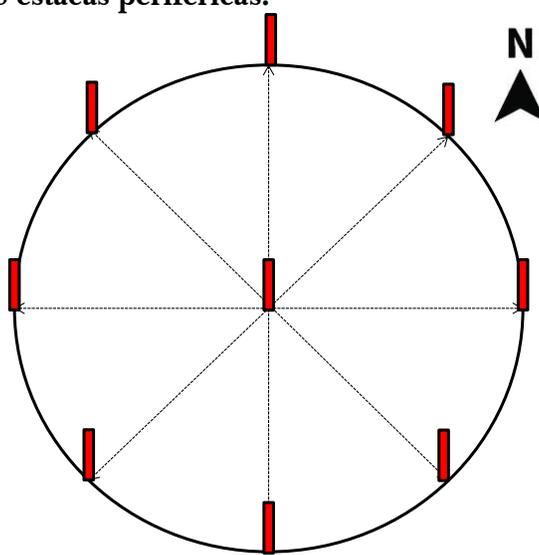
Sitios circulares

En los inventarios de bosques templados en América del Norte, incluyendo México y el Noroeste de Europa los sitios circulares son los más usados, su aplicabilidad radica en la facilidad para delimitarlos y a que por la forma inciden menos árboles orilla (Romahn y Ramírez, 2010; Emanuelli *et al.*, 2017). Una vez establecido el centro del sitio circular se trazan radios hacia la periferia. En la siguiente figura se muestra la colocación de 8 estacas.

Si bien se han desarrollado investigaciones que evalúan el tamaño específico de los sitios de muestreo para algunas comunidades vegetales como bosque templado, bosque tropical o selva baja caducifolia (Aguirre *et al.*, 1997; González, 2002; Padilla,

2013), Romahn y Ramírez (2010), PMC (2011) y Emanuelli *et al.* (2017) sugieren que para la mayoría de los trabajos de cuantificación se empleen sitios de 1000 m² para medir árboles que tienen un diámetro igual o mayor al límite inferior de la clase diamétrica mínima establecida y para cuantificar existencias volumétricas, generalmente de la clase diamétrica de 15 cm y en algunos casos de 10 cm.

Figura 10. Imagen de un sitio de muestreo circular con estaca central y 8 estacas periféricas.



Romahn y Ramírez (2010) también mencionan que cuando se requieran evaluar árboles de menores dimensiones, que constituyen la incorporación (con diámetros menores al límite inferior de la clase diamétrica de 10 ó 15 cm), se recomienda utilizar sitios de 250 m². Asimismo, en el caso de alguna cuantificación del

repoblado o renuevo, se recomiendan los tamaños de sitio de 100 m², o menor a medida que existan mayor número de individuos dentro del área a evaluar.

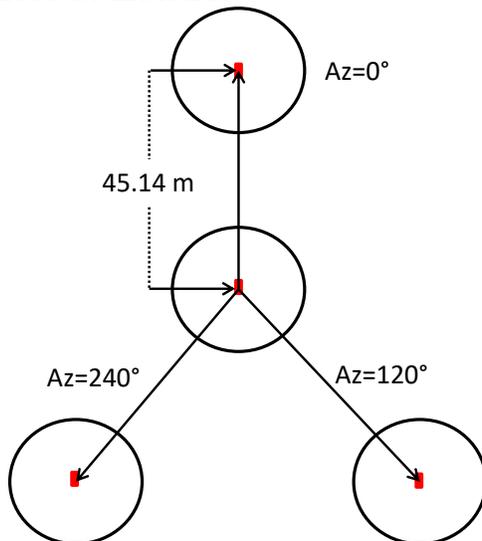
Tabla 2. Radio (m), superficie (m²) y elementos a evaluar en los diferentes círculos (sitios de muestreo).

Círculo	Radio (m)	Superficie (m²)	Para evaluar
Externo	17.84	1,000	Existencias volumétricas
Intermedio	8.92	250	Incorporación
Interior	5.64	100	Renuevo

Conglomerados circulares

La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2009) menciona que en los inventarios forestales también se pueden utilizar conglomerados de un tamaño determinado como unidad para la toma de datos. En el Inventario Nacional Forestal y de Suelos en México se utiliza el conglomerado integrado por cuatro unidades de muestreo secundarias o subparcelas. El tipo del conglomerado corresponde a una “Y invertida”, integrado por 4 unidades circulares de registro o sitios equidistantes del centro a cada 45.14m.

Figura 11. Sitio conglomerado con cuatro unidades de muestreo circulares. La imagen rojo representa la estaca en el centro de la unidad de muestreo.



Los sitios que conforman el conglomerado son de 400 m^2 (radio de 11.28 m) y ahí se evalúan los árboles con diámetro mayor a 7.5 cm . Si se desea medir el renuevo ($d_{1.30} < 7.5 \text{ cm}$ y $h > 25 \text{ cm}$) se tiene que establecer un subsitio de 12.56 m^2 (radio 2 m) y en caso de considerar herbáceas, helechos, musgos o líquenes un sitio cuadrado de 1 m^2 (lado 1 m). Para mayor claridad se presentarán los valores en la siguiente tabla.

Tabla 3. Radio (m), superficie (m²) y elementos a evaluar en los diferentes círculos (sitios de muestreo).

Círculo	Radio (m)	Superficie (m²)	Para evaluar
Externo	11.28	400	Existencias volumétricas
Intermedio	2.00	12.56	Incorporación
Interior		1	herbáceas

Sitios rectangulares

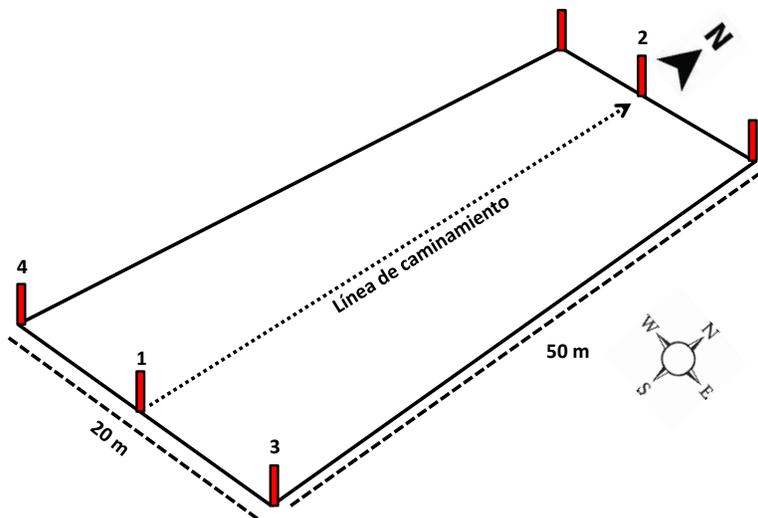
Según el libro de procedimientos para el muestreo de campo del inventario nacional forestal y de suelos en México (CONAFOR, 2011) se establecen sitios rectangulares en localidades con vegetación densa, donde se tiene escasa visibilidad y es impráctico establecer sitios circulares. Las comunidades vegetales donde se establecen estos sitios son selvas (altas, medianas y bajas), peten, selva de galería, manglar, popal, tular, vegetación halófila-hidrófila y matorrales densos.

Romahn y Ramírez (2010) mencionan que los sitios rectangulares muy anchos y sitios cuadrados, originaban múltiples dificultades prácticas e imprecisión en su trazo. Sin embargo, cuando los sitios rectangulares son angostos y constituyen fajas, son muy útiles y fácilmente delimitables. Por ejemplo en un sitio de muestreo de 1000 m², se haría una faja de 20 m de ancho la cual puede localizarse y trazarse por su centro e ir midiendo 10 m a ambos lados de la línea de caminamiento para marcar sus orillas.

Para su establecimiento se coloca aleatoriamente la primera estaca (estaca 1, ver la sección de muestreo aleatorio). Partiendo de la primera estaca se coloca la siguiente a 50 m hacia el norte, una a 10 m al este (90°) y otra a 10 metros al oeste (270°). De ahí hay que desplazarse a la estaca 2 y establecer una a 10 m al este

(90°) y otra a 10 metros al oeste (270°) como lo indica la siguiente figura.

Figura 12. Imagen de un sitio de muestreo rectangular con estacas en sus vértices.

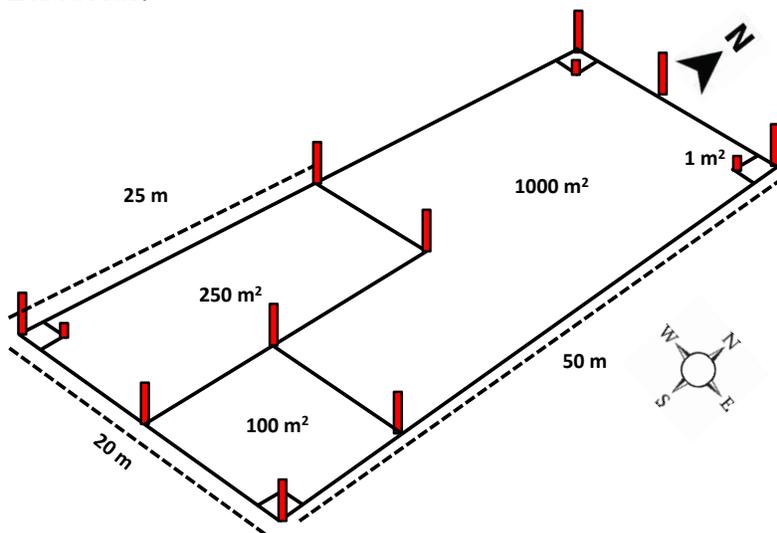


Si se desea considerar la incorporación y el renuevo de las especies leñosas o especies herbáceas se realizan sitios al interior, tal como se muestra en la siguiente tabla y figura.

Tabla 4. Superficie (m²) y elementos a evaluar en los diferentes rectángulos (sitios de muestreo).

Rectángulo	Superficie (m ²)	Para evaluar
Externo	1,000	Existencias volumétricas
Intermedio	250	Incorporación
Interior	100	Renuevo
Esquinas	1	Herbáceas

Figura 13. Imagen de un sitio de muestreo rectangular con sitios de muestro internos para evaluar incorporación, renuevo y herbáceas.



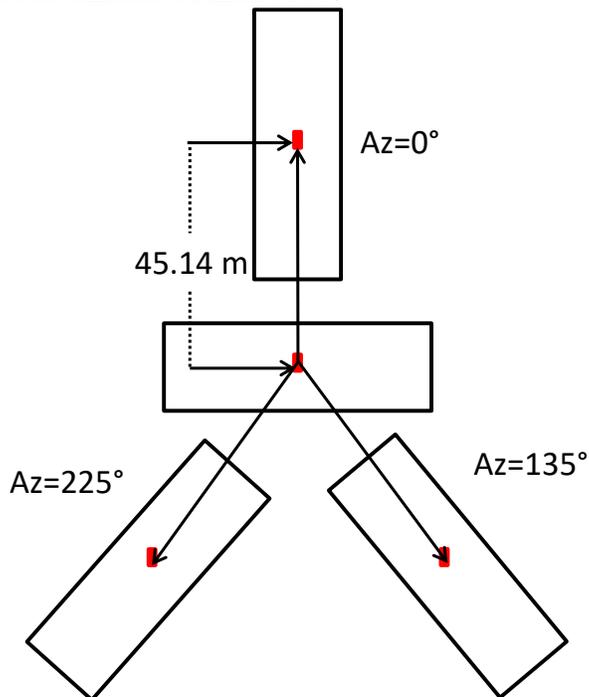
Conglomerados rectangulares

Al igual que el conglomerado de sitios circulares, éste también corresponde a una “Y invertida” y está integrado por 4 unidades de registro o sitios equidistantes del centro a cada 45.14 m (CONAFOR, 2009). Los sitios que conforman el conglomerado son de 400 m² (40 x 10 m) y ahí se evalúan los árboles con diámetro mayor a 7.5 cm. Si se desea medir el renuevo ($d_{1.30} < 7.5$ cm y $h > 25$ cm) se tiene que establecer un subsitio de 12.56 m² (3.54 x 3.54 m) y en caso de considerar herbáceas, helechos, musgos o líquenes un sitio cuadrado de 1m² (L=1 m).

Tabla 5. Superficie (m²) y elementos a evaluar en los diferentes rectángulos.

Rectángulo	Superficie (m²)	Para evaluar
Externo	400	Existencias volumétricas
Intermedio	12.56	Incorporación
Interior	1	herbáceas

Figura 14. Sitio conglomerado con cuatro unidades de muestreo rectangulares. La imagen rojo representa la estaca en el centro de la unidad de muestreo.



Líneas de intercepción

El método de líneas de intercepción o líneas de Canfield (Canfield, 1941) utiliza líneas a través de la comunidad a muestrear. Moreno-Casasola y López (2009) y Collantes-Chávez-Costa *et al.*, (2019) mencionan que para estimar la cobertura de cada especie en la comunidad, se mide la distancia sobre los transectos (en

metros o centímetros) que es interceptada por cada una de las especies. Con los datos obtenidos se pueden valorar la mayoría de los parámetros calculados con los sitios circulares y rectangulares, pero únicamente de manera relativa, ya que al no evaluar una superficie no se puede extrapolar por hectárea. El método de líneas de intercepción produce datos para cálculos porcentuales de abundancia, cobertura y frecuencia de especies; es rápido, objetivo y relativamente preciso (Smith, 1980). Este método se aplica para estudiar la vegetación densa dominada por arbustos y para caracterizar la vegetación graminoide (Canfield, 1941).

Para tomar las mediciones, se debe considerar la línea a todo lo largo. Conviene usar una cinta métrica o, en su defecto, una cuerda graduada. Para calcular la frecuencia hay que dividir la línea en varios intervalos de la misma longitud. En cada intervalo se registra la presencia de cada especie. Para obtener los datos de cobertura, en cada intervalo se mide la distancia que abarca la cobertura de cada especie (o su proyección si es una hierba alta o arbusto), es decir el largo del segmento de la línea que es interceptado por la planta (o plantas) de cada especie. Se recomienda obtener la información de cada estrato de vegetación por separado. A continuación se presentan las fórmulas para estimar los valores porcentuales de densidad, cobertura y frecuencia.

Figura 15. Imagen que muestra el trazo de la línea de intercepción con una cinta métrica.



La densidad relativa de la especie i (DR_i) se obtiene mediante la fórmula:

$$DR_i = \left(\frac{n_i}{\sum n} \right) * 100$$

Donde n_i es el número total de individuos de la especie i colectada y $\sum n$ es el número total de individuos de todas las especies. La cobertura relativa de la especie i (CR_i) se determina mediante:

$$CR_i = \left(\frac{l_i}{\sum l} \right) * 100$$

Donde l_i es la suma de las de las intercepciones en la longitud para la especie i (longitud total de los transectos interceptados por la especie i) y $\sum l$ es la totalidad de las intercepciones en la longitud. La frecuencia relativa de la especie i (FR_i) se calcula con la siguiente ecuación:

$$FR_i = \left(\frac{f_i}{\sum f} \right) * 100$$

$$f_i = j_i / k$$

Donde f_i es la frecuencia de la especie i , j_i es el número de líneas de intercepción en la que está presente la especie i , k es el número total de líneas de intercepción. El Valor de Importancia de la especie i (VI_i) se calcula mediante:

$$VI_i = DR_i + CR_i + FR_i$$

De acuerdo a la experiencia, la interpretación de este resultado es confusa, al tener valores porcentuales superiores al 100. En este libro proponemos una sencilla variación a esta fórmula, para que el resultado sea en una escala del 0 a 100 y los lectores tengan una mayor comprensión del resultado:

$$VI_i = \frac{\sum_{n=1}^{i=1} (DR_i, CR_i, FR_i)}{3}$$

Medición de árboles y arbustos e instrumentos de medición

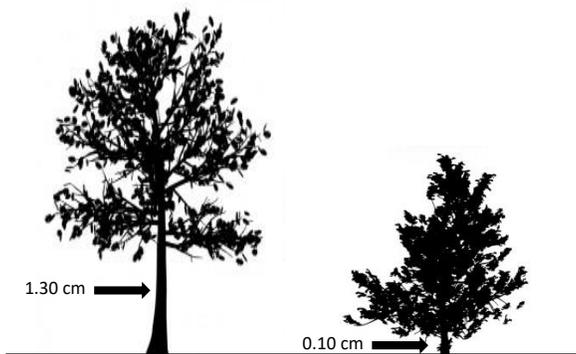
Generalmente en los inventarios se consideran las especies arbóreas y arbustivas, entendiéndose como árbol aquella planta perenne, de tronco leñoso y elevado, que se ramifica a cierta altura del suelo y tiene copa conformada, generalmente mayor a 3 m. El arbusto es una planta que se diferencia de las hierbas por ser leñosa y difiere de los árboles sobre todo por su altura y, en parte, por estar más ramificada (Harold y Hocker, 1984; Granados y Tapia, 1990).

Diámetro normal y basal

El diámetro (d) es la variable más habitualmente medida en los inventarios y se expresa en centímetros (Diéguez *et al.*, 2003; Cancino, 2012). En árboles en pie la medición más común es la denominada diámetro normal o diámetro a la altura del pecho ($d_{1.30}$), que se realiza a 1.30 m sobre el nivel del suelo. En arbustos de porte bajo con ramificaciones bajas se le mide el diámetro basal ($d_{0.10}$), el cual se realiza a 10 cm sobre el nivel del suelo o en

algunas ocasiones a nivel del suelo. El diámetro es la distancia que existe entre dos extremos de un círculo pasando por el centro.

Figura 16. Imágenes que señalan la altura donde se mide el diámetro normal o diámetro a la altura del pecho (1.30 m desde el suelo) y el diámetro basal ($d_{0.10}$), el cual se realiza a 10 cm sobre el nivel del suelo.



Para realizar una correcta medición de esta variable lo primero que se hace es determinar la altura normal o diámetro a la altura del pecho (1.30 m desde el suelo) para lo cual resulta útil determinar a qué altura de su pecho está el 1.30 m, o bien se puede realizar la medición desde el suelo con una cinta métrica. Si se conoce a qué altura de su pecho se encuentra el 1.30 m solo se tiene que aproximar al árbol y realizar la medición del diámetro a esta altura de manera perpendicular al eje del tronco.

Debido a que el fuste de los árboles y arbustos no es totalmente circular, la medición del diámetro se suele realizar en dos ejes diferentes. Cuando el fuste es claramente ovalado se considera el diámetro mayor y el diámetro perpendicular a éste que

es el menor. Ya que se miden los dos diámetros por individuo, se tiene que estimar el promedio mediante la siguiente fórmula:

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

Donde \bar{d} es el diámetro promedio, d_1 el diámetro mayor y d_2 el diámetro perpendicular al mayor. Los instrumentos más comunes para medir directamente el diámetro normal ($d_{1.30}$) o diámetro basal ($d_{0.10}$) son la forcípula convencional, forcípula digital y cinta diamétrica.

Figura 17. Imágenes de una forcípula y una cinta diamétrica.



Van-Laar y Akça (2007) y Díaz *et al* (2010) mencionan que para la medición de diámetros a diversas alturas, otros instrumentos sustituyen a la forcípula convencional, forcípula digital y cinta diamétrica, como:

- a) Forcípula parabólica finlandesa

- b) Pentaprisma
- c) Relascopio de espejos de Bitterlich
- d) Dendrómetro Barr y Stround
- e) Dendrómetro de Kramer

Circunferencia

La circunferencia (c) es la longitud del perímetro de la sección considerada, que al igual que la medición del diámetro debe ser perpendicular al eje del tronco y se expresa en centímetros. Al igual que la medición del diámetro normal ($d_{1.30}$) la circunferencia se evalúa a 1.30 m sobre el nivel del suelo. En arbustos de porte bajo la circunferencia se mide a 10 cm sobre el nivel del suelo. En la práctica, cuando se evalúa la circunferencia se divide entre π , para estimar el diámetro. Diéguez *et al.* (2003) mencionan que como el fuste no es un círculo perfecto, éste cálculo suele sobreestimar el diámetro, sin embargo el sesgo no es muy significativo. Para su medición se pueden usar cinta métrica forestal o cinta métrica convencional (de costurera para arbustos o árboles de bajas dimensiones).

Figura 18. Imágenes de una cinta métrica forestal y una cinta métrica convencional.



Altura

La altura (h) es la longitud de la línea recta que va desde el suelo (base del fuste) hasta el extremo de la yema terminal del fuste (ápice) y se expresa en metros. La medición de árboles (regeneración) y arbustos menores a 3 m se pueden medir directamente con un flexómetro y los que miden hasta 8 m con la vara telescópica.

Figura 19. Imágenes de un flexómetro y una vara telescópica.



También se pueden medir las alturas indirectamente, mediante instrumentos ópticos denominados hipsómetros, éstos miden alturas en base a tangentes de ángulos, como los hipsómetros Haga, Blume-Leiss, Suunto y digital. Para realizar la medición, el operario se posiciona a cierta distancia del árbol, apunta con el instrumento a la base y a otro punto al extremo de la copa, y realiza la lectura.

Figura 20. Imágenes de un hipsómetros Haga, Blume-Leiss, Suunto y digital.



Diámetro de copa

El diámetro de copa (k) es la distancia que mide la proyección de la copa. Como las copas no son círculos perfectos se mide en dos direcciones, pudiendo ser diámetro mayor y el diámetro perpendicular a éste que es el menor o medir la copa en dirección Norte-Sur y Este-Oeste. Para su medición se toma en consideración la proyección de los extremos de la copa sobre el suelo, midiéndose con una cinta métrica. Así se obtienen dos medidas, siendo la medida final del diámetro de copa el promedio de las dos medidas tomadas y se estima mediante la siguiente ecuación:

$$\bar{k} = \frac{k_{N-S} + k_{E-O}}{2}$$

Donde \bar{k} es el diámetro promedio de la copa, k_{N-S} el diámetro medido en dirección Norte-Sur y k_{E-O} el diámetro medido en dirección Este-Oeste. Para un mejor comprensión se presenta la siguiente imagen, donde se aprecia la dos mediciones de diámetro que se tiene que realizar a la copa, siendo perpendiculares.

Figura 21. Imágenes de la proyección de la copa de un árbol, flexómetro y una cinta métrica.



Antes de salir al campo

Formatos de campo

Es importante registrar la mayor información posible en los formatos de campo. Generalmente los formatos llevan en la parte superior los logotipos de la institución que realiza el inventario, seguido del nombre del proyecto de investigación o gestión y los datos de control y generales de la ubicación del área. La información mínima necesaria es el número de sitio, fecha del inventario, el nombre del jefe y miembros de la brigada, municipio y estado, nombre del paraje, coordenadas de ubicación y altura sobre el nivel del mar. De manera de ejemplo se presenta la siguiente imagen con la información antes mencionada.

Figura 22. Ejemplo de un formato de campo.



UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FCFUANL
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Evaluación de la regeneración leñosa postincendio en el matorral espinoso tamaulipeco

Datos de control	
Número de sitio: 1	Fecha: 20 octubre de 2018
Jefe de brigada: Eduardo Alanís Rodríguez	
Miembros de la brigada: Arturo Mora Olivo, Miguel ángel Pequeño Ledezma	
Municipio y estado: Linares, Nuevo León	
Paraje: Corral de los venados, Facultad de Ciencias Forestales	
Coordenadas UTM: N=447402; E=2740663	Altura sobre el nivel del mar: 364 m <u>snm</u>

Especie	Altura (h)	Diámetro basal (d _{0.10})	Diámetro de copa	
			Norte-Sur	Este-Oeste

Especie	Altura (h)	Diámetro basal (d _{0.10})	Diámetro de copa	
			Norte-Sur	Este-Oeste

De acuerdo al tipo de inventario que se realice se puede obtener información más detallada, por ejemplo de acuerdo al libro y procedimientos para el muestreo de campo del Inventario Nacional Forestal y de Suelos de México (CONAFOR, 2011) y a Corral-Rivas *et al* (2009) hay que registrar la pendiente, fisiografía, exposición, especies epífitas, características de las especies de flora en riesgo, cuerpos de agua camino al sitio o cuya importancia local amerite su identificación, impactos ambientales actuales, daño principal en los árboles vivos o la causa de su muerte en los sujetos muertos. Además de evaluar el suelo de acuerdo a su compactación, textura, material predominante, materia orgánica, uso actual, erosión laminar, erosión por cárcavas y erosión antropogénica.

Es importante llevar suficientes formatos de campo y resguardarlos en algún lugar impermeable (bolsa o caja) para evitar que se mojen en caso de lluvias. El apuntador debe escribir con letra clara y legible y es el responsable del orden de los formatos. Es aconsejable llevar una grapadora o clips para separar los formatos de acuerdo a los sitios de muestreo en campo.

Verificación de los materiales y equipos de medición

Días antes de salir a campo es necesario generar una lista de verificación de los materiales y equipos de medición necesarios para la ubicación, delimitación y evaluación de los sitios de muestreo. Es importante verificar que las baterías de los instrumentos estén cargadas y llevar repuestos. Corral-Rivas *et al* (2009) mencionan que es importante que todos los equipos de medición estén en buen estado y con la escala y numeración claramente visibles. De manera de ejemplo, en la siguiente tabla se muestran las cantidades, materiales y equipo necesario para la ubicación y delimitación de los sitios de muestreo y la medición del arbolado.

Tabla 6. Ejemplo de una lista de verificación de materiales y equipos necesarios para ubicar y establecer un sitio de muestreo y evaluar la vegetación.

Cantidad	materiales y equipos	Actividad
1	Mochila de campo	Trasportar material
1 por trabajador	Chaleco para trabajo de campo	Equipo de identificación personal
1 por trabajador	Gorra o casco	Equipo de seguridad e identificación personal

1	GPS	Ubicación del sitio
4	Pilas de repuesto para el equipo	Baterías de repuesto
1	Brújula	Delimitación del sitio
6	Estacas de color llamativas	Delimitación del sitio
1	Martillo o mazo para las estacas	Delimitación del sitio
1	Cinta métrica de 50 m	Delimitación del sitio
1	Prensa botánica	Identificación de especies
Suficientes	Papel secante para prensa	Identificación de especies
1	Guía de identificación de especies	Identificación de especies
1	Tabla para los formatos	Medición de árboles
10	Formatos de campo	Medición de árboles
3	Bolígrafos y lápices	Medición de árboles
1	Forcípula	Medición de árboles
1	Hipsómetro	Medición de árboles
2	Cinta métrica de 10 m	Medición de árboles
1	Cámara fotográfica	Fotografías de evidencia
200	Placas de aluminio	Marcar los árboles
200	Clavos de aluminio	Marcar los árboles

Medidas y equipo de seguridad

Antes de salir al campo siempre hay que informarle a alguien que esté localizable hacia dónde se va y el día y hora en la que se piensa regresar, así como itinerarios alternativos y destinos a los que se irá. Para planear adecuadamente el viaje hay que recabar información previa sobre (Protección Civil, 2018):

- a) Previsiones meteorológicas.
- b) Localización de poblados y cabañas próximos a la ruta.
- c) Crecidas de ríos y arroyos.
- d) Estado de caminos y veredas por los que se vaya a transitar.
- e) Si al inicio de la salida al campo las condiciones o previsiones meteorológicas no son favorables (niebla, ventisca, tormenta, etc.), o hubiera riesgo de cierre de caminos, aplase la salida.

De acuerdo al libro y procedimientos para el muestreo de campo del Inventario Nacional Forestal y de Suelos de México* (CONAFOR, 2011) y a la experiencia de los autores⁺ el material mínimo necesario que hay que llevar al campo es:

1. *Equipo de Transporte

- a) Camioneta tipo pick up 4 x 4, equipada con winche mecánico.
- b) La camioneta deberá presentar logotipos institucionales.
- c) Extintor tipo ABC 2 kgs.
- d) Doble llanta de refacción.
- e) Equipo básico de mecánica: desarmador, llaves, cruceta, gato, señalamientos para carretera.
- f) Cadenas

2. *Documentación Requerida

- a) Oficio de comisión, firmado por la institución o compañía contratista, especificando el lugar, objetivo y periodo de la comisión.

- b) Credenciales de identificación para cada integrante de cuadrilla.
 - c) Permisos especiales de entrada a las áreas que lo requieran: (áreas naturales protegidas, comunidades con problemas legales, reservas indígenas y propiedades privadas).
3. +Chaleco (de preferencia de color llamativo) o camisa de la institución donde se labora con logotipos y credencial de identificación visible.
 4. +Sombrero, gorra o casco para prevenir insolación y con logotipos institucionales para su identificación.
 5. *+Botas de cuero con protección hasta la rodilla (protección contra mordedura de víbora) o botas de campo y viboreras.
 6. *Teléfono celular (en caso de que haya señal) o radio de comunicación de largo alcance.
 7. *Botiquín con el siguiente contenido:
 - a) 2 sueros antiviperinos “antivipmyn”
 - b) 1 suero antialacrán, “alacramyn”
 - c) 1 suero antiaracnido “aracmyn”
 - d) AVAPENA
 - e) Alcohol de caña
 - f) Gasas
 - g) Vendas
 - h) Tablilla
 - i) Cinta adhesiva micropore
 - j) Pomada para golpes
 - k) Pomada para quemaduras
 - l) Suero en polvo para deshidratación
 - m) Succionador de veneno

Figura 23. Imagen con personal de campo con casco y chaleco con logotipos institucionales y viboreras.



Figura 24. Imágenes que muestran el extractor de veneno, viboreras (también llamadas polainas) y un botiquín de primeros auxilios.



Además de lo mencionado anteriormente, de acuerdo a la Ley Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo en México en su artículo 67 se menciona:

1. Hacer del conocimiento de las instrucciones de seguridad para las actividades que desarrollen; proporcionar información sobre los Riesgos a que están expuestos y adiestramiento sobre la maquinaria, equipo y herramientas.
2. Suministrar elementos protectores y líquidos hidratantes al Personal expuesto a radiación solar.
3. Proveer servicios provisionales de agua potable y sanitarios.
4. Proporcionar a los Trabajadores del Campo habitaciones cómodas e higiénicas.
5. Mantener en el lugar de trabajo los antídotos necesarios contra los efectos de los insumos fitosanitarios o plaguicidas e insumos de nutrición vegetal o fertilizantes que se utilicen, y la picadura de animales venenosos.
6. Contar con el equipo y medicamentos necesarios en caso de golpe de calor o deshidratación severa; además de realizar exámenes médicos.

Conformación del equipo de trabajo

Dependiendo de la complejidad del inventario que se desea realizar los equipos de trabajo pueden estar conformados por diferente cantidad de miembros, pero generalmente están conformados por tres o cuatro. Por ejemplo, es más complejo participar en un inventario que considere la vegetación arbórea, arbustiva

y herbácea, evaluación del suelo y aplicación de encuestas a los pobladores, que únicamente evaluar la vegetación arbórea.

De acuerdo al Manual de Campo del Inventario Forestal Nacional de Guatemala (2004) menciona que un equipo de trabajo debe estar conformado como mínimo por cuatro miembros, donde algunos de ellos sean contratados localmente y actúen como guías en el terreno y por lo menos uno de los miembros del equipo debe tener experiencia en la identificación de especies arbóreas. Las responsabilidades de cada miembro del equipo se deberán definir claramente antes de iniciar las actividades.

Es importante mencionar que la capacitación y la homologación de criterios del inventario se deben realizar en sesiones teóricas y prácticas antes del comienzo del trabajo de campo, en las que se debe explicar y practicar las diferentes actividades, como el establecimiento de los sitios, la medición e identificación de la vegetación. Las responsabilidades de cada miembro del equipo pudieran estar de la siguiente manera:

Jefe del equipo. Es responsable de organizar todas las fases del trabajo de campo, desde la preparación a la recolección de datos. Tendrá la responsabilidad de contactar y mantener buenas relaciones con la comunidad y los informadores y tener una buena visión de conjunto de los progresos logrados en el trabajo de campo. Será responsable específicamente de:

- a) Preparar el trabajo de campo: realizar la investigación bibliográfica, preparar los formatos de campo y elaborar los mapas con la ubicación de los sitios de muestreo.
- b) Planificar el trabajo del equipo.

- c) En caso de ser necesario contactar con los gestores locales, las autoridades y la comunidad.
- d) Cuidar la logística del equipo: organizar y obtener información sobre facilidades de alojamiento; contratar trabajadores locales; organizar el acceso a las áreas de muestreo.
- e) Asegurar que los formularios de campo se rellenan adecuadamente y que los datos obtenidos sean fiables.
- f) Organizar y vigilar la seguridad de los trabajos de campo.

Ayudante del jefe de equipo. Será responsable de:

- a) Ayudar al jefe de equipo en la realización de sus tareas.
- b) Tomar las mediciones y observaciones necesarias.
- c) Asegurarse de que el equipo esté siempre completo y operativo.
- d) Supervisar y orientar a los trabajadores.

Trabajadores. Se les asignarán las siguientes tareas, de acuerdo con sus habilidades y conocimientos de las especies, idiomas y prácticas locales:

- a) Informar sobre el acceso al área de muestreo.
- b) Llevar el material.
- c) Abrir las vías para facilitar el acceso y visibilidad a los técnicos.
- d) Proporcionar información sobre los usos y gestión del bosque.
- e) Proporcionar los nombres comunes/locales de las especies forestales.
- f) Apoyar en el establecimiento de los sitios de muestreo.

g) Realizar mediciones (diámetro normal y diámetro de copa).

Errores en el levantamiento de la información en campo

Es importante que se homologuen todos los criterios antes de iniciar el trabajo de campo, y más aún si trabajarán varias brigadas (equipos de trabajo) de manera simultánea. Entre los criterios que hay que definir *a priori* son:

- a) Tener certeza de que especies se van a considerar en la evaluación (todas, arbóreas, arbóreas y arbustivas, leñosas, herbáceas, etc.).
- b) Identificar correctamente la especie en campo o preservarlas de manera adecuada para su identificación.
- c) El diámetro mínimo (diámetro normal o basal) que se considerará en el inventario (Por ejemplo, se considerarán todos los individuos ≥ 5 cm, ≥ 7.5 cm, ≥ 12 cm, etc.).
- d) Tener clara la escala o unidades en la que se medirán las variables. La intención es que no se cometa el error de que algunos miembros de la brigada dicten en diferentes escala (centímetros y otros en metros) o unidades (centímetros y otros en pulgadas) la misma variable.

Revisión de la base de datos

Es importante hacer una revisión minuciosa de la base de datos antes de realizar los análisis de las variables. Desafortunadamente esta etapa no se realiza con el cuidado necesario, por lo que las consecuencias de diversos errores, puede alterar en alto grado los resultados. Ya una vez que se tiene capturada la información del inventario en Excel, es importante verificar:

- a) Que la identificación de las especies es la correcta
- b) Que no haya errores en la captura del nombre de las especies
- c) Que no haya errores en la captura de las variables medidas en campo

Identificación de las especies

Es importante que se realice una correcta identificación taxonómica de los ejemplares botánicos que se utilizarán en los análisis de los datos. Desafortunadamente esta etapa no se realiza con el

cuidado necesario, por lo que las consecuencias de una identificación errónea, puede demeritar en alto grado el trabajo. Un error común (sobre todo en los estudiantes) es realizar con detalle las estimaciones de todas las variables y al final descubrir que una o más especies no corresponden a la realidad. Para evitar esta situación, es necesario que se tomen las siguientes medidas.

1. Visita el área de estudio antes de realizar los muestreos.
2. Recolecta material botánico de las especies presentes en el área.
3. Toma los datos de campo que sean de utilidad.
4. Almacenar o procesar el material para su posterior identificación.
5. Identificar las plantas utilizando claves taxonómicas adecuadas.

Los datos generales que se toman en el área de estudio se pueden clasificar en generales y particulares. Los primeros consisten en nombre del colector, fecha, nombre del lugar, coordenadas, elevación, tipo de suelo, tipo de vegetación y características del terreno (plano, pedregoso, inundado, perturbado, exposición de la ladera, etc.). Los datos particulares se refieren a los de la planta o muestra recolectada, es decir forma biológica (árbol, arbusto o hierba), forma de vida terrestre (erecta, postrada, rastrera, ascendente, descendente, trepadora, epífita, parásita, etc.) o acuática (enraizada emergente, enraizada sumergida, enraizada de tallos flotantes, enraizada de hojas flotantes, libre flotante o libre sumergida), tamaño, color de la flor, forma y color del fruto, abundancia, nombre común.

El material fresco recolectado se puede llevar directamente al laboratorio para su identificación, aunque usualmente se recomienda procesarlo si la determinación no puede hacerse en ese momento. Además, es deseable que las muestras se preparen y preserven para su posterior ingreso a una colección de plantas (herbario), de esta manera se contará con ejemplares de referencia que darán mayor soporte a la investigación.

La preservación de plantas se puede realizar por medio de la deshidratación o de la fijación en líquido (Lot y Chiang, 1990). En el primer caso se utiliza una prensa botánica, la cual consiste en dos rejillas de madera acompañadas de láminas de cartón corrugado, hojas de papel periódico y una cuerda o cinturones para su compresión. También se pueden incluir hojas de papel secante y láminas de aluminio (que acelera el secado), pero estas no son indispensables. Si las plantas son pequeñas (hasta 30 cm de altura) podemos usar todo el ejemplar (incluyendo la raíz si es posible) y en otros casos se cortan solo porciones representativas que contengan tallos, hojas, flores y frutos. Es importante tomar varios duplicados de la misma especie para futuros intercambios entre colecciones o para su envío a especialistas de otras regiones.

Para la preservación con medios líquidos se usa alcohol al 50% o una solución de formol, alcohol y ácido acético al 10% (FAA). Se pueden utilizar frascos de cristal o plástico para tomar muestras delicadas de plantas terrestres (flores, frutos usualmente) o para las algas y plantas acuáticas vasculares que difícilmente se pueden prensar en papel periódico. Tanto en el caso del prensado como en el fijado de plantas, se lleva un registro de las colectas, usando el nombre del colector y un número. Esta información se anota tanto en el papel periódico como en los frascos y se correlaciona con el resto de los datos que se amplían en una libreta de campo.

La identificación del material se realiza en un laboratorio, utilizando normalmente un microscopio estereoscópico y literatura especializada que contenga claves taxonómicas del grupo o familia botánica del ejemplar examinado. En casos necesarios hay que consultar especialistas o enviar el material a un herbario en particular para su determinación o corroboración taxonómica.

Por último, es importante usar la nomenclatura actual y vigente de los nombres científicos. Para esto es importante consultar páginas de referencia confiables como Tropicos del Missouri Botanical Garden (<http://www.tropicos.org/>) o The Plant List (<http://www.theplantlist.org/>). En estas páginas se puede verificar también el uso de los sinónimos que ocasionalmente pueden causar confusiones o duplicar la identificación de una misma especie con dos nombres distintos.

Errores en la captura del nombre de las especies

Lo primero que hay que hacer es eliminar los posibles espacios que existan en los nombres de las especies, ya que Excel los considerará como especies diferentes. Por ejemplo, Excel tomará como diferentes especies los tres ejemplos que a continuación se muestran, en el primer ejemplo porque hay un espacio antes del nombre, en el segundo debido a que hay doble espacio entre el género y la especie y el tercer ejemplo porque hay un espacio al finalizar la especie.

Figura 22. Imagen que muestra espacios innecesarios antes, entre y después del nombre de la especie.

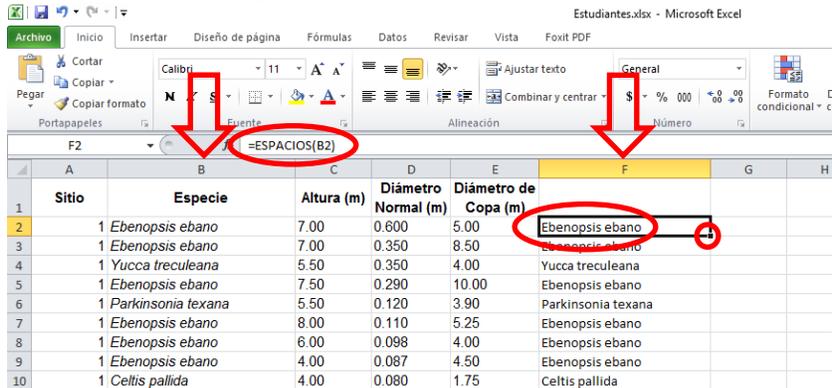
a) → ·Ebenopsis·ebano¶

b) → Ebenopsis·ebano¶

c) → Ebenopsis·ebano·¶

Para ello se tiene que aplicar la fórmula “=espacios” en las especies, para que no existan espacios antes, entre o después del género o especie. En la siguiente imagen se aprecia que se utilizó la fórmula =ESPACIOS(B2) en la columna F para el primer individuo. Una vez que se aplicó la fórmula para el primer individuo, se le da doble clic al extremo inferior izquierdo de la casilla para que se aplique la fórmula al resto de los individuos de manera automática (círculo rojo). Ya que se tiene la información de todos los individuos en la columna F, se selecciona, copia y pega en la columna B (Especies). De esta manera ya se tiene certeza de que las especies de la columna B no tienen espacios.

Figura 25. Imagen de Excel donde se muestran la fórmula =ESPACIOS(texto).



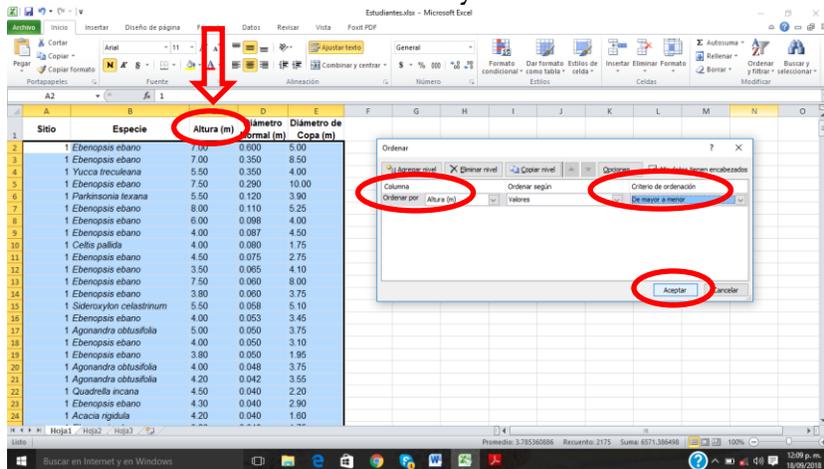
Verificación de las variables medidas en campo

Para verificar que no existen errores en la captura de las mediciones en campo se deben organizar los valores (altura, diámetro normal y diámetro de copa) de forma creciente y decreciente. Por ejemplo, si se midió un matorral espinoso tamaulipeco, donde los individuos arbóreos miden como máximo 8.0 m y en la base de datos se tiene registrado a algunos individuos con alturas de 80 m o 800 m fue un error en la captura de la información. De igual manera, si existen valores inferiores muy bajos como .08 m y no se consideró la regeneración de los arbustos o árboles, también pudiera tratarse de un error en la captura de la información.

Para organizar los datos en una hoja de Excel, primero se tienen que seleccionar toda la base de datos (ver imagen inferior),

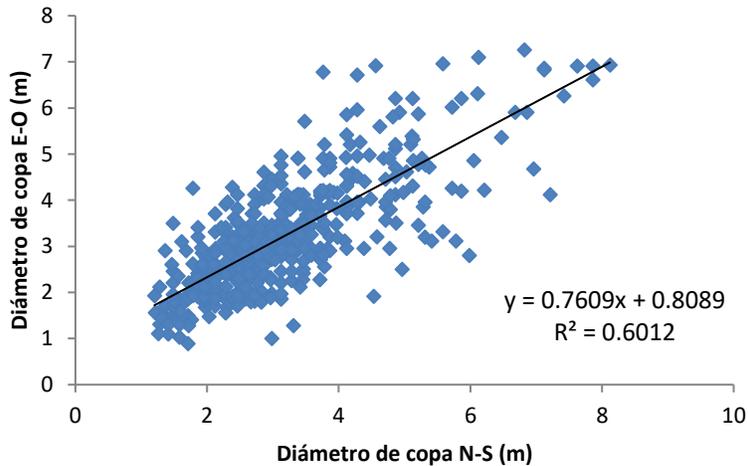
después usar la función “Ordenar y filtrar” y posteriormente “orden personalizado”. Se abrirá una pantalla donde se podrán ordenar de acuerdo a la columna (altura, diámetro normal y diámetro de copa) y criterio de ordenación (de mayor a menor o de menor a mayor). En este ejemplo se aprecia que los individuos más altos presentan dimensiones de 7 m, lo cual es correcto.

Figura 26. Imagen de Excel donde se muestra cómo ordenar los valores de una columna de mayor a menor.



Otra manera de verificar que los datos estén correctos capturados es relacionando las variables. En la siguiente figura se muestra la relación de los diámetros de copa (N-S y E-O) de una comunidad vegetal de Barreta (*Helietta parvifolia*) en el Noreste de México, donde los individuos medidos proyectan una nube de puntos. Esta nube de puntos presenta una línea de tendencia creciente.

Figura 27. Gráfico que muestra la relación de los diámetros de copa (N-S y E-O) de una comunidad vegetal de Barreta (*Helietta parvifolia*) en el Noreste de México.



Determinación del número de sitios de muestreo

Mostacedo y Fredericksen (2000) indican que para que el muestreo sea representativo y los datos tengan una distribución normal, lo ideal sería realizar el mayor número de sitios de muestreo posibles. A pesar que existen algunos modelos matemáticos para determinar el número de sitios de muestreo, generalmente existen limitaciones financieras y de tiempo para realizar el número adecuado de muestreos. En estudios sobre ecología o biología se debe muestrear el mayor número de sitios de muestreo. Los criterios que generalmente se utilizan para determinar el tamaño de la muestra pueden ser la relación entre la superficie a muestrear y la superficie total, y la homogeneidad espacial de la variable o población a estudiarse.

Corral-Rivas *et al.* (2009) mencionan que el número de sitios de muestreo por región o predio depende de ciertos factores que tienen que ser considerados para lograr los objetivos planteados con el establecimiento de los mismos. La cantidad de recursos disponibles es sin duda un aspecto importante, ya que los altos costos asociados con los inventarios usualmente conllevan a una reducción en el tamaño de la muestra. El costo del estableci-

miento de los sitios de muestreo es variable, y refleja la naturaleza y accesibilidad del terreno. El nivel de precisión requerido es otro aspecto importante que debe ser considerado cuando son requeridas pruebas y comparaciones estadísticas.

Intensidad de muestreo

Hughell (1997) indica que la intensidad de muestreo (como un porcentaje del área total) no es necesariamente un buen indicador de la validez del inventario, ya que el porcentaje de error correspondiente a los parámetros del bosque (densidad de árboles, área basal, volumen) es más importante. La extensión del área inventariada teóricamente no entra directamente en la determinación del número de parcelas, sin embargo, con áreas mayores existe mayor posibilidad de que el área sea más diversa y, además, los errores absolutos del inventario sean mayores. Por lo tanto, se justifica una mayor inversión (en la forma de más parcelas) para un inventario de un área más grande.

La intensidad o fracción de muestreo es la relación porcentual de la superficie de la muestra con respecto a la superficie total, y se calcula por medio de la fórmula siguiente:

$$IM = \frac{n}{N} * 100$$

donde IM es la intensidad de muestreo en porcentaje, n el número de unidades de la muestra y N el número de unidades de toda la población.

Romahn y Ramírez (2010) indican que normalmente en inventarios forestales se han utilizado intensidades de muestreo del

orden de 1%, 0.5% y 0.1%, dependiendo de varios factores; superficie por inventariar, factores económicos, precisión requerida, etcétera. La intensidad varía según la precisión con que se deseen medir las características del bosque y está en función de consideraciones económicas y estadísticas.

Si se tuviera que evaluar una superficie con una intensidad de muestreo del 1%, se tendría que muestrear 1 de cada 100 ha y si se establecen sitios de muestreo de 0.1 ha (1000 m²) se tendría que establecer 10 sitios por cada 100 ha.

Mediante un modelo matemático

Romahn y Ramírez (2010) mencionan que para determinar el número de sitios necesarios (n) es necesario realizar un premuestreo, donde se establezcan al azar un número determinado de sitios de muestreo y de éstos se calcula la desviación estandar (s^2) y el coeficiente de variación (CV) del volumen. El valor de t se obtiene de la tabla de t de Student con un nivel apropiado de probabilidad de 95% y $n-1$ para los grados de libertad. E , es el error permitido, el cual se puede prefijar, siendo lo que se está dispuesto a aceptar, dependiendo de la precisión que se requiera. Mostacedo y Fredericksen (2000) mencionan que un valor de error generalmente aplicado en inventarios florísticos es del 20%. Malleux (1982) y MA (2010) mencionan que el valor del error de muestreo varía según el nivel de detalle, describiéndolo como lo muestra la siguiente tabla.

Tabla 7. Nivel de detalle de acuerdo al nivel de error.

Nivel de error	Nivel de detalle
20	Reconocimiento
15	Semidetallado
10	Detallado

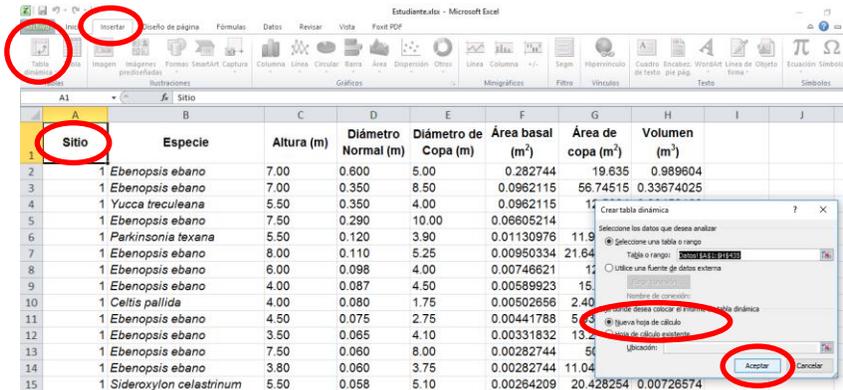
A continuación se muestra la fórmula:

$$n = \frac{t^2 * CV^2}{E_{\%}^2}$$

donde n es el número de sitios de muestreo que se tienen que establecer, t valor tabulado de t de Student, CV el coeficiente de variación y E el error. A continuación se ejemplificará cómo estimar el número de sitios de muestreo con la misma base de datos que se ha estado trabajando.

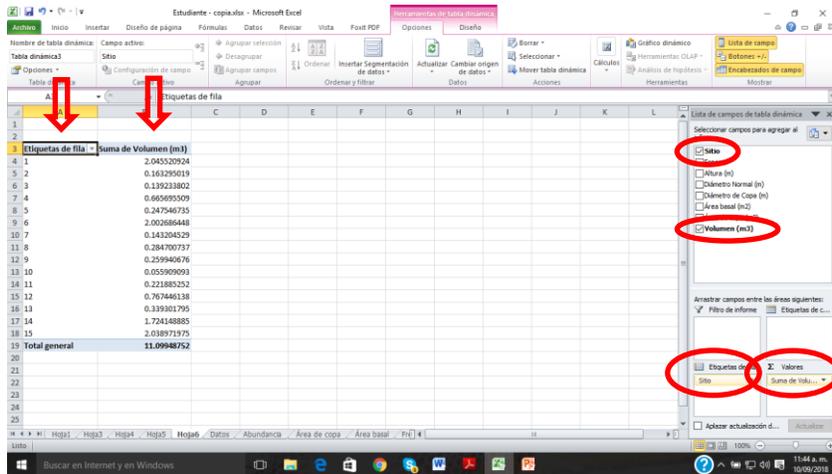
Para su cálculo, primero se tiene que calcular el volumen de madera de cada individuo, el cual se explica detalladamente más adelante del libro en la sección “Estimación de variables por individuo, volumen”. Ya que siente el valor de volumen se debe poner el cursor en la base de datos (así seleccionará automáticamente “la tabla o rango”, en este ejemplo se puso el cursor en la casilla A1) y después irse a “insertar” y seleccionar “tabla dinámica”. Aparecerá una ventana (en el ejemplo está a la derecha), ahí se selecciona que te coloque el informe de la tabla dinámica en una nueva hoja de cálculo y se pone en aceptar.

Figura 28. Imagen de Excel donde se muestra cómo insertar una tabla dinámica.



Más adelante se aborda el tema de volumen maderable, pero para efectos de la estimación del número de sitios de muestreo se tiene que usar en esta sección. Hay que arrastrar “Sitio” de “Seleccionar campos para agregar al informe” a “Etiquetas de fila”. Aparecerá una columna con los 15 sitios de muestreo. Ahora se arrastra “Volumen” de “Seleccionar campos para agregar al informe” a “ Σ Valores” y aparecerá una columna con el volumen de cada sitio de muestreo.

Figura 29. Imagen de Excel donde se muestra cómo calcular el volumen de madera de cada sitio de muestreo.

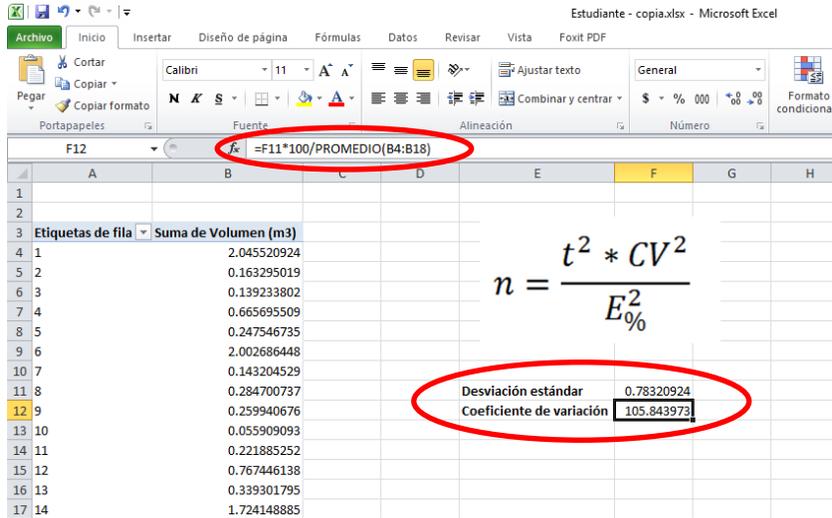


Ya que no se puede calcular directamente el coeficiente de variación (CV) en Excel, se tiene que calcular primero la desviación estándar, y manualmente calcularlo mediante la siguiente fórmula:

$$CV = \frac{S * 100}{\bar{x}}$$

donde CV es el coeficiente de variación, S la desviación estándar y \bar{x} el promedio del volumen. La fórmula en Excel para la desviación estándar es =DESVEST.M, la cual calcula la desviación estándar en función de una muestra. En este ejemplo la fórmula que se ingresara es =DESVEST.M(B4:B18). Ahora sí, para la estimación del coeficiente de variación se calcula =F11*100/PROMEDIO(B4:B18).

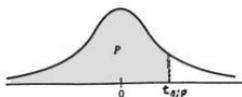
Figura 30. Imagen de Excel donde se muestra el cálculo de coeficiente de variación (CV).



Ahora se tiene que obtener el valor de t de la tabla de t de Student con un nivel apropiado de probabilidad de 95% y $n-1$ para los grados de libertad. En este ejemplo se establecieron 15 sitios de muestreo (n), por lo que los grados de libertad son 14. El valor de t es de 1.7613.

Figura 31. Tabla de distribución t de Student.

Distribución t de Student



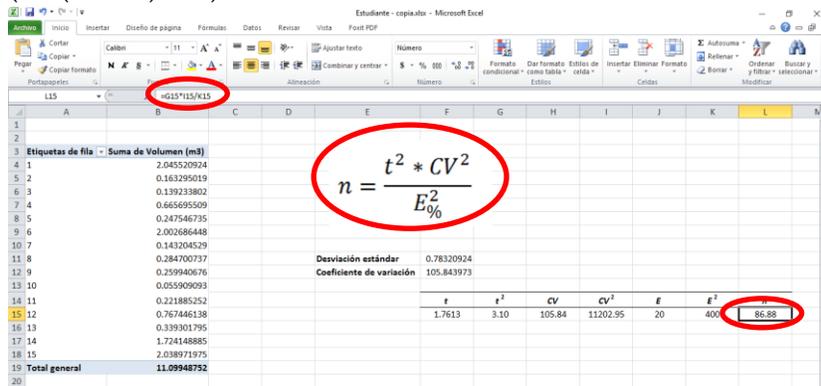
La tabla A.4 da distintos valores de la función de distribución en relación con el número de grados de libertad; concretamente, relaciona los valores p y $t_{n,p}$ que satisfacen

$$P(t_n \leq t_{n,p}) = p.$$

n	$t_{0,55}$	$t_{0,60}$	$t_{0,70}$	$t_{0,80}$	$t_{0,90}$	$t_{0,95}$	$t_{0,975}$	$t_{0,99}$	$t_{0,995}$
1	0,1584	0,3249	0,7265	1,3764	3,0777	6,3138	12,7062	31,8205	63,6567
2	0,1421	0,2887	0,6172	1,0607	1,8856	2,9200	4,3027	6,9646	9,9248
3	0,1366	0,2767	0,5844	0,9785	1,6377	2,3534	3,1824	4,5407	5,8409
4	0,1338	0,2707	0,5686	0,9410	1,5332	2,1318	2,7764	3,7469	4,6041
5	0,1322	0,2672	0,5594	0,9195	1,4759	2,0150	2,5706	3,3649	4,0321
6	0,1311	0,2648	0,5534	0,9057	1,4398	1,9432	2,4469	3,1427	3,7074
7	0,1303	0,2632	0,5491	0,8960	1,4149	1,8946	2,3646	2,9980	3,4995
8	0,1297	0,2619	0,5459	0,8889	1,3968	1,8595	2,3060	2,8965	3,3554
9	0,1293	0,2610	0,5435	0,8834	1,3830	1,8331	2,2622	2,8214	3,2498
10	0,1289	0,2602	0,5415	0,8791	1,3722	1,8125	2,2281	2,7638	3,1693
11	0,1286	0,2596	0,5399	0,8755	1,3634	1,7959	2,2010	2,7181	3,1058
12	0,1283	0,2590	0,5386	0,8726	1,3562	1,7823	2,1788	2,6810	3,0545
13	0,1281	0,2586	0,5375	0,8702	1,3502	1,7709	2,1604	2,6503	3,0123
14	0,1280	0,2582	0,5366	0,8681	1,3450	1,7613	2,1448	2,6245	2,9768
15	0,1278	0,2579	0,5357	0,8662	1,3406	1,7531	2,1314	2,6025	2,9467
16	0,1277	0,2576	0,5350	0,8647	1,3368	1,7459	2,1199	2,5835	2,9208
17	0,1276	0,2573	0,5344	0,8633	1,3334	1,7396	2,1098	2,5669	2,8982
18	0,1274	0,2571	0,5338	0,8620	1,3304	1,7341	2,1009	2,5524	2,8784
19	0,1274	0,2569	0,5333	0,8610	1,3277	1,7291	2,0930	2,5395	2,8609
20	0,1273	0,2567	0,5329	0,8600	1,3253	1,7247	2,0860	2,5280	2,8453
21	0,1272	0,2566	0,5325	0,8591	1,3232	1,7207	2,0796	2,5176	2,8314
22	0,1271	0,2564	0,5321	0,8583	1,3212	1,7171	2,0739	2,5083	2,8188
23	0,1271	0,2563	0,5317	0,8575	1,3195	1,7139	2,0687	2,4999	2,8073
24	0,1270	0,2562	0,5314	0,8569	1,3178	1,7109	2,0639	2,4922	2,7969
25	0,1269	0,2561	0,5312	0,8562	1,3163	1,7081	2,0595	2,4851	2,7874
26	0,1269	0,2560	0,5309	0,8557	1,3150	1,7056	2,0555	2,4786	2,7787
27	0,1268	0,2559	0,5306	0,8551	1,3137	1,7033	2,0518	2,4727	2,7707
28	0,1268	0,2558	0,5304	0,8546	1,3125	1,7011	2,0484	2,4671	2,7633
29	0,1268	0,2557	0,5302	0,8542	1,3114	1,6991	2,0452	2,4620	2,7564
30	0,1267	0,2556	0,5300	0,8538	1,3104	1,6973	2,0423	2,4573	2,7500
40	0,1265	0,2550	0,5286	0,8507	1,3031	1,6839	2,0211	2,4233	2,7045
50	0,1263	0,2547	0,5278	0,8489	1,2987	1,6759	2,0086	2,4033	2,6778
60	0,1262	0,2545	0,5272	0,8477	1,2958	1,6706	2,0003	2,3901	2,6603
80	0,1261	0,2542	0,5265	0,8461	1,2922	1,6641	1,9901	2,3739	2,6387
100	0,1260	0,2540	0,5261	0,8452	1,2901	1,6602	1,9840	2,3642	2,6259
120	0,1259	0,2539	0,5258	0,8446	1,2886	1,6577	1,9799	2,3578	2,6174
∞	0,126	0,253	0,524	0,842	1,282	1,645	1,960	2,327	2,576

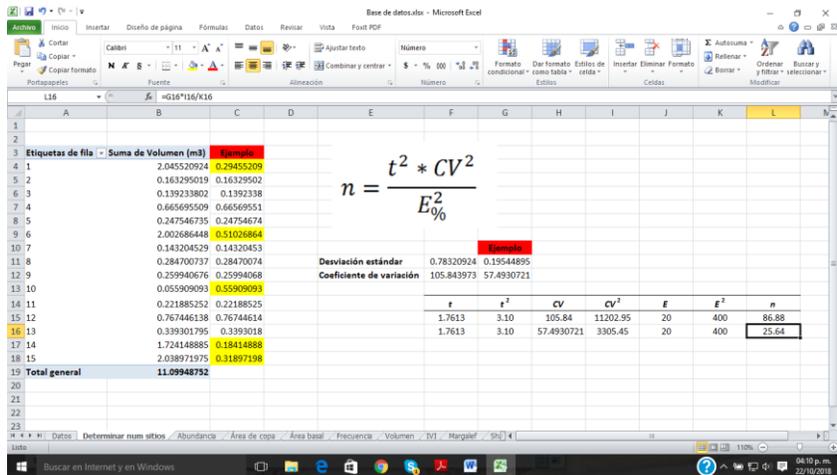
Ahora se colocan los valores de t , CV y E y se elevan al cuadrado. Después se estima la fórmula de n , mediante la fórmula de Excel =G15*I15/K15. El resultado fue 86.88, el cual se redondea siempre hacia arriba ya que no se pueden establecer sitios de muestreo parciales (0.88 de un sitio). En este ejemplo se tendrán que establecer 87 sitios de muestreo para tener información representativa con un error aceptable. El resultado fue alto debido a la variabilidad del volumen en los sitios de muestreo.

Figura 32. Imagen de Excel donde se muestra el cálculo de n ($n = (t^2 * CV^2) / E_{\%}^2$).



De manera de ejemplo se manipularon los valores de volumen (amarillo) para que tuvieran menor variabilidad y se calculó nuevamente la fórmula. El resultado fue de 25.64, resultando evidente que entre menor variabilidad del volumen se necesitan establecer un menor número de sitios de muestreo.

Figura 33. Imagen de Excel donde se muestra un ejemplo del cálculo de n ($n = (t^2 * CV^2) / E_{\%}^2$) con datos que presentan menor variabilidad.



Para ejemplificar de mejor manera, con la misma información se generó la siguiente tabla con el cálculo del número de muestras para diferentes valores de coeficiente de variación y error de muestreo. En el ejemplo A se tiene un error del 20% y en el B un 15%. La información muestra que entre menor sea la variabilidad del volumen (coeficiente de variación) se necesita establecer un menor número de sitios de muestreo.

Tabla 8. Cálculos del número de muestras para diferentes valores de coeficiente de variación y error de muestreo.

A							B						
t	t^2	CV	CV^2	E	E^2	n	t	t^2	CV	CV^2	E	E^2	n
1.761	3.10	106	1120 3	20	400	86.88	1.761	3.10	106	1120 3	15	225	154.46
1.761	3.10	90	8100	20	400	62.82	1.761	3.10	90	8100	15	225	111.68
1.761	3.10	80	6400	20	400	49.63	1.761	3.10	80	6400	15	225	88.24
1.761	3.10	70	4900	20	400	38.00	1.761	3.10	70	4900	15	225	67.56
1.761	3.10	60	3600	20	400	27.92	1.761	3.10	60	3600	15	225	49.63
1.761	3.10	50	2500	20	400	19.39	1.761	3.10	50	2500	15	225	34.47
1.761	3.10	40	1600	20	400	12.41	1.761	3.10	40	1600	15	225	22.06
1.761	3.10	30	900	20	400	6.98	1.761	3.10	30	900	15	225	12.41
1.761	3.10	20	400	20	400	3.10	1.761	3.10	20	400	15	225	5.51

donde t valor tabulado de t de Student, CV el coeficiente de variación y E el error y n es el número de sitios de muestreo que se tienen que establecer.

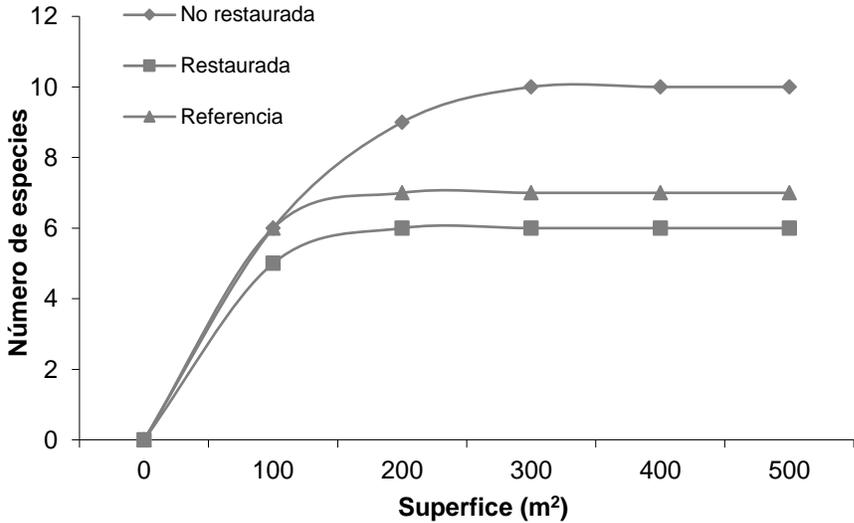
Curva de acumulación de especies

Bautista (2004) menciona que se ha demostrado que el número de especies de una fracción de un rodal o comunidad está relacionado directamente con el tamaño de la misma. En consecuencia, al aumentar la superficie de muestreo aumenta el número de especies, de tal manera que la curva que relaciona esos valores se eleva rápidamente al principio, para luego hacerlo muy imperceptiblemente en forma casi horizontal. Esta relación se ha utilizado para determinar el tamaño y número de sitios de muestreo.

El área mínima a evaluar en un inventario mediante la curva de acumulación de especies se determina en función de la composición de especies. Se elabora una gráfica poniendo como variable independiente (“x”) el área acumulada (m^2), y como variable dependiente (“y”) el número acumulado de especies (S). El área mínima a muestrear es la proyección sobre el eje de la parte de la curva donde ésta se estabiliza.

De manera de ejemplo se ilustra una curva de acumulación de especies publicada por Alanís *et al* (2008) donde evaluaron y contrastaron la composición de especies del estrato arbóreo en tres áreas diferentes (no restaurada, restaurada y referencia) en un bosque de pino encino en el Parque Ecológico Chipinque (Nordeste de México). En el gráfico se muestra la estabilización de las tres curvas.

Figura 34. Gráfico de curva de acumulación de especies publicada por Alanís *et al* (2008) donde evaluaron y contrastaron la composición de especies del estrato arbóreo en tres áreas diferentes (no restaurada, restaurada y referencia).



Para la elaboración del gráfico se utilizó la información de la siguiente tabla.

Tabla 9. Información que se utilizó para la elaboración del gráfico.

Superficie	No restaurada	Restaurada	Referencia
0	0	0	0
100	6	5	6
200	9	6	7
300	10	6	7
400	10	6	7
500	10	6	7

Estimación de variables por individuo

Área basal

El área basal o área basimétrica es la superficie de la sección del tronco de un árbol a 1,30 m del nivel del suelo, expresada generalmente en m². Para una masa arbórea es la suma del área basimétrica de todos los árboles que la forman (SECF, 2018). Para el cálculo del área de copa o área basimétrica se utiliza la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi}{4} * d^2$$

Donde A es el área, π un valor constante de 3.1416 y d el diámetro. Para la estimación del área basal del primer individuo (*Ebenopsis ebano*) se utilizó la fórmula $= (3.1416/4) * E3 * E3$. Una vez que se realizó el cálculo del área basal del primer individuo, se le da doble clic al extremo inferior izquierdo de la casilla para que se calculen el resto de los individuos de manera automática (círculo rojo). Es importante mencionar que el diámetro normal generalmente se mide en centímetros en campo, pero en la base de datos se convierte a metros (dividiéndolo entre 100) para que el resultado final sean metros.

Figura 35. Imagen de Excel donde se muestra la estimación del área basal (m^2) de un individuo.

	A	B	D	E	F	G	H	I	
		Sitio	Especie	Altura (m)	Diámetro Normal (m)	Diámetro de Copa (m)	Área basal (m^2)	Área de copa (m^2)	Volumen (m^3)
3		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	7.00	0.600	5.00	0.28244		
4		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	7.00	0.350	8.50			
5		1	<i>Yucca treculeana</i>	5.50	0.350	4.00			
6		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	7.50	0.290	10.00			
7		1	<i>Parkinsonia texana</i>	5.50	0.120	3.90			
8		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	8.00	0.110	5.25			
9		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	6.00	0.098	4.00			
10		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	4.00	0.087	4.50			
11		1	<i>Celtis pallida</i>	4.00	0.080	1.75			
12		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	4.50	0.075	2.75			
13		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	3.50	0.065	4.10			
14		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	7.50	0.060	8.00			
15		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	3.80	0.060	3.75			
16		1	<i>Sideroxylon celastrinum</i>	5.50	0.058	5.10			

Área de copa

El área de copa o la cubierta de copa es la superficie formada por el follaje y las ramas de la copa, expresada generalmente en m^2 . Para una masa arbórea es la suma de las área de copa de todos los árboles que la forman (SECF, 2018). En la siguiente imagen se aprecia el cálculo del área de copa del primer individuo (*Ebenopsis ebano*). La fórmula se observa en un ovoide rojo, siendo $(\pi/4)*d^2$, $= (3.1416/4)*F3*F3$, d =diámetro copa. Una vez que se realizó el cálculo del área basal del primer individuo, se le da doble clic al extremo inferior izquierdo de la casilla para que se calculen el resto de los individuos de manera automática (círculo rojo).

Figura 36. Imagen de Excel donde se muestra la estimación del área de copa (m^2) de un individuo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2		Sitio	Especie	Altura (m)	Diámetro Normal (m)	Diámetro de Copa (m)	Área basal (m^2)	Área de copa (m^2)	Volumen (m^3)
3		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	7.00	0.600	5.00	0.282744	19.653	
4		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	7.00	0.350	8.50	0.0962115		
5		1	<i>Yucca treculeana</i>	5.50	0.350	4.00	0.0962115		
6		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	7.50	0.290	10.00	0.08605214		
7		1	<i>Parkinsonia texana</i>	5.50	0.120	3.90	0.01130976		
8		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	8.00	0.110	5.25	0.00950334		
9		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	6.00	0.098	4.00	0.00746621		
10		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	4.00	0.087	4.50	0.00589923		
11		1	<i>Celtis pallida</i>	4.00	0.080	1.75	0.00502656		
12		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	4.50	0.075	2.75	0.00441788		
13		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	3.50	0.065	4.10	0.00331832		
14		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	7.50	0.060	8.00	0.00282744		
15		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	3.80	0.060	3.75	0.00282744		
16		1	<i>Sideroxylon celastrinum</i>	5.50	0.058	5.10	0.00264209		

Volumen

Díaz *et al.* (2010) mencionan que el volumen de un árbol es una característica dendrométrica fundamental cuando se está interesado en la materia leñosa. Frecuentemente sirve de soporte a la estimación del valor económico, así como a las diversas operaciones de comercialización de la madera.

El volumen en pie es el volumen de madera existente en un árbol o en una masa arbolada, cuando se encuentran en pie (SECF, 2018). Existen diferentes fórmulas para estimar el volumen de un árbol o arbusto o de masas forestales (Cancino, 2012). Diéguez *et al.* (2003) mencionan que existen diferentes metodologías para la determinación del volumen del árbol en pie, entre ellas:

- a) Cubicación por tipos dendrométricos
- b) Cubicación por coeficientes mórficos y altura reducida
- c) Cubicación mediante el empleo de fórmulas de cubicación
- d) Cubicación mediante el relascopio de Bitterlich
- e) Cubicación mediante fórmulas abreviadas
- f) Cubicación mediante tarifas o tablas de cubicación
- g) Cubicación mediante funciones de volumen porcentual y funciones de perfil

Debido a la importancia de la estimación del volumen en pie se han generado investigaciones que generan modelos de cubicación. Por mencionar algunas se encuentran las de Corral *et al.* (1999), Aguilar & Velarde (2001), Vargas-Larreta (2006), Corral-Rivas *et al.* (2007), Cruz-Cobos *et al.* (2008) Pompa-García *et al.* (2009), Muñoz-Flores *et al.*, (2012), Hernández-Pérez *et al.* (2013), Uranga-Valencia *et al.* (2015), García-Espinoza *et al.* (2018), Silva *et al.*, (2018) y Telles *et al.*, (2018).

Vargas-Larreta *et al.* (2017) mencionan que los sistemas biométricos actuales deben incluir modelos de volumen desarrollados y validados por especie y para uso regional. Se entiende por sistema biométrico a un portafolio de ecuaciones mediante las cuales se obtiene información confiable sobre las existencias volumétricas, clasificación de productos, calidad de estación, rendimiento y crecimiento de árboles y rodales en una variedad amplia de condiciones de manejo.

Debido a que los modelos de volumen deben ser desarrollados y validados por especie y para uso regional la Comisión Nacional Forestal generó el Sistema Biométrico Forestal “SiBiFor”, integrado por una base de datos de más de 6000 ecuaciones de volumen, distribución de productos, índice de sitio y crecimiento en diámetro normal de 97 especies arbóreas de bosques templados y tropicales en México. Debido a que el tema de volumen es

muy extenso y existe la herramienta de SiBiFor (<http://fcfposgrado.ujed.mx/sibifor/inicio/consorcio.php>) en este libro no se abordará el tema a profundidad.

En este libro únicamente se abordará la cubicación por coeficiente mórfico (CM). El CM corresponde a la relación entre el volumen real del fuste del árbol hasta una altura determinada en grosor o en longitud y el volumen del cilindro que tenga como base la superficie g_i de la sección a una altura fija i (Díaz, 2010). Gadow *et al.* (2007) mencionan que el coeficiente mórfico es un factor de reducción que describen la relación entre el volumen real y un cilindro de referencia y se obtienen haciendo el cociente entre ambos valores. El volumen del cilindro ideal (m^3) es igual al producto de la altura del árbol (m) por su sección (m^2). Multiplicando el volumen del cilindro ideal por el coeficiente mórfico se puede estimar el volumen del fuste.

Para su estimación se emplea la siguiente fórmula:

$$V=g*h*CM$$

Donde V es el volumen, g es la superficie supuesta circular del diámetro basal ($d_{0.10\text{ m}}$), h la altura total del individuo y CM el coeficiente mórfico, que para el caso del matorral espinoso tamaulipeco es 0.5 (Jiménez, 1990). En el ejemplo se usa la fórmula $=G3*D3*0.5$, como se muestra en la imagen.

Figura 37. Imagen de Excel donde se muestra la estimación del volumen de madera (m³) de un individuo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2		Sitio	Especie	Altura (m)	Diámetro Normal (m)	Diámetro de Copa (m)	Área basal (m ²)	Área de copa (m ²)	Volumen (m ³)
3		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	7.00	0.600	5.00	0.282744	19.845	0.989604
4		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	7.00	0.350	8.50	0.0962115	56.74515	
5		1	<i>Yucca treculeana</i>	5.50	0.350	4.00	0.0962115	12.5664	
6		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	7.50	0.290	10.00	0.06605214	78.54	
7		1	<i>Parkinsonia texana</i>	5.50	0.120	3.90	0.01130976	11.945934	
8		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	8.00	0.110	5.25	0.00950334	21.6475875	
9		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	6.00	0.098	4.00	0.00746621	12.5664	
10		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	4.00	0.087	4.50	0.00589923	15.90435	
11		1	<i>Celtis pallida</i>	4.00	0.080	1.75	0.00502656	2.4052875	
12		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	4.50	0.075	2.75	0.00441788	5.9395875	
13		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	3.50	0.065	4.10	0.00331832	13.202574	
14		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	7.50	0.060	8.00	0.00282744	50.2656	
15		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	3.80	0.060	3.75	0.00282744	11.0446875	
16		1	<i>Sideroxylon celastrinum</i>	5.50	0.058	5.10	0.00264209	20.428254	
17		1	<i>Ebenopsis ebano</i>	4.00	0.053	3.45	0.00223403	9.3482235	

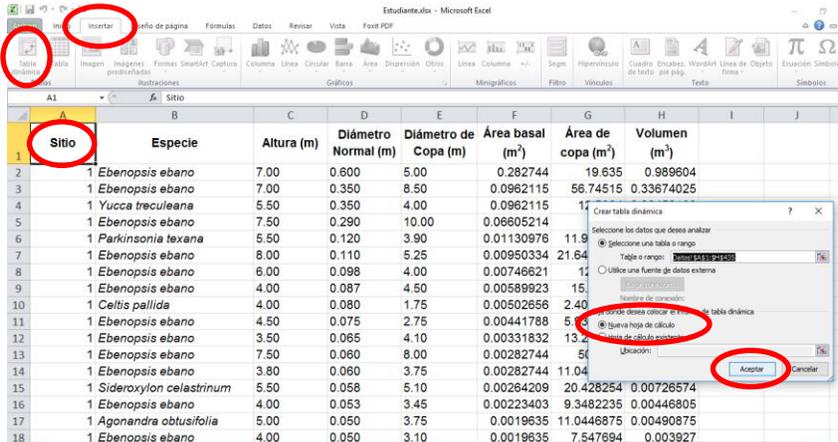
Estimación de variables absolutas y relativas por especie

Abundancia

La abundancia se define como el número de individuos por especies que se encuentra en una localidad (Lamprecht, 1990). Mackenzie *et al.* (1998) lo definen como el número de individuos por unidad de área o unidad de hábitat. Este resultado se expresa para especies arbóreas y arbustivas por hectárea y para herbáceas por hectárea o metros cuadrados. La abundancia absoluta difiere de la relativa, en que la absoluta se refiere al número de individuos por especie, mientras que la relativa es la proporción de cada especie en el número total de individuos (Harold y Hocker, 1984; Lamprecht, 1990).

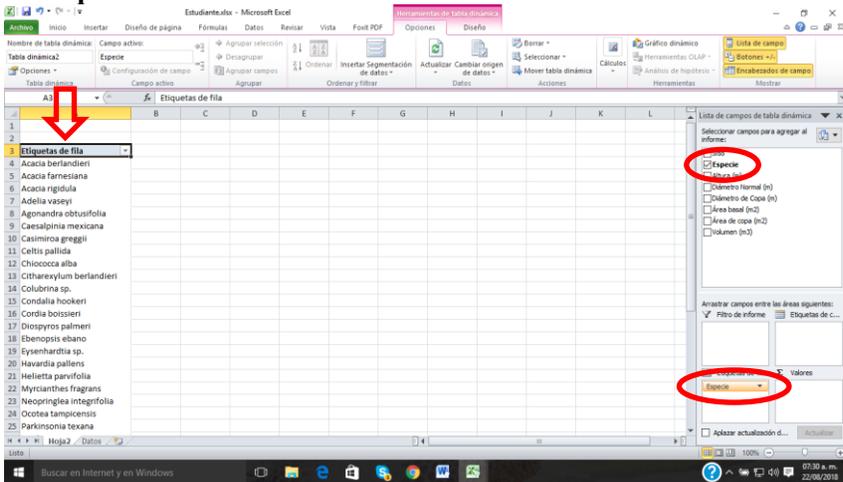
Para su cálculo, primero se tiene que poner el cursor en la base de datos (así seleccionará automáticamente “la tabla o rango”, en este ejemplo se puso el cursor en la casilla A1) y después se da “insertar” y seleccionar “tabla dinámica”. Aparecerá una ventana (en el ejemplo está a la derecha), ahí se selecciona que te coloque el informe de la tabla dinámica en una nueva hoja de cálculo y se presiona aceptar.

Figura 38. Imagen de Excel donde se muestra cómo insertar una tabla dinámica.



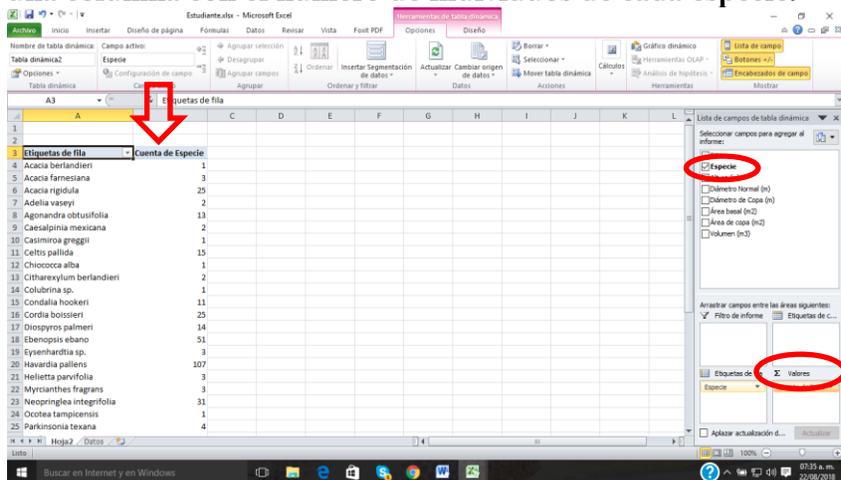
Ahora hay que arrastrar “Especie” de “Seleccionar campos para agregar al informe” a “Etiquetas de fila”. Aparecerá una columna con las especies.

Figura 39. Imagen de Excel donde se muestra cómo insertar las especies en una columna.



Ahora se arrastra “Especie” de “Seleccionar campos para agregar al informe” a “Σ Valores”. Aparecerán el número de individuos registrados de cada especie.

Figura 40. Imagen de Excel donde se muestra cómo insertar una columna con el número de individuos de cada especie.



Ya que se tiene cuantificado el número de individuos registrados de cada especie se tiene que extrapolar por hectárea. En este ejemplo se establecieron 15 sitios de muestreo de 400 m², evaluando una superficie total de 6000 m². Para este cálculo se hace una regla de tres simple, si en 6000 m² hay un individuo *Acacia berlandieri*, ¿Cuántos habrá en 10,000 m²? (10,000 m² es la superficie de una hectárea). En la imagen se aprecia la fórmula para el cálculo =10000*B4/6000.

Figura 41. Imagen de Excel donde se muestra cómo extrapolar por hectárea el número de individuos evaluados.

Estudiante.xlsx - Microsoft Excel

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Foxtit PDF

Calibri 11 A A

Cortar Copiar Pegar Copiar formato

Portapapeles Fuente Alineación

C4 =10000*B4/6000

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3	Etiquetas de fila	Cuenta de Especie	N ha ⁻¹	A rel				
4	Acacia berlandieri	1	2					
5	Acacia fernandesiana	3	5					
6	Acacia rigidula	25	42					
7	Adelia vaseyi	2	3					
8	Agonandra obtusifolia	13	22					
9	Caesalpinia mexicana	2	3					
10	Casimiroa greggii	1	2					
11	Celtis pallida	15	25					
12	Chiococca alba	1	2					
13	Citharexylum berlandieri	2	3					
14	Colubrina sp.	1	2					
15	Condalia hookeri	11	18					

En la siguiente tabla se aprecian algunos ejemplos de resultados de abundancia extrapolados por hectárea, indicando las comunidades vegetales estudiadas y los autores. Se aprecia que las abundancias varían notablemente en las comunidades vegetales, presentando valores de 297 a 7770 N ha⁻¹. Los bosques maduros presentaron valores de 297 a 1174 N ha⁻¹, mientras que los matorrales y selvas presentaron mayores valores.

Tabla 10. Ejemplos de resultados de abundancias (N/ha) en diferentes comunidades vegetales.

N/ha	Comunidad vegetal	Autores
297	Bosque templado	Jiménez <i>et al.</i> , 2001
375	Bosque de <i>Prosopis</i>	Alanís <i>et al.</i> , 2017
389	Bosque templado	López-Hernández <i>et al.</i> , 2017
575	Bosque templado	Graciano <i>et al.</i> , 2017
787	Bosque templado	Graciano <i>et al.</i> , 2017a
873	Bosque templado	Aguirre <i>et al.</i> , 2003
940	Bosque templado	Hernández <i>et al.</i> , 2013
1026	Bosque mesófilo de montaña	Corral <i>et al.</i> , 2005
1156	Matorral espinoso	Leal <i>et al.</i> , 2018
1174	Bosque de Oyamel	Encina-Domínguez <i>et al.</i> , 2008
1858	Matorral desértico rosetófilo	Mata-Balderas <i>et al.</i> , 2018
1960	Bosque de <i>Prosopis</i> y <i>Vachellia</i>	Patiño <i>et al.</i> , en prensa.
3629	Matorral submontano	Alanís <i>et al.</i> , 2015b
4993	Selva baja caducifolia	Gallardo-Cruz <i>et al.</i> , 2005
5300	Bosque templado regenerado	Alanís <i>et al.</i> , 2015d
7770	Selva baja caducifolia	Trejo, 1998

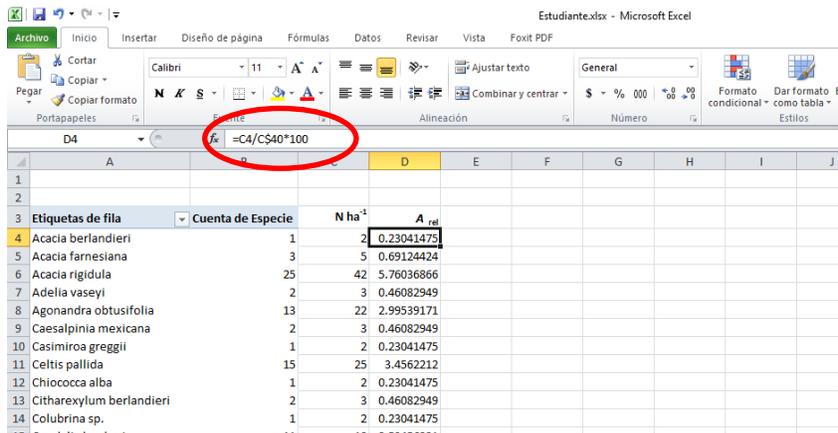
Una vez calculados los valores absolutos de la abundancia se estiman los relativos. Para la estimación de la abundancia relativa se emplea la siguiente fórmula:

$$AR_i = \left(A_i / \sum A_i \right) * 100$$

Donde AR_i es la abundancia relativa de la especie i respecto a la abundancia total y A_i es el número de individuos de la especie i y

ΣA_i es la sumatoria del número de individuos de todas las especies. En el ejemplo se divide el número de individuos de la especie *Acacia berlandieri* entre la sumatoria del número de individuos de todas las especies, que en este caso fue de 723 N ha⁻¹, valor que se encuentra en la casilla C40 (para poder fijar esa celda se tiene que usar el signo de \$ entre la letra y el número, quedando C\$40) y finalmente se multiplica por cien. Para corroborar que está calculado correctamente la sumatoria de los valores porcentuales de todas las especies tiene que ser 100.

Figura 42. Imagen de Excel donde se muestra cómo estimar la abundancia relativa.



Dominancia

Área basal

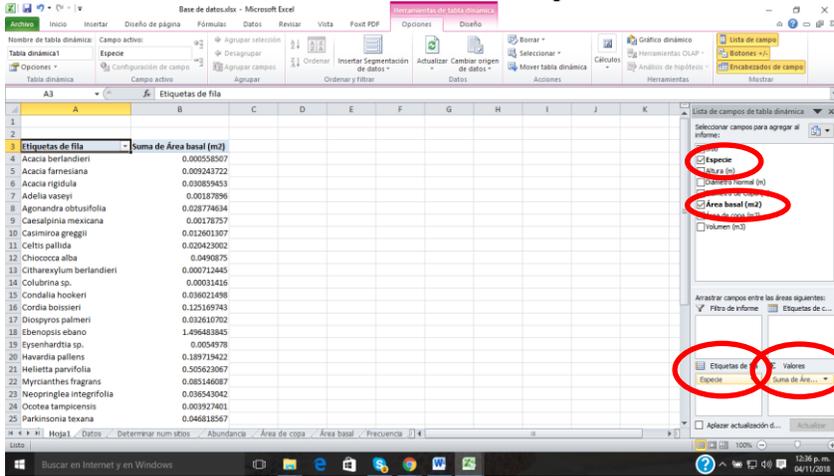
Granados y Tapia (1990) mencionan que la dominancia se refiere a la extensión de área cubierta, espacio ocupado o grado de

control de una comunidad, por una o más especies. La dominancia generalmente está determinada por el área de la copa (Franco *et al.*, 1989; Lamprecht, 1990). Jiménez *et al.* (2001) señalan que el uso del parámetro dendrométrico área basal es un adecuado sustituto para el cálculo del valor de dominancia. La dominancia absoluta de una especie se define como la sumatoria del área basal individual, expresadas en m^2 . La dominancia relativa se determina como la proporción de una especie en el área basal total evaluada (Harold y Hocker, 1984).

Para su cálculo, primero se tiene que poner el cursor en la base de datos (así seleccionará automáticamente “la tabla o rango”, en este ejemplo se puso el cursor en la casilla A1) y después irse a “insertar” y seleccionar “tabla dinámica”. Aparecerá una ventana, ahí se selecciona que te coloque el informe de la tabla dinámica en una nueva hoja de cálculo y se pone en aceptar.

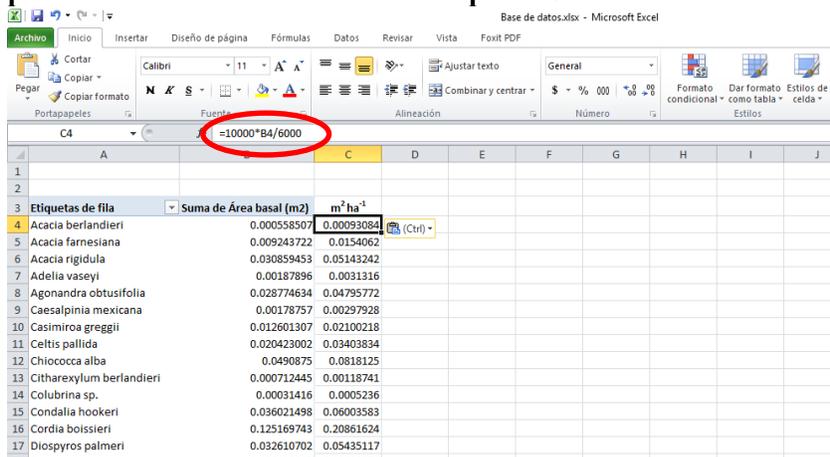
Como se mencionó anteriormente la dominancia se puede estimar mediante el área de copa o el área basal. En este ejemplo se realizarán ambas estimaciones, iniciando por el área basal. Ya que estén en la nueva hoja, se arrastra “Especies” en “Seleccionar campos para agregar al informe” a “Etiquetas de fila”. Después se arrastra “Área basal (m^2)” a “ Σ Valores”.

Figura 43. Imagen de Excel donde se muestra cómo insertar una columna con el área basal de cada especie.



Ya que se tiene cuantificado el área basal de los individuos registrados de cada especie se tiene que extrapolar por hectárea. Nuevamente se tomará el mismo ejemplo donde se establecieron 15 sitios de muestreo de 400 m², evaluando una superficie total de 6000 m². Para este cálculo se hace una regla de tres simple, si en 6000 m² la especie *Acacia berlandieri* ocupa una superficie de 0.00055 m² ¿Cuántos m² ocupará en 10,000 m²? En la imagen se aprecia la fórmula para el cálculo = 10000*B4/6000. El resultado es 7.40 m² ha⁻¹.

Figura 44. Imagen de Excel donde se muestra cómo extrapolar por hectárea el área basal de las especies.



En la siguiente tabla se aprecian algunos ejemplos de resultados de la dominancia a través del área basal extrapolado por hectárea, indicando las comunidades vegetales estudiadas y los autores. Se aprecia que los valores varían en las diferentes comunidades vegetales, presentando valores de 13.76 a 79.10 m² ha⁻¹.

Tabla 11. Ejemplos de resultados de áreas basales ($\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$) en diferentes comunidades vegetales.

AB $\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$	Comunidad vegetal	Autores
13.76	Matorral espinoso	Leal <i>et al.</i> , 2018
19.58	Bosque templado	Hernández <i>et al.</i> , 2013
22.67	Bosque templado	Buendía-Rodríguez, <i>et al.</i> , en prensa
22.93	Bosque templado	Graciano <i>et al.</i> , 2017a
23.54	Bosque templado	Graciano <i>et al.</i> , 2017
28.11	Bosque mesófilo de montaña	Corral <i>et al.</i> , 2005
29.69	Bosque de Oyamel	Encina-Domínguez <i>et al.</i> , 2008
47.10	Bosque templado	Aguirre <i>et al.</i> , 2003
49.01	Bosque templado	Buendía-Rodríguez, <i>et al.</i> , en prensa
53.20	Selva baja caducifolia	Gallardo-Cruz <i>et al.</i> , 2005
79.10	Selva baja caducifolia	Trejo, 1998

Una vez calculados los valores absolutos del área de copa se estiman los relativos. Para la estimación de la dominancia relativa se emplea la siguiente fórmula:

$$DR_i = \left(D_i / \sum D_i \right) * 100$$

Donde DR_i es la dominancia relativa de la especie i respecto a la abundancia total y D_i es la dominancia absoluta de los individuos de la especie i y $\sum D_i$ es la sumatoria de la dominancia de individuos de todas las especies. En el ejemplo se divide el área basal de la especie *Acacia berlandieri* entre la sumatoria del área basal de todas las especies, que en este caso fue de $7.40 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, valor que se encuentra en la casilla C40 (para poder fijar esa celda se tiene que usar el signo de \$ entre la letra y el número, quedando C\$40) y finalmente se multiplica por cien. Para corroborar que

está correctamente calculado la sumatoria de los valores porcentuales tiene que ser cien.

Figura 45. Imagen de Excel donde se muestra cómo estimar la dominancia (mediante el área basal) relativa.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

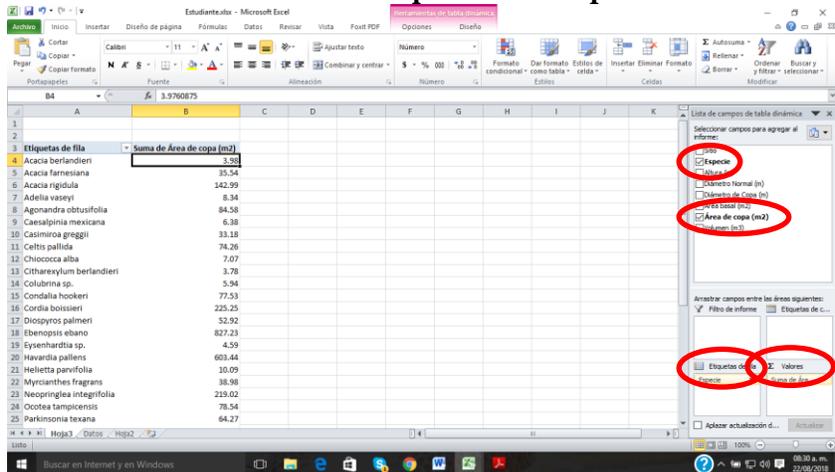
Etiquetas de fila	Suma de Área basal (m ²)	m ² ha ⁻²	Dr _i
Acacia berlandieri	0.000558507	0.00093084	0.01256479
Acacia farnesiana	0.009243722	0.0154062	0.20795713
Acacia rigidula	0.030859453	0.05143242	0.69424886
Adelia vaseyi	0.00187896	0.0031316	0.0422712
Agonandra obtusifolia	0.028774634	0.04795772	0.64734644
Caesalpinia mexicana	0.00178757	0.00297928	0.04021519
Casimiroa greggii	0.012601307	0.02100218	0.28349313
Celtis pallida	0.020423002	0.03403834	0.45945875
Chiococca alba	0.0490875	0.0818125	1.10432745
Citharexylum berlandieri	0.000712445	0.00118741	0.01602796
Colubrina sp.	0.00031416	0.0005236	0.0070677
Condalia hookeri	0.036021498	0.06003583	0.81038003
Cordia boissieri	0.125169743	0.20861624	2.81595892
Diospyros palmeri	0.032610702	0.05435117	0.73364693
Ebenoasis ebano	1.496483845	2.49413974	33.6665788

Área de copa

Para su cálculo, primero se tiene que colocar el cursor en la base de datos (así seleccionará automáticamente “la tabla o rango”, en este ejemplo se puso el cursor en la casilla A1) y después irse a “insertar” y seleccionar “tabla dinámica”. Aparecerá una ventana (en el ejemplo está a la derecha), ahí se selecciona para que coloque el informe de la tabla dinámica en una nueva hoja de cálculo y se pone en aceptar. Como se mencionó anteriormente la dominancia se puede estimar mediante el área de copa o el área basal. En este ejemplo se realizará con el área de copa.

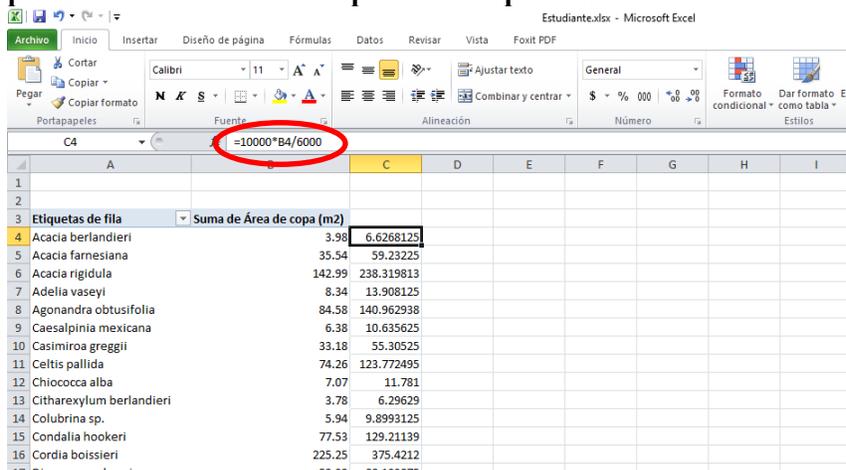
Ya que estén en la nueva hoja, se arrastra “Especies” en “Seleccionar campos para agregar al informe” a “Etiquetas de fila”. Después se arrastra “Área de copa (m²)” a “Σ Valores”.

Figura 46. Imagen de Excel donde se muestra cómo insertar una columna con el área de copa de cada especie.



Ya que se tiene cuantificado el área de copa de los individuos registrados de cada especie se tiene que extrapolar por hectárea. Nuevamente se tomará el mismo ejemplo donde se establecieron 15 sitios de muestreo de 400 m², evaluando una superficie total de 6000 m². Para este cálculo se hace una regla de tres simple, si en 6000 m² la especie *Acacia berlandieri* ocupa una superficie de 3.98 m², cuántos m² ocupará en 10,000 m². En la imagen se aprecia la fórmula para el cálculo =10000*B4/6000.

Figura 47. Imagen de Excel donde se muestra cómo extrapolar por hectárea el área de copa de las especies.



En la siguiente tabla se aprecian algunos ejemplos de resultados de la dominancia a través del área de copa extrapolado por hectárea, indicando las comunidades vegetales estudiadas y los autores. Se aprecia que los valores varían notablemente en las comunidades vegetales, presentando valores de 1622 a 36070 m² ha⁻¹. Valores superiores a 10,000 m² ha⁻¹ indican que las comunidades vegetales se encuentran conformadas por varios pisos o estratos verticales o que se traslapan las copas.

Tabla 12. Ejemplos de resultados de áreas de copa (m² ha⁻¹) en diferentes comunidades vegetales.

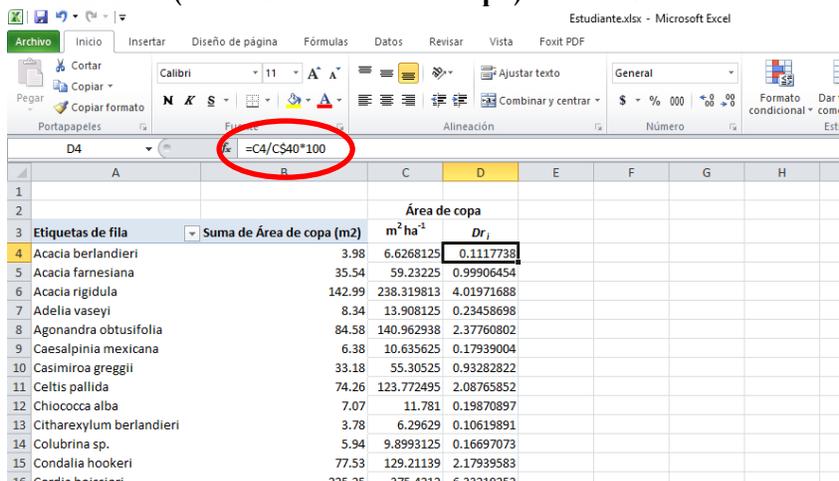
A copa (m ² ha ⁻¹)	Comunidad vegetal	Autores
1622	Matorral desértico rosetófilo	Mata-Balderas <i>et al.</i> , 2018
5272	Matorral espinoso	Leal <i>et al.</i> , 2018
6601	Bosque de <i>Prosopis</i>	Alanís <i>et al.</i> , 2017
6628	Matorral submontano	Alanís <i>et al.</i> , 2015b
8463	Bosque templado	López-Hernández <i>et al.</i> , 2017
9521	Matorral espinoso tamaulipeco	Alanís <i>et al.</i> , 2018
15349	Bosque de <i>Pinus-Quercus</i>	Méndez <i>et al.</i> , 2018
17790	Bosque templado regenerado	Alanís <i>et al.</i> , 2015d
36070	Selva baja caducifolia	Gallardo-Cruz <i>et al.</i> , 2005

Una vez calculados los valores absolutos del área de copa se estiman los relativos. Para la estimación de la dominancia relativa se emplea la siguiente fórmula:

$$DR_i = \left(D_i / \sum D_i \right) * 100$$

Donde DR_i es la dominancia relativa de la especie i respecto a la abundancia total y D_i es la dominancia absoluta de los individuos de la especie i y $\sum D_i$ es la sumatoria de la dominancia de individuos de todas las especies. En el ejemplo se divide el área de copa de la especie *Acacia berlandieri* entre la sumatoria del área de copa de todas las especies, que en este caso fue de 5928 m² ha⁻¹, valor que se encuentra en la casilla C40 (para poder fijar esa celda se tiene que usar el signo de \$ entre la letra y el número, quedando C\$40) y finalmente se multiplica por cien. Para corroborar que está correctamente calculado la sumatoria de los valores porcentuales tiene que ser cien.

Figura 48. Imagen de Excel donde se muestra cómo estimar la dominancia (mediante el área de copa) relativa.



Frecuencia

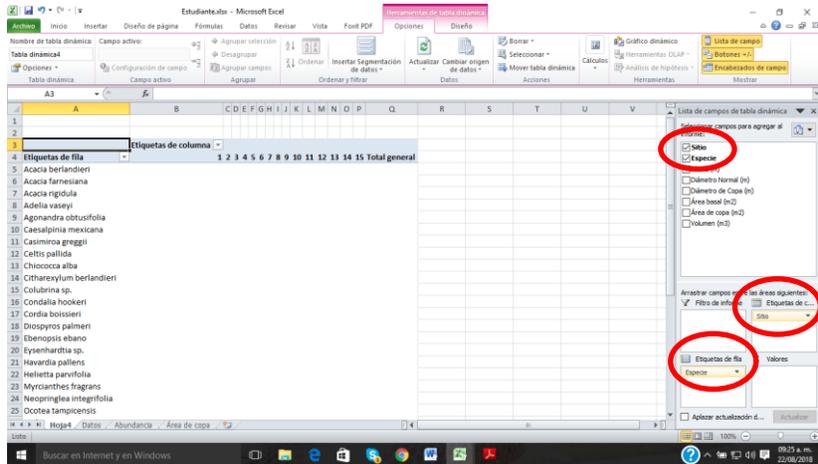
Harold y Hocker (1984) definen frecuencia como el número de veces que una especie está representada y Lamprecht (1990) como la presencia o la ausencia de una especie en determinada comunidad. La frecuencia se puede definir como el porcentaje de veces que ocurre una especie en los sitios de muestreo. La frecuencia relativa de una especie se determina como un porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies. Esta variable define un parámetro de homogeneidad de un ecosistema (Lamprecht, 1990).

Para su cálculo, primero se tiene que poner el cursor en la base de datos (así seleccionará automáticamente “la tabla o

rango”, en este ejemplo se puso el cursor en la casilla A1) y después irse a “insertar” y seleccionar “tabla dinámica”. Aparecerá una ventana (en el ejemplo está a la derecha), ahí se selecciona que te coloque el informe de la tabla dinámica en una nueva hoja de cálculo y se pone en aceptar.

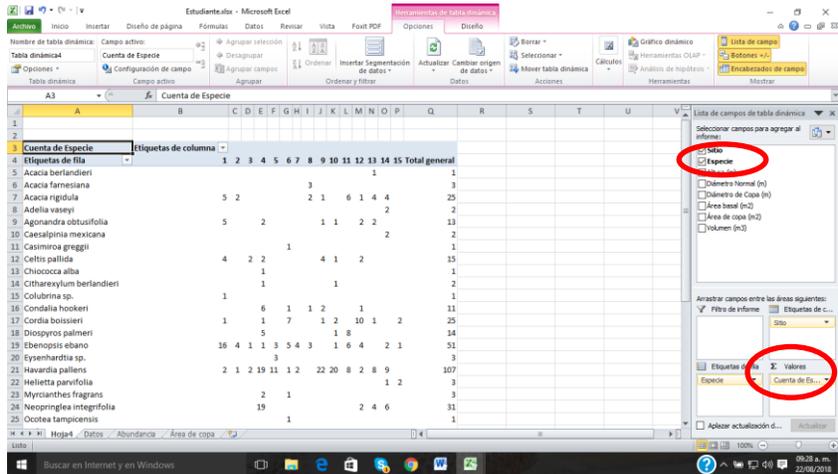
Para la frecuencia se arrastra “Especies” de “Seleccionar campos para agregar al informe” a la sección de Etiqueta de fila. Después se arrastra “Sitio” a “Etiquetas de columna”. De esta manera aparecerá una columna con el listado de especies y en el costado los 15 sitios de muestreo.

Figura 49. Imagen de Excel donde se muestra cómo agregar una columna con las especies y al costado los 15 sitios de muestreo.



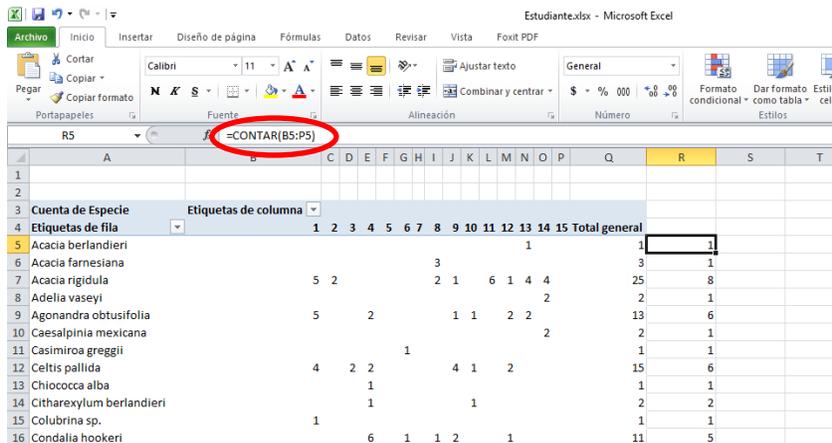
Para cuantificar el número de individuos que se encuentran en cada sitio de muestreo se arrastra “Especie” a “Σ Valores”.

Figura 50. Imagen de Excel donde se muestra cómo cuantificar el número de individuos que se encuentran en cada sitio de muestreo.



Para estimar la frecuencia es necesario cuantificar el número de sitios de muestreo en los que una especie se encuentra presente. Por lo tanto, hay que poner la fórmula “=CONTAR” y seleccionar los valores que deseamos contar. En este ejemplo se puso la fórmula =CONTAR(B5:P5) para contar el número de sitios de muestreo en los que está presente la especie *Acacia berlandieri*.

Figura 51. Imagen de Excel donde se muestra cómo contar el número de sitios de muestro donde se encuentra la especie mediante la fórmula =CONTAR.



Una vez calculado el número de sitios en los que una especie se presenta se estiman los relativos. Para la estimación de la frecuencia relativa se emplea la siguiente formula:

$$FR_i = \left(F_i / \sum F_i \right) * 100$$

Donde FR_i es la frecuencia relativa de la especie i respecto a la frecuencia total y F_i es el número de sitios en el que está presente la especie i , y $\sum F_i$ es la sumatoria del número de sitios en el que están presentes todas las especies. En el ejemplo se divide el número de sitios en lo que está presente la especie *Acacia berlandieri* entre la sumatoria del número de sitios en el que están presentes todas las especies, que en este caso fue de 129, valor que se encuentra en la casilla R40 (para poder fijar esa celda se tiene que usar el signo de \$ entre la letra y el número, quedando R\$40) y

finalmente se multiplica por cien. La fórmula quedaría $=R4/R40*100$. Para corroborar que está correctamente calculado la sumatoria de los valores porcentuales tiene que ser cien.

Figura 52. Imagen de Excel donde se muestra cómo estimar la frecuencia relativa.

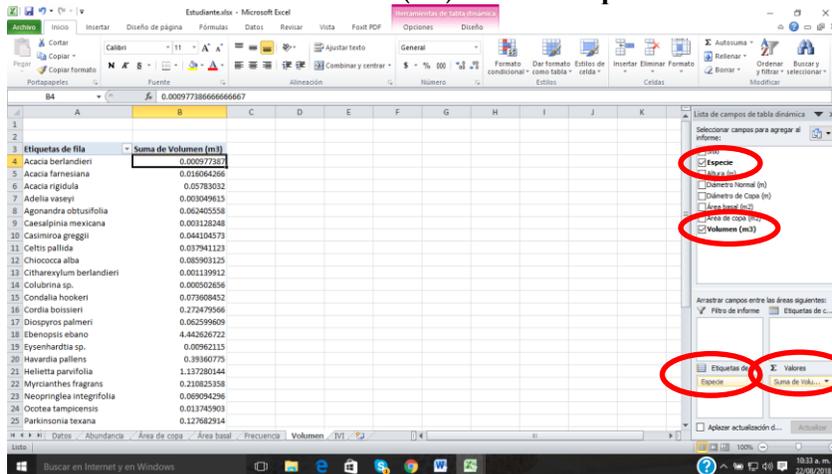
The screenshot shows the Excel interface with the formula bar displaying $=R4/R\$40*100$. The data table is as follows:

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1																
2																
3																
4																1
5																3
6																25
7																2
8																13
9																2
10																1
11																15
12																1
13																2
14																1
15																11
16																25
17																2

Volumen

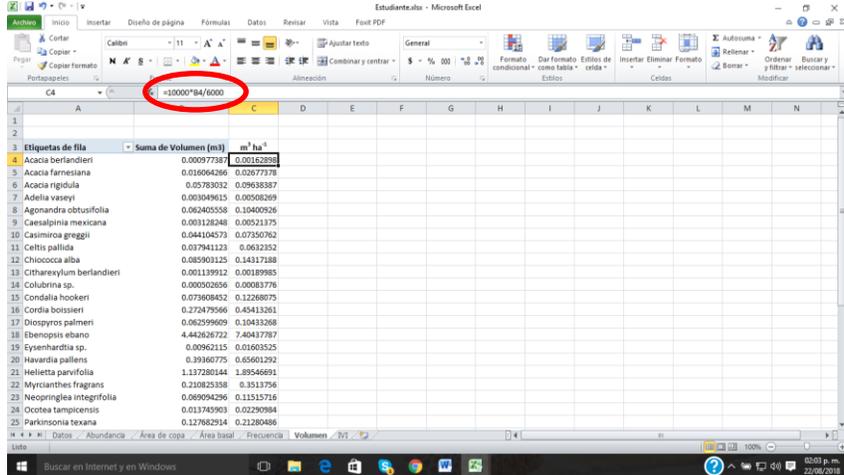
Para su cálculo, primero se tiene que poner el cursor en la base de datos (así seleccionará automáticamente “la tabla o rango”, en este ejemplo se puso el cursor en la casilla A1) y después dirigirse a “insertar” y seleccionar “tabla dinámica”. Aparecerá una ventana (en el ejemplo está a la derecha), ahí se selecciona que te coloques el informe de la tabla dinámica en una nueva hoja de cálculo y se pone en aceptar. Para el volumen se selecciona “Especies” en “Seleccionar campos para agregar al informe”. Después se arrastra “Volumen” a “Σ Valores”.

Figura 53. Imagen de Excel donde se muestra cómo insertar una columna con el volumen (m^3) de cada especie.



Ya que se tiene cuantificado el volumen de los individuos registrados de cada especie se tiene que extrapolar por hectárea. Nuevamente se tomará el mismo ejemplo donde se establecieron 15 sitios de muestreo de $400 m^2$, evaluando una superficie total de $6000 m^2$. Para este cálculo se hace una regla de tres simple, si en $6000 m^2$ la especie *Acacia berlandieri* presenta un valor de $0.00097 m^3$ ¿Cuántos m^3 ocupará en $10,000 m^2$? En la imagen se aprecia la fórmula para el cálculo $= 10000*B4/6000$. El resultado de toda la comunidad vegetal fue de $18.49 m^2 ha^{-1}$.

Figura 54. Imagen de Excel donde se muestra cómo extrapolar por hectárea el volumen ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) de las especies.



En la siguiente tabla se aprecian algunos ejemplos de resultados de volumen ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), indicando las comunidades vegetales estudiadas y los autores. Se aprecia que los valores varían en las diferentes comunidades vegetales, presentando valores de $26.74 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ en un matorral espinoso tamaulipeco regenerado a $669.56 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ en un bosque mixto maduro y productivo.

Tabla 13. Ejemplos de resultados de volumen ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) en diferentes comunidades vegetales.

Volumen ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)	Comunidad vegetal	Autores
26.74	Matorral espinoso tamaulipeco	Leal-Elizondo <i>et al.</i> , 2018
65.14	Bosque de <i>Pinus-Quercus</i>	Graciano-Ávila <i>et al.</i> , 2019
68.30	Manglar de <i>Avicennia germinans</i>	Sol-Sánchez <i>et al.</i> , 2015
126.87	Bosque de <i>Pinus-Quercus</i>	Silva-Arredondo y Návar-Cháidez, 2009
143.82	Bosque de <i>Pinus</i>	Hernández-Salas <i>et al.</i> , 2018
243.99	Bosque de <i>Pinus montezumae</i>	Rojas-García y Villers-Ruíz, 2008
328.47	bosque de <i>Pinus hartwegii</i>	Buendía-Rodríguez <i>et al.</i> , 2018
378.96	Bosque de <i>Pinus leiophylla-Quercus</i>	Rojas-García y Villers-Ruíz, 2008
478.91	Bosque de <i>Abies religiosa</i>	Buendía-Rodríguez <i>et al.</i> , 2018
669.56	Bosque mixto	Rojas-García y Villers-Ruíz, 2008

Índices de caracterización horizontal y vertical

Índice de Valor de Importancia

Para la caracterización horizontal de la comunidad vegetal se puede usar el índice de valor de importancia (IVI), el cual fue formulado por Curtis y McIntosh (1951) y es el resultado de la suma de los valores porcentuales de la abundancia ($N \text{ ha}^{-1}$), dominancia ($\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$) y frecuencia; el valor determina la presencia de cada especie dentro de la comunidad. Curtis y McIntosh (1951) y Lamprech (1990) mencionan que este índice es sencillo de interpretar debido a que las tres variables están dadas en valores porcentuales y el resultado final se da en una escala del 0 al 300.

$$IVI = AR_i + DR_i + FR_i$$

De acuerdo a la experiencia de los autores, la interpretación de este resultado es confusa, al tener valores porcentuales superiores al 100. En este libro se propone una sencilla variación a esta fórmula, para que el resultado sea en una escala del 0 a 100 y los lectores tengan una sencilla comprensión del resultado:

$$IVI = \frac{\sum_{i=1}^n (AR_i, DR_i, FR_i)}{3}$$

Donde AR_i es la abundancia relativa de la especie i respecto a la abundancia total, DR_i es dominancia relativa de la especie i respecto a la dominancia total, y FR_i es la frecuencia relativa de la especie i respecto a la frecuencia total.

Ya que se va a estimar el IVI, y para mostrar la mayor información posible a los lectores, se recomienda generar una tabla donde se consideren los valores absolutos y relativos de las variables como se muestra a continuación. Para ello, hay que copiar los datos calculados anteriormente de abundancia, área basal, área de copa, frecuencia y volumen en una nueva hoja de Excel. Ahora se calculará el IVI por especie con los valores relativos mencionados en la fórmula, quedando en Excel de la siguiente manera para la especie *Acacia berlandieri* = $(C4+G4+I4)/3$.

Figura 55. Imagen de Excel donde se muestra una tabla con la abundancia, área basal, área de copa, frecuencia, volumen y la estimación del índice de valor de importancia (IVI).

Especies	Abundancia		Área basal		Área copa		Frecuencia		Volumen	
	N ha ⁻¹	%	m ² ha ⁻¹	%	m ² ha ⁻¹	%	No. de sitios	%	m ³ ha ⁻¹	%
4 <i>Acacia berlandieri</i>	2	0.23	0.00	0.01	6.63	0.11	1	0.78	0.00	0.01
5 <i>Acacia farnesiana</i>	5	0.56	0.02	0.21	59.23	0.93	1	0.78	0.03	0.14
6 <i>Acacia rigidula</i>	42	5.76	0.05	0.69	238.32	4.02	8	6.20	0.10	0.52
7 <i>Adelia vaseyi</i>	3	0.46	0.00	0.04	13.91	0.23	1	0.78	0.01	0.03
8 <i>Agonandra obtusifolia</i>	22	3.00	0.05	0.65	140.96	2.38	6	4.65	0.10	0.56
9 <i>Caesalpinia mexicana</i>	3	0.46	0.00	0.04	10.64	0.18	1	0.78	0.01	0.03
10 <i>Casimiroa greggii</i>	2	0.23	0.02	0.28	55.31	0.93	1	0.78	0.07	0.40
11 <i>Celtis pallida</i>	25	3.46	0.03	0.46	123.77	2.09	6	4.65	0.06	0.34
12 <i>Chiococca alba</i>	2	0.23	0.08	1.10	11.78	0.20	1	0.78	0.14	0.77
13 <i>Citharexylum berlandieri</i>	3	0.46	0.00	0.02	6.30	0.11	2	1.55	0.00	0.01
14 <i>Colubrina sp.</i>	2	0.23	0.00	0.01	9.90	0.17	1	0.78	0.00	0.00
15 <i>Condalia hookeri</i>	18	2.53	0.06	0.81	129.21	2.18	5	3.88	0.12	0.66
16 <i>Cordia boissieri</i>	42	5.76	0.21	2.82	375.42	6.33	8	6.20	0.45	2.45
17 <i>Diospyros palmieri</i>	23	3.23	0.05	0.73	88.19	1.49	3	2.33	0.10	0.56
18 <i>Ebenopsis ebano</i>	85	11.75	2.49	33.67	1378.72	23.25	13	10.08	7.40	40.03
19 <i>Eysenhardtia sp.</i>	5	0.69	0.01	0.12	7.65	0.13	1	0.78	0.02	0.09
20 <i>Havardia pallens</i>	178	24.65	0.32	4.27	1005.73	16.96	13	10.08	0.66	3.55
21 <i>Helietta carvifolia</i>	5	0.69	0.84	11.38	16.82	0.28	2	1.55	1.90	10.25

20	<i>Havardia pallens</i>	178	24.65	0.32	4.27	1005.73	16.96	13	10.08	0.66	3.55	17.23
21	<i>Helietta parvifolia</i>	5	0.69	0.84	11.38	16.82	0.28	2	1.55	1.90	10.25	0.84
22	<i>Myrcianthes fragrans</i>	5	0.69	0.14	1.92	64.96	1.10	2	1.55	0.35	1.90	1.11
23	<i>Neopringlea integrifolia</i>	52	7.14	0.06	0.82	365.03	6.16	4	3.10	0.12	0.62	5.47
24	<i>Ocotea tampicensis</i>	2	0.23	0.01	0.09	130.90	2.21	1	0.78	0.02	0.12	1.07
25	<i>Parkinsonia texana</i>	7	0.92	0.08	1.05	107.12	1.81	3	2.33	0.21	1.15	1.68
26	<i>Parthenium sp.</i>	2	0.23	0.00	0.01	0.84	0.01	1	0.78	0.00	0.01	0.34
27	<i>Phyllotylon rhamnoïdes</i>	3	0.46	0.48	6.42	9.24	0.16	2	1.55	0.95	5.14	0.72
28	<i>Pilosocereus leucocephalus</i>	3	0.46	0.03	0.38	1.90	0.03	1	0.78	0.05	0.25	0.42
29	<i>Pisonia aculeata</i>	5	0.69	0.00	0.07	80.18	1.35	1	0.78	0.01	0.05	0.94
30	<i>Prosopis glandulosa</i>	27	3.69	0.30	4.05	316.48	5.34	3	2.33	0.62	3.37	3.78
31	<i>Prosopis tamaulipana</i>	30	4.15	0.78	10.46	566.21	9.55	6	4.65	2.06	11.12	6.12
32	<i>Quadrilla incana</i>	27	3.69	0.05	0.63	86.45	1.46	7	5.43	0.10	0.51	3.52
33	<i>Randia obcordata</i>	32	4.38	0.03	0.40	127.67	2.15	5	3.88	0.05	0.27	3.47
34	<i>Sideroxylon celastrinum</i>	17	2.30	0.10	1.41	145.35	2.45	3	2.33	0.25	1.33	2.36
35	<i>Stenocereus griseus</i>	7	0.92	0.10	1.37	43.03	0.73	3	2.33	0.21	1.15	1.32
36	<i>Yucca filifera</i>	10	1.38	0.65	8.80	41.05	0.69	4	3.10	1.56	8.42	1.73
37	<i>Yucca treculeana</i>	8	1.15	0.32	4.33	31.99	0.54	4	3.10	0.71	3.85	1.60
38	<i>Zanthoxylum fagara</i>	17	2.30	0.03	0.41	99.57	1.68	4	3.10	0.05	0.28	2.36
39	<i>Zypia dulcis</i>	5	0.69	0.00	0.09	32.32	0.55	1	0.78	0.01	0.05	0.57
40	Suma	723.33	100.00	7.41	100.00	5928.77	100.00		100.00	18.50	100.00	100.00

En caso de que el análisis de la comunidad vegetal se haga a nivel familia, se emplearía el Índice de Valor de Importancia Familiar (*IVIF*; Whittaker, 1972; Moreno, 2001) el cual también se propone que adquiera valores de 0 a 100 % y se calcule de la siguiente manera:

$$IVIF = \frac{\sum_{i=1}^n (ARF_i, DRF_i, FRF_i)}{3}$$

Donde ARF_i es la abundancia relativa de la familia i respecto a la abundancia total, DRF_i es la dominancia relativa de la familia i respecto a la dominancia total, y FRF_i = frecuencia relativa de la familia i respecto a la frecuencia total.

A manera de ejemplo se presenta una tabla con el Índice de Valor de Importancia Familiar publicada por Alanís *et al.* (2015b) quienes evaluaron la estructura y diversidad de un matorral submontano contiguo al Área Metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México.

Figura 56. Ejemplo de una tabla con valores del Índice de Valor de Importancia Familiar publicada por Alanís *et al.* (2015b).

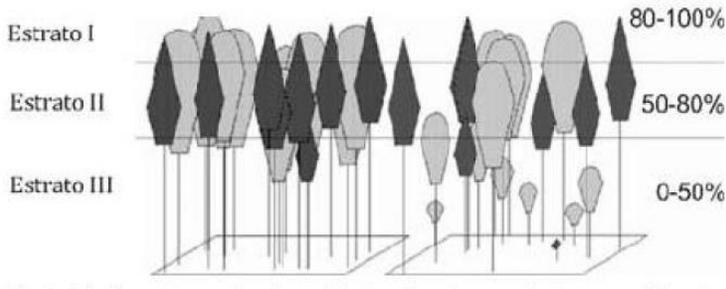
Familia	Abundancia		Dominancia		Frecuencia	IVIF
	Absoluta (ind./ha ⁻¹)	Relativa (%)	Absoluta (m ² /ha ⁻¹)	Relativa (%)	Relativa (%)	
Fabaceae	1115	30.71	2518.04	37.99	40.52	36.41
Rutaceae	256	7.06	949.35	14.32	15.28	12.22
Asteraceae	300	8.27	488.36	7.37	7.86	7.83
Verbenaceae	346	9.54	427.22	6.45	6.87	7.62
Boraginaceae	237	6.52	368.14	5.55	5.92	6.00
Euphorbiaceae	329	9.07	265.02	4.00	4.26	5.78
Scrophulariaceae	356	9.81	423.83	6.39	0.17	5.46
Cactaceae	80	2.22	359.29	5.42	5.78	4.47
Agavaceae	159	4.37	246.31	3.72	3.96	4.02
Rhamnaceae	151	4.17	115.53	1.74	1.86	2.59
Fouquieriaceae	34	0.94	165.11	2.49	2.66	2.03
Ulmaceae	78	2.15	121.23	1.83	1.95	1.98
Ebenaceae	73	2.02	83.17	1.25	1.34	1.54
Oleaceae	71	1.95	49.24	0.74	0.79	1.16
Sapindaceae	22	0.60	29.98	0.45	0.48	0.51
Zygophyllaceae	15	0.40	17.54	0.26	0.28	0.32
Simaroubaceae	5	0.13	0.17	0.00	0.00	0.05
Solanaceae	2	0.07	0.90	0.01	0.01	0.03
Total	3629	100.00	6628.00	100.00	100.00	100.00

Índice de Pretzsch

Para la caracterización de la estructura vertical de la comunidad vegetal se puede utilizar el índice de distribución vertical de especies (*A*), el cual es una modificación al índice de Shannon (Pretzsch, 2009). Para la estimación de distribución vertical de las especies, se definen tres estratos de altura, siendo éstas: estrato I:

80%-100% de la altura máxima de la comunidad vegetal (del individuo más alto); estrato II: 50%-80%, y estrato III: de 0 a 50%.

Figura 57. Clasificación para el análisis de la distribución vertical de especies (Tomado de Pretzsch, 2009).



Este índice (A) sirve para determinar la diversidad estructural en cuanto a la distribución vertical de las especies y se calcula con la siguiente fórmula:

$$A = - \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^Z p_{ij} \times \ln p_{ij}$$

Donde S es número de especies presentes, Z el número de estratos de altura, p_{ij} el porcentaje de especies en cada zona, y se estima mediante la siguiente ecuación $p_{ij} = n_{i,j}/N$, donde $n_{i,j}$ es número de individuos de la misma especie (i) en la zona (j) y $N =$ número total de individuos. Para poder comparar el índice de Pretzsch es necesario estandarizarlo y esto se realiza mediante el valor de A_{\max} , que se calcula de la siguiente manera:

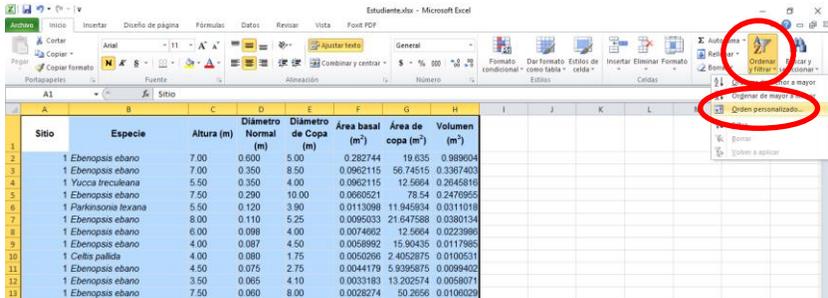
$$A_{max} = \ln(S \times Z)$$

Entonces se puede estandarizar el valor de A acorde a:

$$A_{rel} = \frac{A}{\ln(S \times Z)} \times 100$$

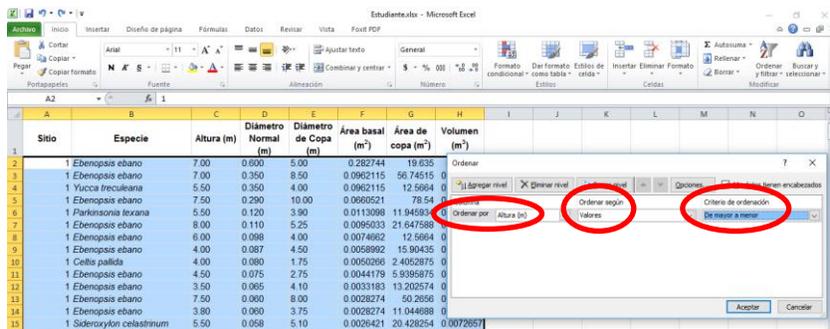
Para la estimación de este índice y la elaboración de la tabla primero se tiene que copiar la base de datos en una nueva hoja y seleccionar la base de datos (para mayor rapidez pones el cursor en la base de datos y se pulsa “control E”. Después hay que presionar “Ordenar y filtrar” y seleccionar “Orden personalizado”.

Figura 58. Imagen de Excel donde se muestra cómo acceder a “orden personalizado”.



Aparecerá una ventana que indica que columna se desea ordenar, ahí se pondrá Altura (m). Después pedirá el “Criterio de ordenación”, donde se tiene que seleccionar de mayor a menor.

Figura 59. Imagen de Excel donde se muestra cómo ordenar los valores de altura (m) de mayor a menor.



En la base de datos que se ha estado trabajando el individuo con mayor altura es *Diospyros palmeri* con 9.00 m. Al ser el individuo más alto es el 100% de la altura de la comunidad vegetal. Por lo tanto los estratos quedaron constituidos de la siguiente manera: estrato I: 7.21-9.00 m (80%-100%), estrato II: 4.51-7.20 m (50%-80%), y estrato III: menores a 4.50 m (0 a 50%). En la imagen inferior se aprecia como en la columna A se puso el término estrato I, que abarcó los individuos con alturas que oscilan entre 7.21-9.00 m. Para generar la base de datos que servirá para estimar el índice, es necesario cuantificar el número de individuos de cada especie por estrato (columnas K, L y M). Para facilitar el conteo y evitar errores se puede utilizar la fórmula =CONATR.SI, la cual pide especificar el rango y criterio.

Figura 60. Imagen de Excel donde se muestra cómo se ordenaron manualmente las especies en diferentes estratos (columna L) y después se cuenta el número de individuos mediante la fórmula =CONATR.SI (columna M).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	ESPACIOS													
	Sitio	Especie	Altura (m)	Díametro Normal (m)	Díametro de Copa (m)	Área basal (m ²)	Área de copa (m ²)	Volumen (m ³)						
1														
2		4 Diospyros palmeri	9.00	0.025	2.25	0.0004909	3.9790875	0.0022089				Diospyros palmeri	1	
3		1 Ebenopsis ebano	5.00	0.110	5.25	0.0095033	21.647588	0.0380134			Estrato I	Ebenopsis ebano	3	
4	Estrato I	6 Cordia boissieri	8.00	0.092	6.50	0.0064476	33.18315	0.0265995				Cordia boissieri	1	
5		1 Ebenopsis ebano	7.50	0.290	10.00	0.0695251	78.54	0.2476955						
6		1 Ebenopsis ebano	7.50	0.090	8.00	0.0028274	50.2656	0.0106029						
7		1 Ebenopsis ebano	7.00	0.600	5.00	0.282744	19.635	0.989604				Ebenopsis ebano	=CONATR.SI	
8		1 Ebenopsis ebano	7.00	0.350	8.50	0.0962115	56.74515	0.3367403					=CONATR.SI(rango, criterio)	
9		6 Casimiroa greggii	7.00	0.127	6.50	0.0126013	33.18315	0.0410466						
10		6 Ocotea lampocensis	7.00	0.071	10.00	0.0039274	78.54	0.0137458						
11		14 Yucca filifera	7.00	0.280	3.50	0.0615754	9.62115	0.2165139						
12		14 Yucca filifera	7.00	0.180	2.50	0.025447	4.90875	0.0800644						
13		6 Ebenopsis ebano	6.50	0.500	6.50	0.19635	33.18315	0.6381375						
14		1 Ebenopsis ebano	6.00	0.098	4.00	0.0074662	12.5664	0.0223988						
15		3 Prosopis tamarulpana	6.00	0.100	5.00	0.007854	19.635	0.023562						
16		6 Ebenopsis ebano	6.00	0.500	5.00	0.19635	19.635	0.58905			Estrato II	Neopringelia integrifolia		
17		6 Ebenopsis ebano	6.00	0.300	7.00	0.070986	38.4946	0.212958				Ocotea lampocensis		
18		12 Ebenopsis ebano	6	0.180	9.00	0.025447	63.8174	0.0763409				Parsonsia torvana		
19		15 Prosopis tamarulpana	6.00	0.450	8.50	0.1590435	56.74515	0.4771305				Prosopis glandulosa		
20		15 Ebenopsis ebano	6.00	0.350	5.50	0.0962115	23.75835	0.2886345				Quadrifida incana		
21		1 Yucca treculana	5.50	0.120	3.90	0.013388	11.845934	0.0211018				Sideroxylon calastrum		
22		1 Sideroxylon calastrum	5.50	0.058	5.10	0.0029421	20.428254	0.0072657				Stenocercus griseus		
23														

El rango se refiere a todos los individuos que se desean contar, en este caso los que se encuentran en el estrato II y el criterio específicamente a la especie que se desea contar. En el ejemplo la fórmula es =CONATR.SI(C\$7:C\$61,L7), lo que indica que se está considerando en el rango a todos los individuos de la celda C7 a la C61 (el signo de \$ es para fijar las celdas cuando se calcule la fórmula para el resto de las especies) y que el criterio es *Ebenopsis ebano* que está en la celda L7. Ya que se estimó ese valor en la celda M7, se corre la fórmula para el resto de las especies.

Figura 61. Imagen de Excel donde se muestra la fórmula =CONATR.SI.

Sitio	Especie	Altura (m)	Díametro Normal (m)	Díametro de Copa (m)	Área basal (m²)	Área de copa (m²)	Volumen (m³)	Estrato
4	<i>Diospyros palmieri</i>	9.00	0.025	2.25	0.0004989	3.9700875	0.0022089	
1	<i>Ebenopsis ebano</i>	8.00	0.110	5.25	0.0095033	21.047588	0.0380134	Estrato I
6	<i>Cordia bossieri</i>	8.00	0.092	6.50	0.0066476	33.18315	0.0265905	
1	<i>Ebenopsis ebano</i>	7.50	0.290	10.00	0.0660521	78.54	0.2476955	
6	<i>Ebenopsis ebano</i>	7.50	0.900	8.00	0.0028274	50.2656	0.0106029	
1	<i>Ebenopsis ebano</i>	7.00	0.900	5.00	0.2622144	19.635	0.969604	
1	<i>Ebenopsis ebano</i>	7.00	0.350	8.50	0.0962115	56.74515	0.3367403	
6	<i>Casimiroa greggii</i>	7.00	0.127	6.50	0.0126013	33.18315	0.0441048	
6	<i>Ocotea lampicensis</i>	7.00	0.071	10.00	0.0039274	78.54	0.0137459	
14	<i>Yucca filifera</i>	7.00	0.290	3.50	0.0615754	9.62115	0.215138	
14	<i>Yucca filifera</i>	7.00	0.180	2.50	0.025447	4.90875	0.0890644	
6	<i>Ebenopsis ebano</i>	6.50	0.500	6.50	0.19635	33.18315	0.6381375	
1	<i>Ebenopsis ebano</i>	6.00	0.098	4.00	0.0074662	12.5664	0.0223988	
3	<i>Prosopis lamaupiana</i>	6.00	0.100	5.00	0.007854	19.635	0.023562	
6	<i>Ebenopsis ebano</i>	6.00	0.500	5.00	0.19635	19.635	0.58905	
6	<i>Ebenopsis ebano</i>	6.00	0.300	7.00	0.070896	38.4840	0.2120568	Estrato II
12	<i>Ebenopsis ebano</i>	6.00	0.180	9.00	0.025447	63.6174	0.0763409	
15	<i>Prosopis lamaupiana</i>	6.00	0.450	8.50	0.1580435	56.74515	0.4771305	
15	<i>Ebenopsis ebano</i>	6.00	0.350	5.50	0.0962115	23.75635	0.2980345	
1	<i>Yucca reculeana</i>	5.50	0.350	4.00	0.0962115	12.5664	0.2645816	
1	<i>Parkinsonia texana</i>	5.50	0.120	3.90	0.0113098	11.945934	0.0311018	
1	<i>Sideroxylon celastrium</i>	5.50	0.058	5.10	0.0026421	20.428254	0.0072857	
1	<i>Stenocereus griseus</i>							

Otra manera más práctica es hacerlo mediante tabla dinámica. Ya que se tiene la base de datos se emplea la fórmula =SI para generar una columna de Estrato. Como se mencionó anteriormente los estratos quedaron constituidos de la siguiente manera: estrato I: 7.21-9.00 m (80%-100%), estrato II: 4.51-7.20 m (50%-80%), y estrato III: menores a 4.50 m (0 a 50%). La fórmula que hay que ingresar es la siguiente =SI(C2<=4.5,"Estrato III", SI(C2<=7.2,"Estrato II","Estrato I")), donde se le especifica que si el valor de C2 es menor o igual a 4.5 m será denominado Estrato III, si C2 es menor o igual a 7.2 m será Estrato II y el resto de los valores Estrato I.

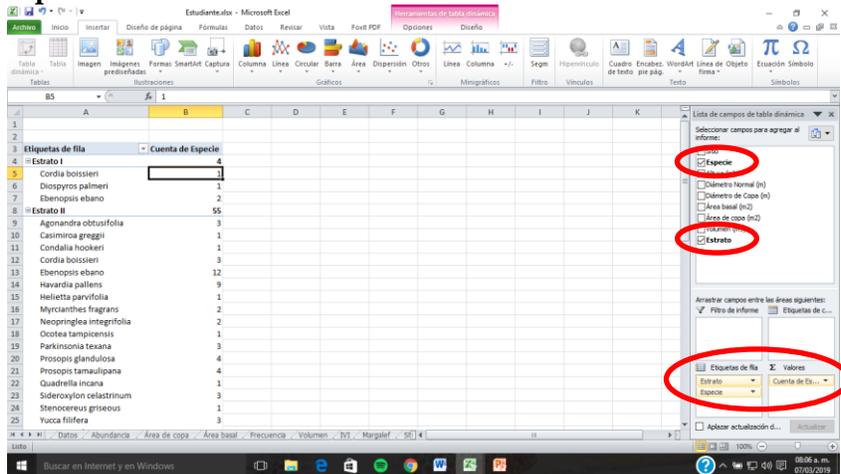
Figura 62. Imagen de Excel donde se muestra la fórmula =SI.

	C	D	E	F	G	H	I	J
	Especie	Altura (m)	Diámetro Normal (m)	Diámetro de Copa (m)	Área basal (m ²)	Área de copa (m ²)	Volumen (m ³)	Estrato
1								
2	<i>Diospyros palmeri</i>	9.00	0.025	2.25	0.0004909	3.9760875	0.0022069	Estrato I
3	<i>Ebenopsis ebano</i>	8.00	0.110	5.25	0.0095033	21.647588	0.0380134	Estrato I
4	<i>Cordia boissieri</i>	8.00	0.092	6.50	0.0066476	33.18315	0.0265905	Estrato I
5	<i>Ebenopsis ebano</i>	7.50	0.290	10.00	0.0660521	78.54	0.2476955	Estrato I
6	<i>Ebenopsis ebano</i>	7.00	0.600	5.00	0.282744	19.635	0.989604	Estrato II
7	<i>Ebenopsis ebano</i>	7.00	0.350	8.50	0.0962115	56.74515	0.3367403	Estrato I
8	<i>Casimiroa greggii</i>	7.00	0.127	6.50	0.0126013	33.18315	0.0441046	Estrato II
9	<i>Ocotea tampicensis</i>	7.00	0.071	10.00	0.0039274	78.54	0.0137459	Estrato II
10	<i>Yucca filifera</i>	7.00	0.280	3.50	0.0615754	9.62115	0.2155138	Estrato II
11	<i>Yucca filifera</i>	7.00	0.180	2.50	0.025447	4.90875	0.0890644	Estrato II
12	<i>Ebenopsis ebano</i>	6.50	0.500	6.50	0.19635	33.18315	0.6381375	Estrato II
13	<i>Ebenopsis ebano</i>	6.00	0.098	4.00	0.0074662	12.5664	0.0223986	Estrato II

Nuevamente hay que poner el cursor en la base de datos (así seleccionará automáticamente “la tabla o rango”) y después se da “insertar” y seleccionar “tabla dinámica”. Aparecerá una ventana, ahí se selecciona que te coloque el informe de la tabla dinámica en una nueva hoja de cálculo y se presiona aceptar.

Ya que se tiene la tabla dinámica se selecciona “Estrato” de seleccionar campos para agregar al informe y se arrastra al campo etiquetas de fila, después se selecciona “Especie” y también se arrastra al campo etiquetas de fila. Por último se arrastra “Especie” a Σ de valores.

Figura 63. Imagen de Excel donde se muestra cómo insertar los estratos, las especies y el número de individuos de cada especie.



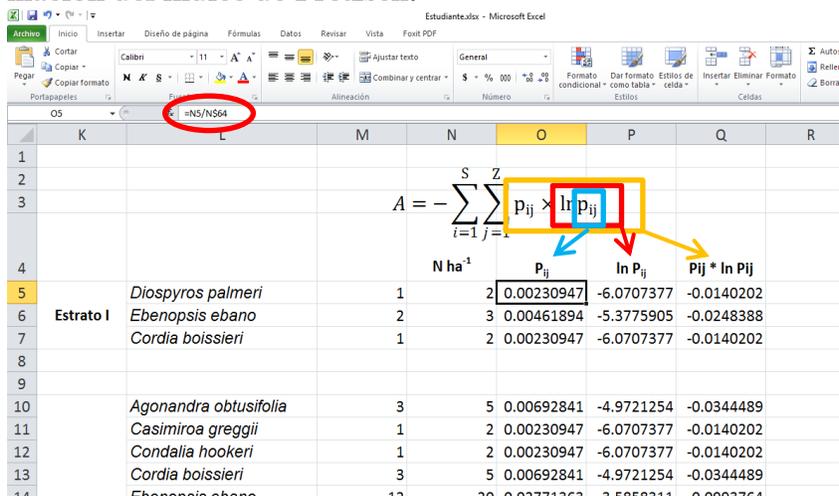
Ya que se tiene cuantificado el número de individuos registrados de cada especie se extrapola por hectárea. En este ejemplo se establecieron 15 sitios de muestreo de 400 m², evaluando una superficie total de 6000 m². Para éste cálculo se hace una regla de tres simple, si en 6000 m² hay un individuo *Diospyros palmeri*, cuántos habrá en 10,000 m². En la imagen se aprecia la fórmula para el cálculo = 10000*M2/6000. Ya que se calculó se arrastra la fórmula para el resto de las especies.

Figura 64. Imagen de Excel donde se muestra cómo extrapolar por hectárea el número de individuos de cada especie.

	J	K	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1					N ha ⁻³							
2				1	2							
3		Estrato I	<i>Diospyros palmeri</i>	2	3							
4			<i>Ebenopsis ebano</i>	1	2							
5			<i>Cordia boissieri</i>		0							
6					0							
7			<i>Agonandra obtusifolia</i>	3	5							
8			<i>Casimiroa greggii</i>	1	2							
9			<i>Candelia hookeri</i>	1	2							
10			<i>Cordia boissieri</i>	3	5							
11			<i>Ebenopsis ebano</i>	12	20							
12			<i>Havardia pallens</i>	9	15							
13			<i>Helietta parvifolia</i>	1	2							
14			<i>Myrcianthes fragrans</i>	2	3							
15			<i>Neopinglea integrifolia</i>	2	3							
16		Estrato II	<i>Ocotea tampicensis</i>	1	2							
17			<i>Parkinsonia texana</i>	3	5							
18			<i>Prosopis glandulosa</i>	4	7							

Ya que el índice de Pretzsch es una variación del índice de Shannon se estima de manera muy similar (ver índice de Shannon). Primero se calcula p_{ij} que es el porcentaje de especies en cada zona, y se estima mediante la siguiente ecuación $p_{ij} = n_{i,j}/N$, donde $n_{i,j}$ es número de individuos de la misma especie (i) en la zona (j) y $N =$ número total de individuos. En el ejemplo se calculó con la fórmula $=N5/N\$64$. Después se estima el logaritmo natural de p_{ij} , mediante la fórmula $=LN(O5)$. Posteriormente se multiplica $p_{ij} * \ln(p_{ij})$, mediante la fórmula $=P2*Q2$.

Figura 65. Imagen de Excel donde se muestra parte de la estimación del índice de Pretzsch.



Se realiza la sumatoria de los valores de $p_{ij} * \ln(p_{ij})$, dando un valor negativo. Ya que la fórmula inicia con un valor negativo y la sumatoria de la multiplicación es negativa, el resultado final es positivo. En este ejemplo el resultado es 2.55. A_{max} se estima mediante la fórmula $\ln(S*Z)$, donde S es número de especies presentes, Z el número de estratos de altura, que es $\ln(36*3)$, que dio como resultado 4.68. A_{rel} se estima mediante la fórmula $(A/A_{max})*100$, que en el ejemplo de Excel fue $=Q62/Q63*100$.

Figura 66. Imagen de Excel donde se muestra la estimación del índice de Pretzsch (A), A_{max} y A_{rel} .

	J	K	M	N	O	P	Q	R	S
46		<i>Parkinsonia texana</i>	1	2	0.00230947	-6.07073773	-0.01402018		
47		<i>Parthenium sp.</i>	1	2	0.00230947	-6.07073773	-0.01402018		
48		<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	2	3	0.00461894	-5.37759055	-0.02483876		
49		<i>Pilosocereus leucocephal</i>	2	3	0.00461894	-5.37759055	-0.02483876		
50		<i>Pisonia aculeata</i>	3	5	0.00692841	-4.97212544	-0.03444891		
51		<i>Prosopis glandulosa</i>	12	20	0.02771363	-3.58583108	-0.09937638		
52		<i>Prosopis tamaulipana</i>	14	23	0.03233256	-3.4316804	-0.11095502		
53		<i>Quadrilla incana</i>	15	25	0.03464203	-3.36268753	-0.11649033		
54		<i>Randia obcordata</i>	19	32	0.04387991	-3.12629875	-0.1371817		
55		<i>Sideroxylon celastrinum</i>	7	12	0.01616628	-4.12482758	-0.06668312		
56		<i>Stenocereus griseous</i>	3	5	0.00692841	-4.97212544	-0.03444891		
57		<i>Yucca filifera</i>	3	5	0.00692841	-4.97212544	-0.03444891		
58		<i>Yucca treculeana</i>	4	7	0.00923788	-4.68444337	-0.0432743		
59		<i>Zanthoxylum fagara</i>	10	17	0.02309469	-3.76815264	-0.08702431		
60		<i>Zygia dulcis</i>	3	5	0.00692841	-4.97212544	-0.03444891		
61			433	722			-3.17155259		
62							A	3.17	
63							A_{max}	4.68	
64							A_{rel}	67.70	
65									

A muestra valores entre 0 y un valor máximo de A_{max} . Un valor $A=0$ significa que la comunidad vegetal está constituido por una sola especie que ocurre en un sólo estrato. A_{max} se alcanza cuando la totalidad de las especies ocurren en la misma proporción tanto en el rodal como en los diferentes estratos. En este ejemplo el valor de A fue de 3.17, con un valor de A_{max} de 4.68 y un A_{rel} de 67.70. El valor de A se considera intermedio-alto referente a A_{max} , debido a que es una comunidad vegetal conformada por un alto número de especies (36). Si todas las especies estuvieran presentes en la misma proporción tanto en el rodal como en los diferentes estratos el valor de A sería igual a A_{max} .

Para ilustrar un escenario de un A cercano a cero, presentamos el siguiente ejemplo, donde se tiene una comunidad vegetal

conformada por dos especies y dos estratos. En el estrato I se encuentra con alta abundancia *Diospyros palmeri* (725 N ha⁻¹). El resultado de A es de 0.05, de A_{max} de 1.39 y de A_{rel} de 3.52.

Figura 67. Imagen de Excel donde se muestra un ejemplo de la estimación del índice de Pretzsch (A), A_{max} y A_{rel} en una comunidad con dos especies.

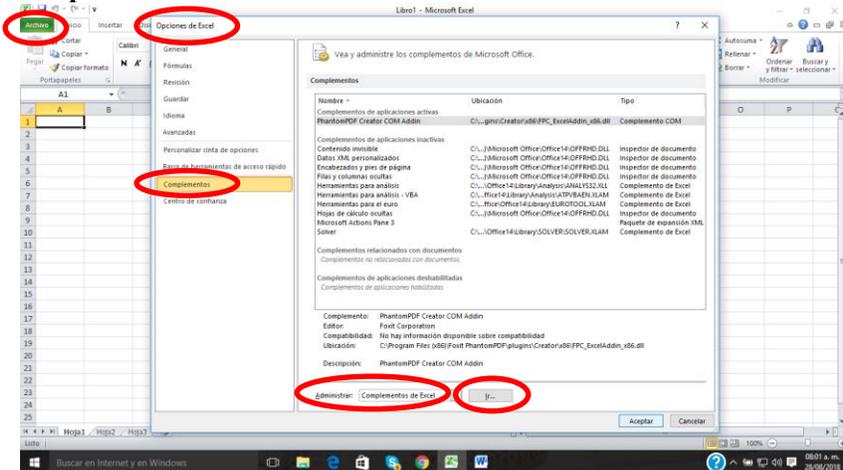
	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP
1					N ha ⁻¹				
2		Estrato I	<i>Diospyros palmeri</i>	432	720	$\frac{432}{720} = 0.6$	$\ln 0.6 = -0.5108256$	$0.6 \times -0.5108256 = -0.3064954$	
3			<i>Ebenopsis ebano</i>	1	2	$\frac{1}{2} = 0.5$	$\ln 0.5 = -0.6931472$	$0.5 \times -0.6931472 = -0.3465736$	
4									
5		Estrato II	<i>Diospyros palmeri</i>	1	2	$\frac{1}{2} = 0.5$	$\ln 0.5 = -0.6931472$	$0.5 \times -0.6931472 = -0.3465736$	
6			<i>Ebenopsis ebano</i>	1	2	$\frac{1}{2} = 0.5$	$\ln 0.5 = -0.6931472$	$0.5 \times -0.6931472 = -0.3465736$	
7					725			$\ln 725 = 6.5834256$	
8								$A = 0.05$	
9								$A_{max} = 1.39$	
10								$A_{rel} = 3.52$	
11									
12									
13									
14									
15									

Elaboración de histogramas

Clases de altura

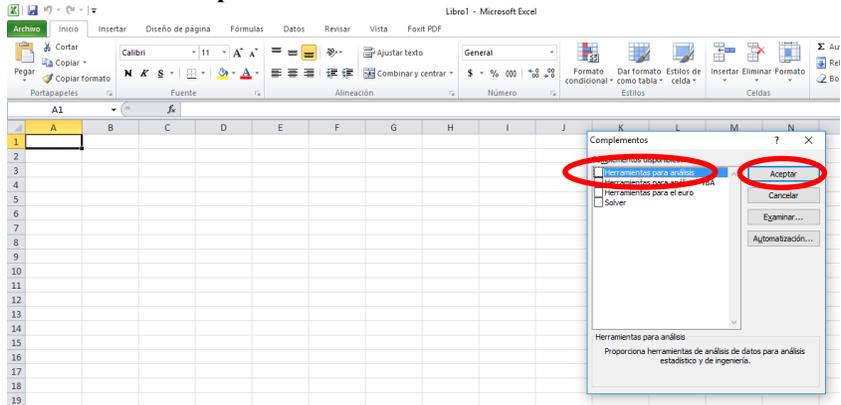
Para la generación de un histograma en Excel, primero se tiene que habilitar la opción de análisis de datos. Para ello se tiene que ir a “Archivo”, después a “Opciones de Excel” y seleccionar “Complementos”. En la parte inferior hay que seleccionar “Complementos de Excel” y pulsar “Ir”.

Figura 68. Imagen de Excel donde se muestra como habilitar la opción de análisis de datos.



Después se selecciona “Herramientas para análisis” y presiona “Aceptar”.

Figura 69. Imagen de Excel donde se muestra como habilitar “Herramientas para análisis”.



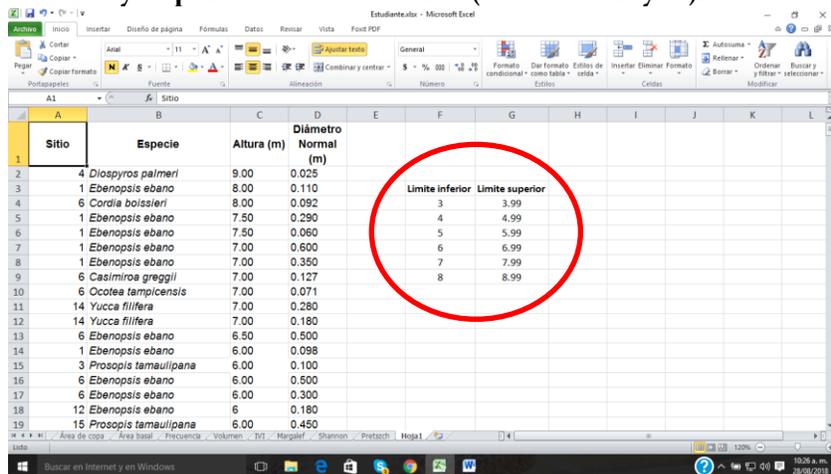
Para corroborar que ya está habilitado se tienen que ir a “Datos” y verificar que esté “Análisis de datos”.

Figura 70. Imagen de Excel donde se muestra la pestaña de análisis de datos.



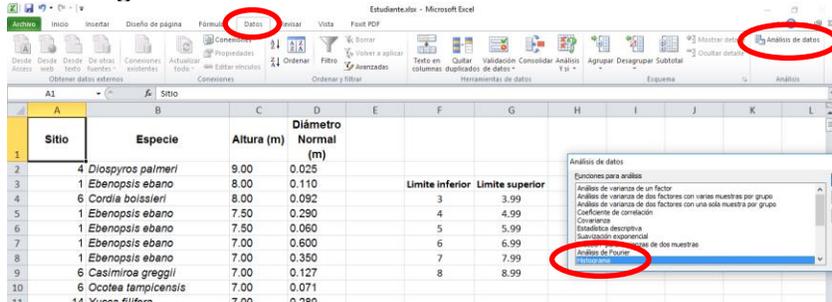
Con la misma base de datos se va a generar un gráfico de clases de altura. Las alturas de los individuos evaluados fluctúan de 3 a 9 m, así que se utilizará un intervalo de 1 m para que se generen 7 barras. La primera barra contemplará los individuos que fluctúan entre 3 (límite inferior) y 3.99 m (límite superior), la segunda de 4 a 4.99 m y así sucesivamente hasta llegar a la última barra de 9 a 9.99 m.

Figura 71. Imagen de Excel donde se muestran los límites inferiores y superiores de las barras (columnas F y G).



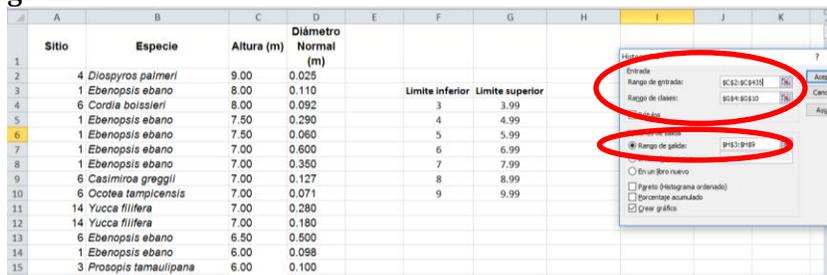
Ahora hay que irse a “Datos” y seleccionar “Análisis de datos”. Ahora hay que seleccionar “Histograma”.

Figura 72. Imagen de Excel donde se muestra cómo insertar un histograma.



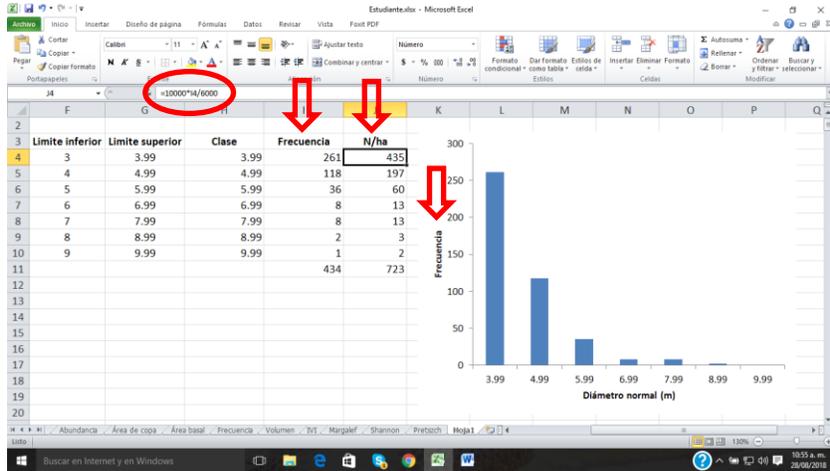
La información que se requiere es el rango de entrada, rango de clases y rango de salida. El Rango de entrada se refiere a la base de datos que se pretende trabajar para generar el gráfico, en este caso es la altura de todos los individuos que se encuentran de la celda C2 a la C435. Para ello se seleccionan los datos con el cursor o se pone la siguiente fórmula $C2:C435$. El Rango de clases se refiere a los límites superiores de las barras, en este caso del G4 al 610 con la fórmula $G4:G10$. El Rango de salida es el espacio donde queremos que Excel ponga los valores de frecuencia, que en este caso es H3 y se pone con la fórmula $H3$.

Figura 73. Imagen de Excel donde se muestra cómo insertar el rango de entrada, rango de clases y rango de salida del histograma.



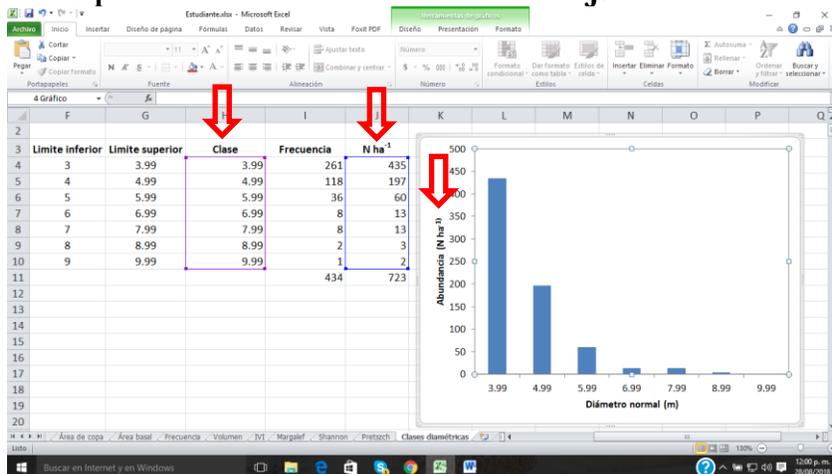
El programa genera una columna de frecuencia, que es el número de individuos presentes en cada categoría de altura. Estos valores se extrapolan en hectárea, para que se puedan graficar. En este ejemplo se establecieron 15 sitios de muestreo de 400 m², evaluando una superficie total de 6000 m². Para este cálculo se hace una regla de tres simple, si en 6000 m² hay 261 individuos, cuántos habrá en 10,000 m² (que es una hectárea). En la imagen se aprecia la fórmula para el cálculo = 10000*I4/6000.

Figura 74. Imagen de Excel donde se muestra cómo se extrae por hectárea en número de individuos de cada clase diamétrica.



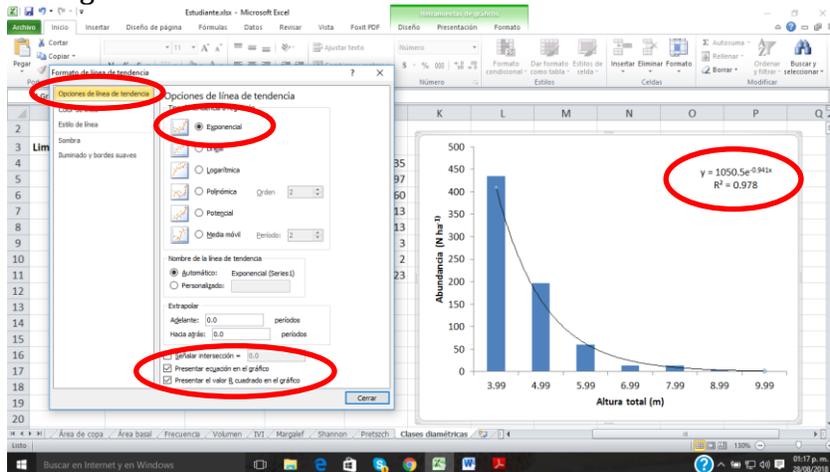
Ahora se selecciona el gráfico y se marcan automáticamente los valores utilizados para generar el gráfico (columnas H e I). Para mostrar gráficamente los valores de abundancia $N\ ha^{-1}$, con el cursor hay arrastrar el campo seleccionado de frecuencia a $N\ ha^{-1}$ (columna J).

Figura 75. Imagen de Excel donde se muestra cómo arrastrar el campo seleccionado de la columna I a la J.



Ahora hay que seleccionar una barra del gráfico y presionar el botón secundario del ratón. Se despliegan algunas opciones, de las cuales hay que elegir “Agregar línea de tendencia”. Para determinar que tendencia o regresión se ajusta mejor al comportamiento de los datos hay que “Presentar la ecuación en el gráfico” y “Presentar el valor R^2 en el gráfico”. Valores de R^2 cercano a 1.0 indican que la línea de tendencia se ajusta a la distribución de los datos. Es importante mencionar que la línea nunca debe distribuirse en valores negativos.

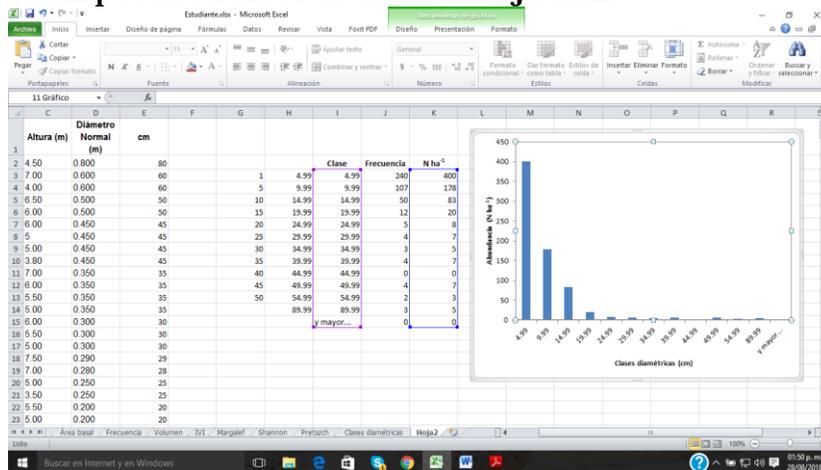
Figura 76. Imagen de Excel donde se muestra cómo insertar una línea de tendencia y presentar la ecuación y el valor de R^2 en el gráfico.



En el gráfico se muestra la densidad de individuos por hectárea de acuerdo a las clases diamétricas. Se observa una línea de tendencia exponencial negativa en la densidad de individuos conforme aumenta la altura de los mismos, siendo la clase 3-3.99 m de altura la que presentó los valores superiores (435 N/ha). Lo anterior indica que existe un alto número de individuos en las clases de altura menores, mostrando que en la comunidad vegetal se encuentran presentes gran cantidad de individuos de porte menor y un pequeño número de individuos con alturas mayores 6 m.

Ahora se selecciona el gráfico y se marcan automáticamente los valores utilizados para generar el gráfico. Para mostrar gráficamente los valores de abundancia $N\ ha^{-1}$ hay que cambiar la sección de frecuencia por la $N\ ha^{-1}$. La siguiente imagen muestra la abundancia de individuos por hectárea de acuerdo a las clases diamétricas registradas en el estudio. Se observa una tendencia de decremento de individuos conforme aumenta la altura de los mismos, siendo la clase 0-4.00 cm de diámetro la que presentó los valores superiores (400 N/ha). Lo anterior indica que existe un alto número de individuos en las clases de diámetros menores.

Figura 78. Imagen de Excel donde se muestra cómo arrastrar el campo seleccionado de la columna J a la K.



Diversidad alfa

Moreno (2001) menciona que la mayoría de los métodos propuestos para evaluar la diversidad de especies se refieren a la diversidad dentro de las comunidades (alfa). Para diferenciar los distintos métodos en función de las variables biológicas que miden, se dividen en dos grandes grupos: 1) Métodos basados en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica); 2) Métodos basados en la estructura de la comunidad, es decir, la distribución proporcional del valor de cada especie (abundancia relativa de los individuos).

Dentro de los índices más populares para evaluar las comunidades vegetales basado en la cuantificación del número de especies presentes es el índice de Margalef. Un índice de uso común basados en la estructura de la comunidad, es decir, la distribución proporcional del valor de cada especie es el índice de Shannon (Alanís *et al.*, 2015).

Índice de Margalef

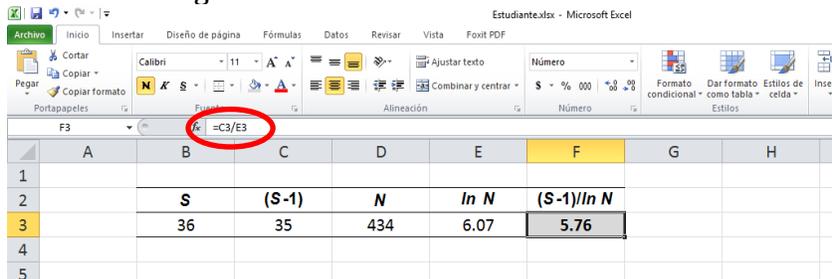
El Índice de Margalef estima la diversidad de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos en la muestra. El índice tiene la siguiente expresión (Clifford y Stephenson, 1975):

$$I = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Donde I es el índice de Margalef, S el número de especies, \ln el logaritmo natural y N el número total de individuos.

En el ejemplo que se ha estado mostrando en el libro, se tienen 36 especies pertenecientes a 434 individuos. El primer cálculo es estimar el logaritmo natural de N , mediante la fórmula =LN(D3). Después se hace la división de $(S-1)/\ln N$ mediante la fórmula =C3/E3.

Figura 79. Imagen de Excel donde se muestra el cálculo del índice de Margalef.



	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2		S	(S-1)	N	ln N	(S-1)/ln N		
3		36	35	434	6.07	5.76		
4								
5								

Valores del índice de Margalef inferiores a 2.00 son considerados como de baja diversidad y valores superiores a 5.00 son considerados como indicativos de alta diversidad. En este ejemplo se aprecia que los bosques son comunidades vegetales con baja diversidad, los matorrales espinosos de intermedia y los matorrales submontanos y selvas de alta diversidad.

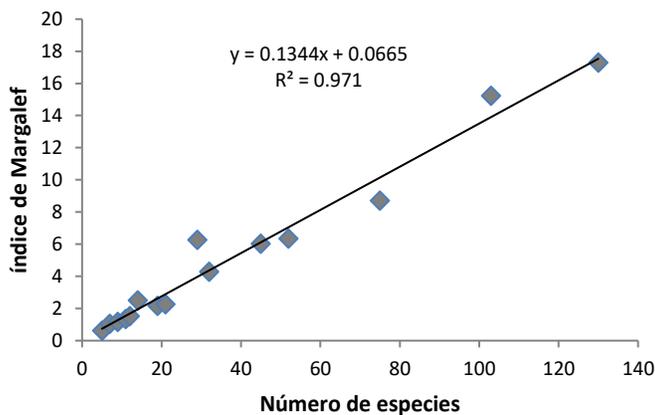
Tabla 14. Ejemplos de resultados de riqueza de especies (S) e índice de Margalef en diferentes comunidades vegetales.

S	Índice de Margalef	Comunidad vegetal	Autores
5	0.62	Bosque templado	Solís-Moreno <i>et al.</i> , 2006
7	1.05	Bosque templado	Alanís <i>et al.</i> , 2008
9	1.17	Bosque templado	Alanís <i>et al.</i> , 2012
11	1.35	Bosque templado	López <i>et al.</i> , 2017
12	1.53	Bosque templado	Graciano <i>et al.</i> , 2017
14	2.50	Mezquital	Alanís <i>et al.</i> , 2017
19	2.17	Matorral espinoso tamaulipeco	Jiménez <i>et al.</i> , 2012
21	2.26	Matorral espinoso tamaulipeco	Mora <i>et al.</i> , 2013
23	3.16	Matorral espinoso tamaulipeco	Alanís-Rodríguez <i>et al.</i> , 2020
29	6.27	Matorral submontano	Mora-Olivo <i>et al.</i> , 2016
32	4.28	Matorral espinoso tamaulipeco	Molina <i>et al.</i> , 2014
45	6.02	Matorral submontano	Alanís <i>et al.</i> , 2015b
52	6.34	Matorral submontano	Canizales-Velázquez <i>et al.</i> , 2009

67	8.14	Matorral espinoso ta- maulipeco	Graciano-Ávila <i>et al.</i> , 2018
75	8.70	Selva mediana sub- perennifolia	Godínez-Ibarra y López- Mata, 2002
10	15.23	Selva mediana subcadu- cifolia	Gutiérrez-Báez <i>et al.</i> , 2012
3	17.29	Selva mediana subcadu- cifolia	Gutiérrez-Báez <i>et al.</i> , 2012

En el siguiente gráfico se muestra la relación existente entre el número de especies y los valores del índice de Margalef. Se aprecia que conforme aumenta el número de especies aumenta el valor del índice de Margalef, existiendo una tendencia lineal creciente con un alto valor de R^2 .

Figura 80. Gráfico que muestra la relación entre el número de especies y el índice de Margalef.



Índice de Shannon

El índice de Shannon se basa en la lógica de que la diversidad en un sistema natural puede ser medida de un modo similar a la información contenida en un código o mensaje (Magurran, 1988), y considera que los individuos se muestrean al azar a partir de una población “indefinidamente grande”, esto es, una población efectivamente infinita y que todas las especies están representadas en la muestra (Pielou, 1975).

Este índice expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de las especies de la muestra, es decir mide el grado promedio de incertidumbre para predecir a la especie a la que pertenece un individuo dado, elegido al azar dentro de la comunidad (Magurran, 1988; Huerta y Guerrero, 2004). Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y logaritmo de S , cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988).

El índice de Shannon es una de las variables más empleadas para la estimación de la diversidad de especies (citar) y se calcula a partir de la siguiente ecuación matemática (Shannon, 1948):

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i * \ln(p_i)$$

Donde H' es el índice de diversidad de Shannon, S el número de especies presentes ($S > 1$), \ln el logaritmo natural, p_i la proporción de las especies $p_i = n_i/N$, donde n_i es el número de individuos de la especie i y N el número total de individuos.

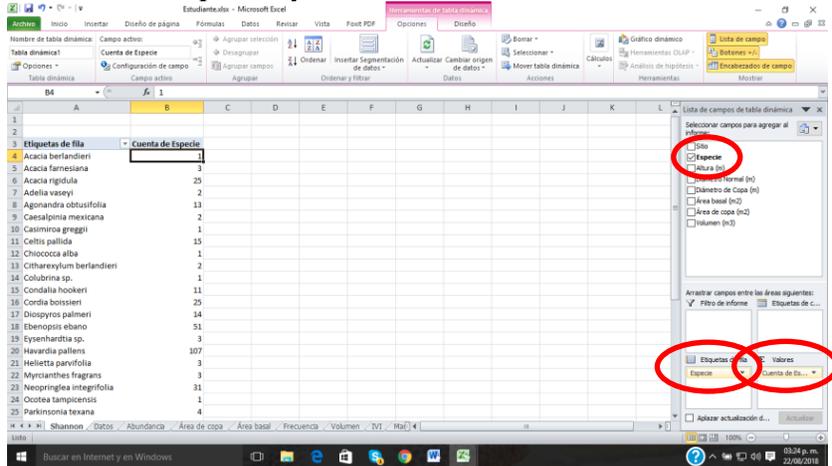
De acuerdo a Poole (1974), uno de los méritos de la función de Shannon resulta de su independencia respecto al tamaño de la muestra, y que estima la diversidad con base en una muestra

extraída al azar y que presumiblemente contiene todas las especies de la comunidad. Algunas de las ventajas de la aplicación de este índice son (Thompson y Shay, 1989):

1. Mayor sensibilidad a las alteraciones en la abundancia de las especies con menor densidad, también denominadas como raras.
2. Utiliza la medición de la diversidad en distintos niveles de los ecosistemas.
3. Presenta propiedades que permiten pruebas estadísticas, como la comparación de valores en distintos momentos, en una misma población o comunidad.

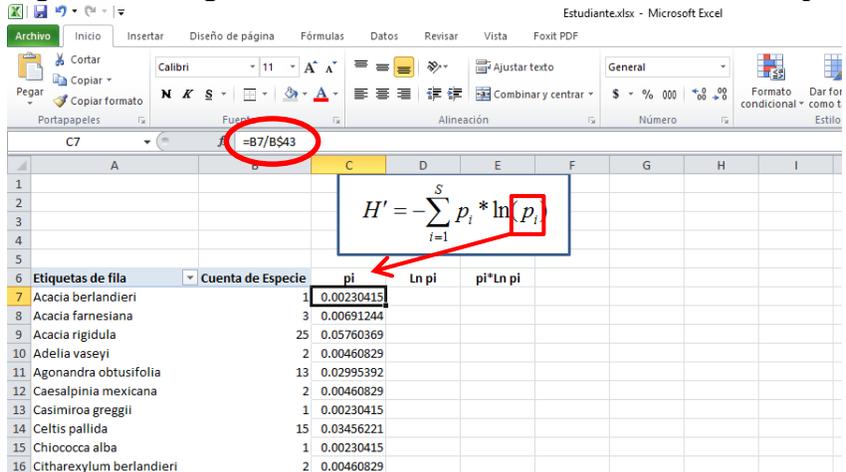
Para su cálculo nuevamente se tienen que cuantificar el número de individuos por especie con la tabla dinámica. Se arrastra “Especie” de “Seleccionar campos para agregar al informe” a “Etiquetas de fila” y “ Σ Valores”.

Figura 81. Imagen de Excel donde se muestra como agregar la columna de especies y el número de individuos de cada una.



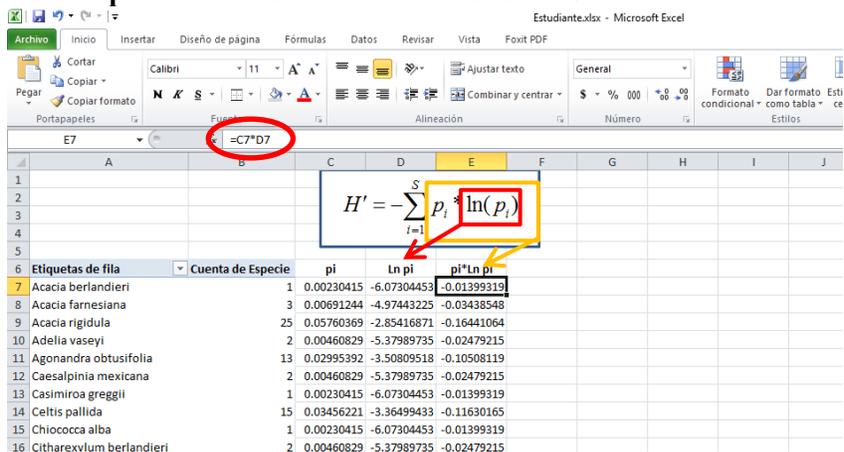
Primero se calcula p_i que es la proporción de las especies $p_i = n_i/N$, donde n_i es el número de individuos de la especie i y N el número total de individuos. En el ejemplo se calculó con la fórmula =B7/B\$43).

Figura 82. Imagen de Excel donde se muestra como estimar p_i .



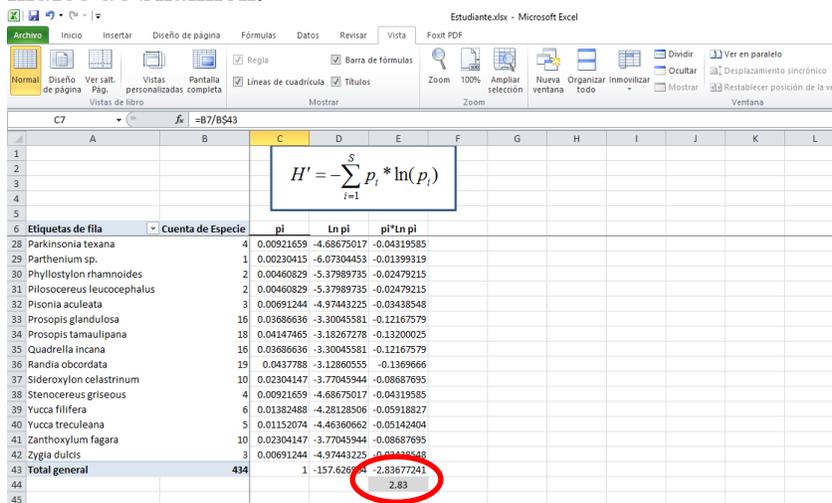
Después se estima el logaritmo natural de p_i , mediante la fórmula $=LN(C7)$. Posteriormente se multiplica $p_i * \ln(p_i)$, mediante la fórmula $=C7*D7$.

Figura 83. Imagen de Excel donde se muestra el procedimiento para calcular el índice de Shannon.



Se realiza la sumatoria de los valores de $p_i * \ln(p_i)$, dando un valor negativo. Ya que la fórmula inicia con un valor negativo y la sumatoria de la multiplicación es negativa, el resultado final es positivo. En este ejemplo el resultado es 2.83.

Figura 84. Imagen de Excel donde se muestra el cálculo del índice de Shannon.



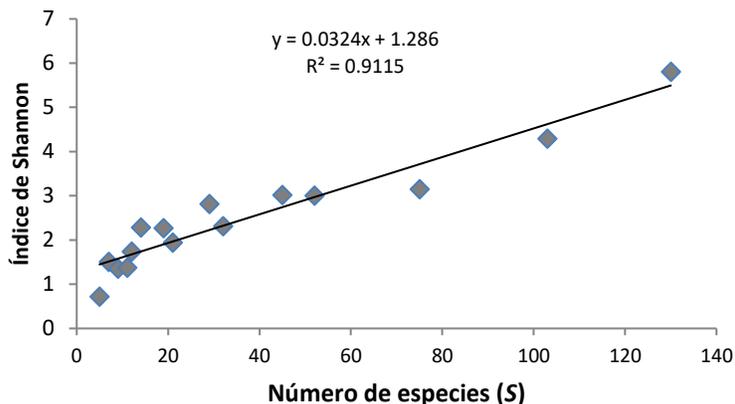
El valor del índice de Shannon adquiere valores cercanos a cero cuando las comunidades vegetales están conformadas por escasas especies. Comunidades vegetales con alto número de especies (>130), adquieren valores cercanos a 6.00. Los valores de este índice para comunidades vegetales generalmente varían entre 2.00 y 3.00; valores inferiores a 2.00 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3.00 son altos en diversidad de especies. En la siguiente tabla se aprecian algunos ejemplos de resultados del índice de Shannon, indicando el valor de S (número de especies), las comunidades vegetales estudiadas y los autores. Se aprecia que los bosques templados presentan baja diversidad de especies vegetales, los matorrales valores intermedios y las selvas valores altos.

Tabla 15. Ejemplos de resultados del índice de Shannon (H') y riqueza de especies en diferentes comunidades vegetales.

Valor de H'	S	Comunidad vegetal	Autores
0.72	5	Bosque templado	Solís-Moreno <i>et al.</i> , 2006
0.93	6	Bosque templado	Domínguez <i>et al.</i> , 2019
1.50	7	Bosque templado	Alanís <i>et al.</i> , 2008
1.35	9	Bosque templado	Alanís <i>et al.</i> , 2012
1.37	11	Bosque templado	López <i>et al.</i> , 2017
1.74	12	Bosque templado	Graciano <i>et al.</i> , 2017
2.28	14	Mezquital	Alanís <i>et al.</i> , 2017
2.27	19	Matorral espinoso tamaulipeco	Jiménez <i>et al.</i> , 2012
1.94	21	Matorral espinoso tamaulipeco	Mora <i>et al.</i> , 2013
2.81	29	Matorral submontano	Mora-Olivo <i>et al.</i> , 2016
2.31	32	Matorral espinoso tamaulipeco	Molina <i>et al.</i> , 2014
3.02	45	Matorral submontano	Alanís <i>et al.</i> , 2015b
3.00	52	Matorral submontano	Canizales-Velázquez <i>et al.</i> , 2009
3.15	75	Selva mediana subperennifolia	Barra y López, 2002
4.29	10	Selva mediana subcaducifolia	Gutiérrez-Báez <i>et al.</i> , 2012
5.80	13	Selva mediana subcaducifolia	Gutiérrez-Báez <i>et al.</i> , 2012
	0		

Para una mejor apreciación de la relación que existe entre el número de especies (S) y el valor del índice de Shannon (H') se generó el siguiente gráfico. En él se aprecia que existe una línea de tendencia ascendente conforma aumentan los valores, mostrando un alto valor de R^2 .

Figura 85. Gráfico que muestra la relación entre el número de especies (S) y el índice de Shannon (H').



Índice de equitatividad

El índice de equitatividad (E) o uniformidad del índice de Shannon, se refiere a la relación entre diversidad observada y la diversidad máxima. El valor E se sitúa entre 0 y 1.0, donde los valores cercanos de 0 indican poca diversidad y los valores cercanos a 1.0 representan alta diversidad, donde todas las especies son igualmente abundantes (Pielou, 1969). Este índice es un complemento del índice de Shannon con lo bondad de que el resultado está expresado en una escala más sencilla de interpretar.

El índice se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$E = \frac{-\sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln(p_i)}{\ln S} = \frac{H'}{\ln S}$$

Donde H' = índice de diversidad de Shannon, \ln = logaritmo natural, S = número de especies, presentes ($S > 1$), p_i = proporción de las especies $p_i = n_i/N$, n_i = número de individuos de la especie i , N = número total de individuos.

Índice de diversidad verdadera de Shannon

Jost (2006) menciona que los índices convencionales como el de Shannon en sí mismo no son de diversidad. La conversión de éstos índices a un número efectivo de especies es la clave para una interpretación unificada e intuitiva de la diversidad. La fórmula que propone Jost (2006) para calcular el índice de diversidad verdadera de Shannon es:

$${}^1D = \exp(H')$$

Donde 1D es el índice de diversidad verdadera de Shannon, \exp es el exponencial y H' el índice de diversidad de Shannon. Para su estimación se estima el exponencial del índice de Shannon con la fórmula =EXP() como se muestra en la figura 82.

Figura 86. Imagen de Excel donde se muestra el cálculo del índice de Diversidad Verdadera de Shannon.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

	Valor de H'	$1/D$	S	Comunidad vegetal	Autores
4	0.72	2.05	5	Bosque templado	Solís-Moreno <i>et al.</i> , 2006
5	0.93	2.55	6	Bosque templado	Domínguez <i>et al.</i> , 2019
6	1.5	4.48	7	Bosque templado	Alanís <i>et al.</i> , 2008
7	1.35	3.86	9	Bosque templado	Alanís <i>et al.</i> , 2012
8	1.37	3.94	11	Bosque templado	López <i>et al.</i> , 2017
9	1.74	5.70	12	Bosque templado	Graciano <i>et al.</i> , 2017
10	2.28	9.78	14	Mezquital	Alanís <i>et al.</i> , 2017
11	2.27	9.68	19	Matorral espinoso tamaulipeco	Jiménez <i>et al.</i> , 2012
12	1.94	6.96	21	Matorral espinoso tamaulipeco	Mora <i>et al.</i> , 2013
13	2.81	16.61	29	Matorral submontano	Mora-Olivo <i>et al.</i> , 2016
14	2.31	10.07	32	Matorral espinoso tamaulipeco	Molina <i>et al.</i> , 2014

En la siguiente tabla se aprecian algunos ejemplos de resultados del índice de Shannon (H'), índice de diversidad verdadera de Shannon ($1/D$), indicando el valor de S (número de especies), las comunidades vegetales estudiadas y los autores.

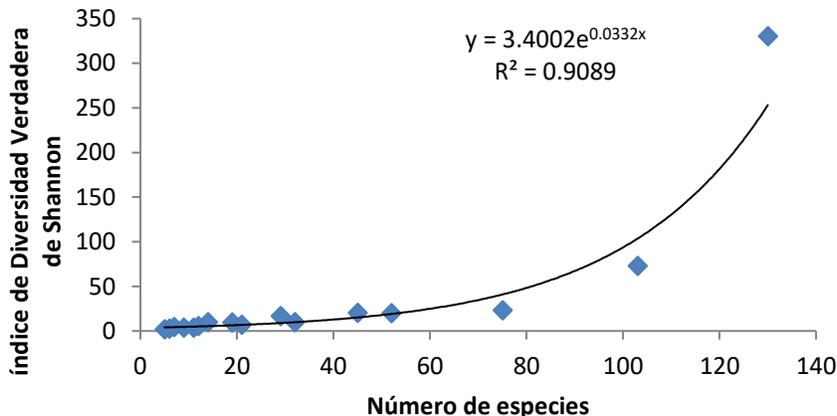
Tabla 16. Ejemplos de resultados del índice de Shannon (H'), índice de diversidad verdadera de Shannon (1D), y riqueza de especies en diferentes comunidades vegetales.

Valor de H'	1D	S	Comunidad vegetal	Autores
0.72	2.05	5	Bosque templado	Solís-Moreno <i>et al.</i> , 2006
0.93	2.53	6	Bosque templado	Domínguez <i>et al.</i> , 2019
1.5	4.48	7	Bosque templado	Alanís <i>et al.</i> , 2008
1.35	3.86	9	Bosque templado	Alanís <i>et al.</i> , 2012
1.37	3.94	11	Bosque templado	López <i>et al.</i> , 2017
1.74	5.70	12	Bosque templado	Graciano <i>et al.</i> , 2017
2.28	9.78	14	Mezquital	Alanís <i>et al.</i> , 2017
2.27	9.68	19	Matorral espinoso tamaulipeco	Jiménez <i>et al.</i> , 2012
1.94	6.96	21	Matorral espinoso tamaulipeco	Mora <i>et al.</i> , 2013
2.81	16.61	29	Matorral submontano	Mora-Olivo <i>et al.</i> , 2016
2.31	10.07	32	Matorral espinoso tamaulipeco	Molina <i>et al.</i> , 2014
3.02	20.49	45	Matorral submontano	Alanís <i>et al.</i> , 2015b
3	20.09	52	Matorral submontano	Canizales-Velázquez <i>et al.</i> , 2009
3.15	23.34	75	Selva mediana subperennifolia	Barra y López, 2002
4.29	72.97	103	Selva mediana subcaducifolia	Gutiérrez-Báez <i>et al.</i> , 2012
5.8	330.30	130	Selva mediana subcaducifolia	Gutiérrez-Báez <i>et al.</i> , 2012

Para una mejor apreciación de la relación que existe entre el número de especies (S) y el valor del índice de diversidad verdadera de Shannon (1D) se generó el siguiente gráfico. En él se aprecia

que existe una línea de tendencia ascendente exponencial conforma aumentan los valores, mostrando un alto valor de R^2 .

Figura 87. Gráfico que muestra la relación entre el número de especies (S) y el índice de Diversidad Verdadera de Shannon (H').



Índice de Simpson (D)

El índice de diversidad de Simpson mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar de una población provengan de la misma especie (Simpson, 1949). Está fuertemente influenciado por la importancia de las especies más abundantes (Magurran, 1988). Este índice varía inversamente con la heterogeneidad, de tal forma que si el valor del índice decrece, la diversidad se incrementa.

El índice de Simpson estima si una comunidad determinada está compuesta por especies muy abundantes, ya que suma las abundancias de cada especie al cuadrado y así le da importancia

a las especies con alto valor. Por lo tanto, la abundancia dará una cifra alta, cercana a uno que es el valor máximo que toma el índice (Lamprecht,. 1962).

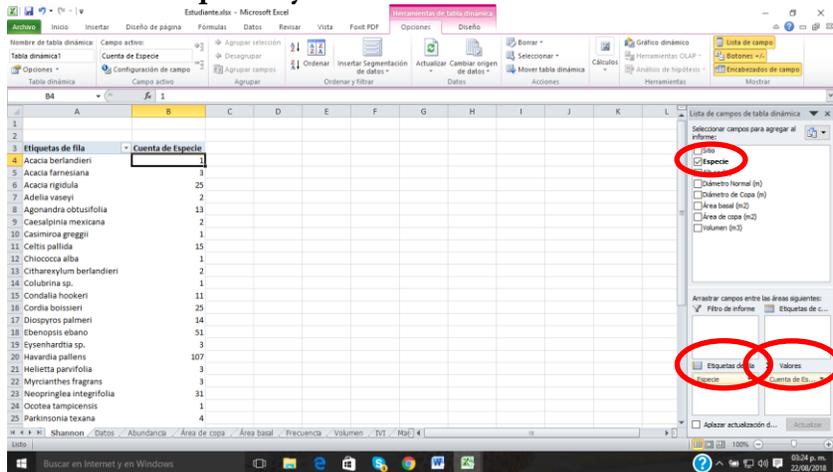
El índice de diversidad de Simpson (1949) es:

$$D = \sum p_i^2$$

Donde D = índice de Simpson, p_i = proporción de las especies $p_i = n_i/N$, n_i = número de individuos de la especie i , N = número total de individuos.

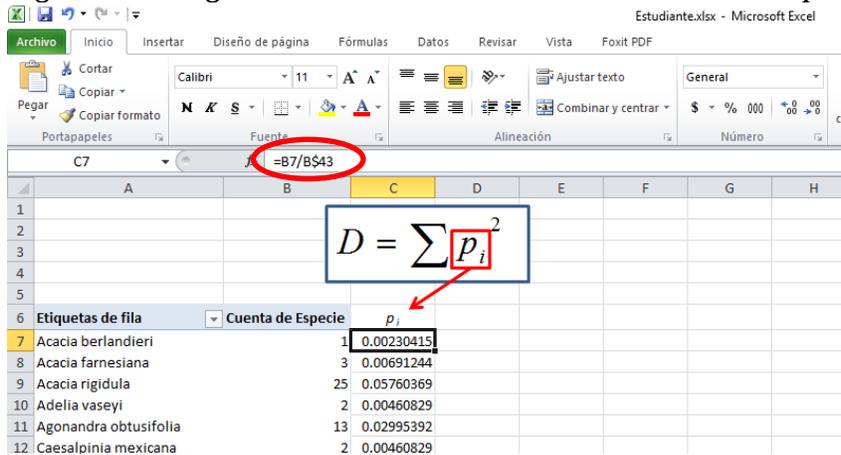
Para su cálculo nuevamente se tienen que cuantificar el número de individuos por especie con la tabla dinámica. Se arrastra “Especie” de “Seleccionar campos para agregar al informe” a “Etiquetas de fila” y “Σ Valores”.

Figura 88. Imagen de Excel donde se muestra como agregar la columna de especies y el número de individuos de cada una.



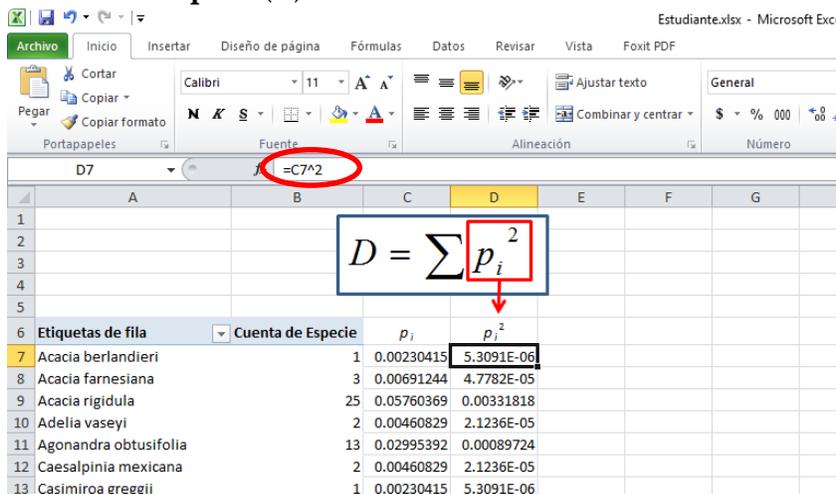
Primero se calcula p_i que es la proporción de las especies $p_i = n_i/N$, donde n_i es el número de individuos de la especie i y N el número total de individuos. En el ejemplo se calculó con la fórmula =B7/B\$43).

Figura 89. Imagen de Excel donde se muestra el cálculo de p_i .



Después se eleva p_i al cuadrado mediante la fórmula =C7 ^ 2 (el símbolo de potencia se encuentra ubicado en la tecla 6 o a la derecha de la "P" en un teclado estándar). Posteriormente se hace la sumatoria al final de la columna D.

Figura 90. Imagen de Excel donde se muestra el cálculo del índice de Simpson (D).



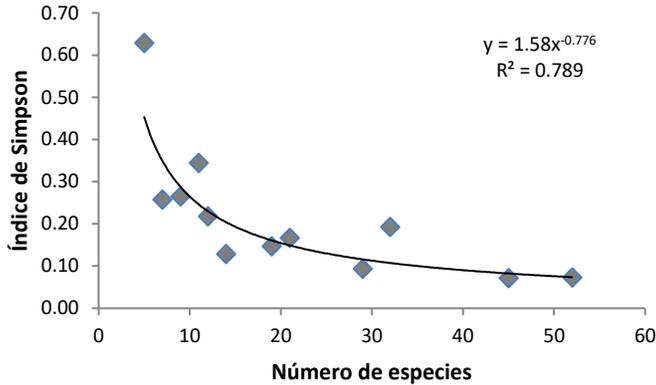
Como se mencionó en los párrafos anteriores este índice adquiere valores entre 0 a 1, donde los valores bajos denotan alta diversidad. En la siguiente tabla se aprecia que los bosques templados presentan valores de 0.22 a 0.63, denotando intermedia y baja diversidad. Caso contrario son los matorrales submontanos que presentan valores de 0.07 Y 0.09, denotando alta diversidad.

Tabla 16. Ejemplos de resultados del índice de Simpson (D) y riqueza de especies en diferentes comunidades vegetales.

S	Simpson	Comunidad vegetal	Autores
5	0.63	Bosque templado	Solís-Moreno <i>et al.</i> , 2006
7	0.26	Bosque templado	Alanís <i>et al.</i> , 2008
9	0.26	Bosque templado	Alanís <i>et al.</i> , 2012
11	0.34	Bosque templado	López <i>et al.</i> , 2017
12	0.22	Bosque templado	Graciano <i>et al.</i> , 2017
14	0.13	Mezquital	Alanís <i>et al.</i> , 2017
19	0.15	Matorral espinoso tamaulipeco	Jiménez <i>et al.</i> , 2012
21	0.17	Matorral espinoso tamaulipeco	Mora <i>et al.</i> , 2013
29	0.09	Matorral submontano	Mora-Olivo <i>et al.</i> , 2016
32	0.19	Matorral espinoso tamaulipeco	Molina <i>et al.</i> , 2014
45	0.07	Matorral submontano	Alanís <i>et al.</i> , 2015b
52	0.07	Matorral submontano	Canizales-Velázquez <i>et al.</i> , 2009

Para mostrar gráficamente los resultados se elaboró un gráfico donde se relaciona el número de especies con el índice de Simpson. La línea de tendencia es una potencia negativa, donde el valor de índice va disminuyendo conforme aumenta el número de especies.

Figura 91. Gráfico que muestra la relación entre el número de especies (S) y el índice de Simpson (D).



Complemento de Simpson

Para mayor claridad en la interpretación del índice de Simpson, Pielou (1969) menciona que es deseable que valores altos del índice de probabilidad correspondan con valores altos de diversidad. Por lo que puede calcularse como $1 - D$, y así un valor cercano a 1 manifiesta mayor diversidad y valores cercanos a 0 indican menor diversidad (Lande, 1996).

Diversidad beta

Coefficiente de similitud/disimilitud

Mostacedo y Fredericksen (2000) mencionan que los coeficientes de similitud han sido muy utilizados, especialmente para comparar comunidades con atributos similares (diversidad Beta). Sin embargo, también son útiles para otro tipo de comparaciones, por ejemplo, para comparar las comunidades con distintos grados de perturbación (por ejemplo: bosque perturbado vs. bosque poco perturbado) o áreas restauradas (por ejemplo: bosque restaurado vs. Bosque no restaurado).

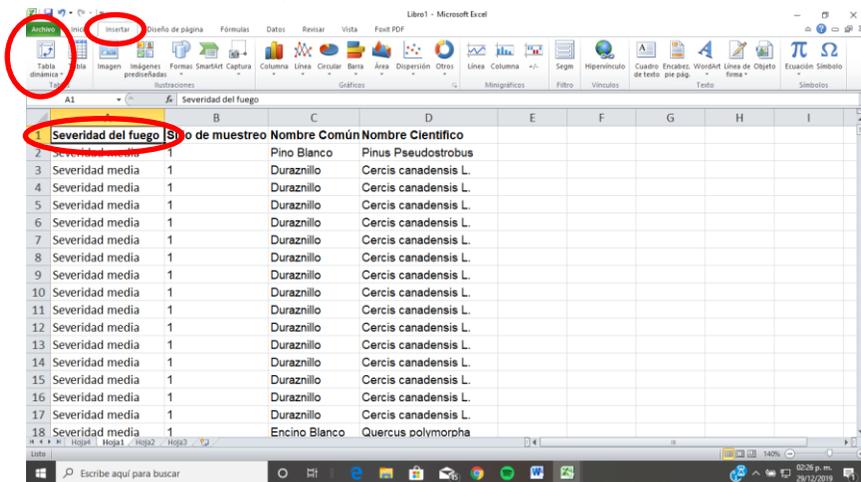
Existen muchos índices de similaridad, pero los índices más antiguos siguen siendo los más utilizados; entre éstos están los índices cualitativos de Sorensen y Jaccard y cuantitativos (basados en la abundancia de las especies) los de Coeficiente de similitud de Sorensen y Morisita-Horn. El intervalo de valores para estos índices va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 o 100 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies.

Para la estimación de los siguientes índices se usará como ejemplo los datos de la investigación de Alanís *et al.* (2010), donde compararon la similitud de especies de dos comunidades

vegetales de bosque templado del noreste de México, una regenerada después de un incendio de severidad media y otro de severidad alta.

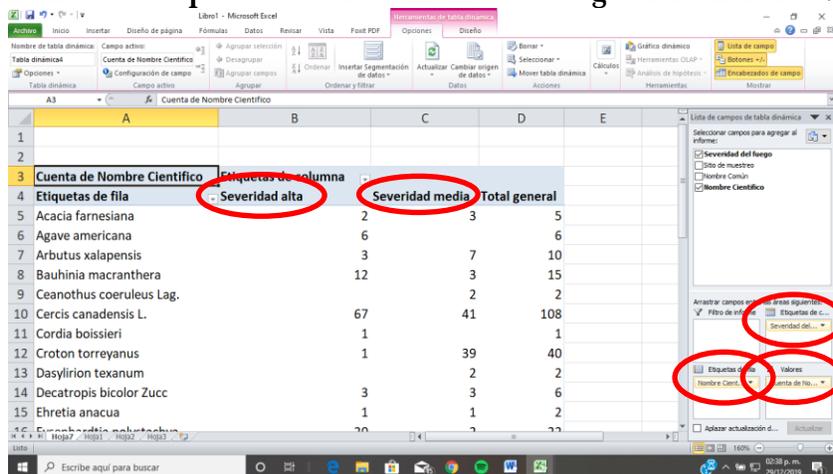
Para su cálculo, primero se tiene que agregar una columna donde se diferencien las comunidades vegetales que se van a comparar. En este ejemplo se compraron áreas regeneradas después del fuego y se nombraron severidad media y severidad alta. Ahora se insertará una tabla dinámica, para ello se pone el cursor en la base de datos (así seleccionará automáticamente “la tabla o rango”, en este ejemplo se puso el cursor en la casilla A1) y después se da “insertar” y seleccionar “tabla dinámica”. Aparecerá una ventana (en el ejemplo está a la derecha), ahí se selecciona que te coloque el informe de la tabla dinámica en una nueva hoja de cálculo y se presiona aceptar.

Figura 92. Imagen de Excel donde se muestra cómo insertar una tabla dinámica.



Para contar el número de especies por condición se arrastra “nombre científico” de “Seleccionar campos para agregar al informe” a la sección de “Etiqueta de fila”. Después se arrastra “Severidad del fuego” a “Etiquetas de columna”. Finalmente se arrastra “nombre científico” a “Sumatoria de valores”. De esta manera aparecerán las columnas de las especies de las dos severidades.

Figura 93. Imagen de Excel donde se muestra cómo insertar el número de especies de dos comunidades vegetales diferentes.



Índice de Sorensen

$$I_S = \frac{2 * C}{A + B} * 100$$

Donde I_s es el índice de Sorensen, A el número de especies encontradas en la comunidad A , B el número de especies en la comunidad B y C el número de especies comunes en ambas localidades. Para la estimación de éste índice se usará como ejemplo los datos de la investigación de Alanís *et al.* (2010), donde compararon la similitud de dos comunidades vegetales de bosque templado del noreste de México, una regenerada después de un incendio de severidad media y otro de severidad alta. En el ejemplo las comunidades A y B presentan 26 especies y 21 de ellas son comunes en ambas localidades.

$$I_s = \frac{2 * 21}{26 + 26} * 100$$

El resultado fue de 80.76, lo que indica que las comunidades vegetales muestran un 81% de similitud en su composición vegetal.

Índice de Jaccard

$$I_j = \frac{C}{A + B - C} * 100$$

Donde I_j es el índice de Jaccard, A es el número de especies en la comunidad A , B el número de especies en la comunidad B , C el número de especies comunes en ambas localidades. En el ejemplo las comunidades A y B presentan 26 especies y 21 de ellas son comunes en ambas localidades.

$$I_j = \frac{21}{26 + 26 - 21} * 100$$

El resultado fue de 67.74, lo que indica que las comunidades vegetales muestran un 68% de similitud en su composición vegetal.

Coefficiente de similitud de Sorensen para datos cuantitativos

$$I_{s \text{ cuantitativo}} = \frac{2 * (pN)}{aN + bN}$$

Donde aN es el número total de individuos en el sitio A, bN es el número total de individuos en el sitio B y pN la sumatoria de la abundancia más baja de cada una de las especies compartidas entre ambos sitios (Magurran, 1988).

Para la estimación de éste índice también se usará como ejemplo los datos de la investigación de Alanís *et al.* (2010), donde compararon la similitud de dos comunidades vegetales de bosque templado del noreste de México, una regenerada después de un incendio de severidad media y otro de severidad alta. En la tabla de la izquierda se aprecian los valores recabados de campo, donde se indican las especies y sus abundancias. De manera de ejemplo, se puso la tabla a la derecha con los mismos valores de densidad extrapolados por hectárea, para que se aprecie que el resultado del índice es el mismo. El resultado es 0.69, lo que indica que hay una similitud de 69% entre las comunidades vegetales.

Figura 94. Imagen de Excel donde se muestra el cálculo el coeficiente de similitud de Sorensen para datos cuantitativos (I_S cuantitativo).

Especie	Abundancia			Abundancia		
	Severidad media	Severidad alta	Max baja	Severidad media	Severidad alta	Max baja
Alcornoque	3	2	2	21	14	14
Agave americana	7	6	0	50	43	0
Arbutus unedo	7	3	3	7	21	21
Baccharis sp.	1	0	0	7	0	0
Bauhinia macrocarpa	3	12	3	21	86	21
Ceanothus cuneifolius Lag.	2	0	0	14	0	0
Cercis canadensis L.	41	67	41	293	479	293
Coriaria boissieri	1	0	0	279	7	0
Croton torreyanus	39	1	1	14	7	7
Daphniphyllum	2	0	0	14	0	0
Decasoplia bicolor Zucc.	3	3	3	21	21	21
Ehretia anacardium	1	1	1	7	7	7
Eyenia acuminata polytachya	2	20	2	14	143	14
Fraxinus graggi	8	2	2	57	14	14
Ligustrum lucidum	12	8	8	86	57	57
Liriodendron	31	33	31	221	236	221
Opuntia engelmannii	2	2	2	14	14	14
Persea pachyphloea	2	6	2	14	43	14
Pinus pseudostrobus	63	15	15	436	107	107
Pithecellobium pallens	2	0	0	14	0	0
Quercus canbyi Trell.	1	6	1	7	43	7
Quercus laevis	24	14	14	171	100	100
Quercus laevis	34	23	23	243	164	164
Quercus polymorpha	166	103	103	1186	736	736
Quercus virens	66	37	37	471	621	471
Quercus virginiana	16	4	4	114	29	29
Sargentia graggi	1	0	0	7	0	0
Sideroxylon sp.	1	4	0	7	29	0
Sideroxylon angustifolium	1	0	0	7	0	0
Sophora secundiflora	4	5	4	29	36	29
Zanthoxylum florum	1	0	0	7	0	0
Suma	534	430	331	3814	3071	2361

$I_S \text{ cuantitativo} = \frac{2 * (pN)}{aN + bN}$

Cálculo de I_S para la primera tabla: $\frac{2 * (662)}{534 + 430} = 0.69$

Cálculo de I_S para la segunda tabla: $\frac{2 * (4722)}{3814 + 3071} = 0.69$

Índice de Morisita-Horn

$$I_{M-H} = \frac{2 \sum (a_i * b_j)}{(da + db) * (aN * bN)}$$

Donde a_i es el número de individuos de la i -ésima especie en el sitio A, b_j el número de individuos de la j -ésima especie en el sitio B. Las fórmulas de da y db se muestran a continuación:

$$da = \frac{\sum a_i^2}{aN^2} \qquad db = \frac{\sum b_j^2}{bN^2}$$

Donde aN es el número total de individuos en el sitio A y bN el número total de individuos en el sitio B.

Para su cálculo, también se usó como ejemplo los datos de la investigación de Alanís *et al.* (2010). Primero se debe multiplicar $an_i * bn_j$ y elevar al cuadrado el número de individuos de la i -ésima especie de ambos sitios.

Figura 95. Imagen de Excel donde se muestra parte del cálculo del índice de Índice de Morisita-Horn (I_{M-H}).

Especie	Severidad media		Severidad alta						
	an_i	bn_j	$an_i * bn_j$	an_i^2					
<i>Acacia farnesiana</i>	15	15	225	225					
<i>Agave americana</i>		46	0	0			2116		
<i>Arbutus xalapensis</i>	54	23	1242				2916		529
<i>Bacharis sp.</i>	8		0				64		0
<i>Bauhinia macranthera</i>	23	92	2116				529		8464
<i>Ceanothus coeruleus Lag.</i>	15		0				225		0
<i>Cercis canadensis L.</i>	292	377	110084				85264		142129
<i>Cordia boissieri</i>		8	0				0		64
<i>Croton torreyanus</i>	300	8	2400				90000		64
<i>Dasyliion texanum</i>	15		0				225		0
<i>Decatropis bicolor Zucc</i>	23	23	529				529		529
<i>Ehretia anacua</i>	8	8	64				64		64
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	15	154	2310				225		23716
<i>Fraxinus greggii</i>	62	15	930				3844		225
<i>Ligustrum lucidum</i>	92	54	4968				8464		2916
<i>Litsea navaleontis</i>	223	254	56642				49729		64516
<i>Opuntia engelmannii</i>	15	15	225				225		225
<i>Persea pachypoda Nees.</i>	15	46	690				225		2116
<i>Pinus pseudostrabus</i>	469	115	53935				219961		13225
<i>Pithecellobium pallens</i>	15		0				225		0
<i>Quercus canbyi Trel.</i>	8	46	368				64		2116
<i>Quercus laceyi</i>	185	108	19980				34225		11664

La siguiente captura de pantalla corresponde a la parte inferior de la imagen que nos antecede, donde se muestran las sumatorias y las estimaciones. La fórmula se desglosó lo más posible para mostrar paso a paso el cálculo. El resultado fue 0.81, lo que indica que las comunidades vegetales muestran un 81% de similitud en su composición vegetal.

Bibliografía

- Acot, Pascal. 1982 (3ra ed. Español). Introducción a la Ecología. Ed. Nueva Imagen, S. A. México. (de la 1ra ed. En francés 1977). 151 pp.
- Aguilar, R., M., & Velarde, R. J. (2001). Tablas de volúmenes para la estimación del volumen forestal. Retrieved from http://www.academia.edu/10818222/Tablas_de_vol%C3%BAmenes_para_la_estimaci%C3%B3n_del_volumen_forestal
- Aguirre, Ó. A. (1991). *Curso de actualización en Silvicultura*. Memoria. Facultad de Ciencias Forestales. U.A.N.L. 160 pp., varias contribuciones. Linares, México.
- Aguirre, Ó. A., Jiménez, J., Treviño, J. E. & Meraz, B. (1997). Evaluación de diversos tamaños de sitio de muestreo en inventarios forestales. *Madera Bosques*, 3: 71–79.
- Aguirre, Ó. A., Jiménez, J., Kramer, H., & Akça, A. (2003). Análisis estructural de ecosistemas forestales en el Cerro del Potosí, Nuevo León, México. *Ciencia UANL*, 6(2):219-225.
- Alanís, E., Jiménez, J., Espinoza, D., González, M. A., Jurado, E. & Aguirre, Ó. A. (2008). Monitoreo del estrato arbóreo en un área restaurada post-incendio en el Parque Ecológico Chipinque. *Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 14(2):113-118.
- Alanís, E., Aguirre, Ó. A., Jiménez, J., Pando, M., Treviño, E. J., Aranda, R. & Canizales, P.A. (2010). Efecto de la severidad del fuego sobre la regeneración asexual de especies leñosas de un ecosistema

- mixto (*Pinus-Quercus*) en el Parque Ecológico Chipinque, México. *Interciencia*, 35(9):690-695.
- Alanís, E., Jiménez, J., Pando, M., Aguirre Ó. A, Treviño, E.J. & García, P. C. (2010b). Efecto de la restauración ecológica post-incendio en la diversidad y estructura del componente arbóreo del Parque Ecológico Chipinque, México. *Madera y Bosques*, 16(4):39-54.
- Alanís, E., Jiménez, J., Valdecantos, A., González, M.A., Aguirre Ó. A & Treviño, E. J. (2012). Composición y diversidad de la regeneración natural en comunidades de *Pinus-Quercus* sometidas a alta recurrencia de incendios en el Noreste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83:1208-1214.
- Alanís, E., Jiménez, J., Canizales, P. A., González, H. & Mora-Olivo, A. (2015). Estado actual del conocimiento de la estructura arbórea y arbustiva del matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2(7):69-80.
- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J. Mora-Olivo, A., Martínez-Ávalos, J. G., Mata-Balderas, J. M., Chávez-Costa, A. C. & Rubio-Camacho, E. A. (2015b). Estructura y diversidad del matorral submontano contiguo al Área Metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México. *Acta Botanica Mexicana*, 113: 1-19.
- Alanís, E., Mora-Olivo A., Jiménez, J., González, M. A., Yerana J. I., Martínez, J. G. & González, E. (2015c). Composición y diversidad del matorral desértico rosetófilo en dos tipos de suelo en el noreste de México. *Acta Botanica Mexicana*, 110:105-117.
- Alanís-Rodríguez, E., Valdecantos-Dema, A., Jiménez Pérez, J., Rubio-Camacho, E. A., Yerena-Yamallel, J. I. & González-Tagle, M. A. (2015d). Evaluación de la restauración ecológica post-incendio en un ecosistema templado del NE de México. *Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 21(2):157-170.
- Alanís-Rodríguez, E., Molina-Guerra, V. M., Jiménez-Pérez, J., Rubio-Camacho, E. A., Mora-Olivo, A., Chávez-Costa, A. C. & Marroquín-Castillo, J. J. (2017). Composition, structure and diversity of a mesquite in Pesquería (Northeastern Mexico). *Revista Chilena de Historia Natural*, 90:4. DOI 10.1186/s40693-017-0066-1.

- Alanís-Rodríguez, E., Valdecantos-Dema, A., Canizales-Velázquez, P. A., Chávez-Costa, A. C., Rubio-Camacho, E. & Mora-Olivo, A. (2018). Análisis estructural de un área agroforestal en una porción del matorral xerófilo del noreste de México. *Acta Botanica Mexicana*, 125:133-156.
- Alanís-Rodríguez, E., Rubio-Camacho, E. A., Mata-Balderas, J. M., Lozano-Cavazos E. A., González-Tagle, M. A. & Amarán-Ruíz, M. de F. (2020). Tamaulipan thornscrub after fire: an analysis of the composition of species. *Brazilian Journal of Biology*, En prensa.
- Anónimo. (2006/2007). México: 3a. comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Sría. Medio Ambiente y RR NN.; Inst. Nal. de Ecología; Programa NU para el Desarrollo; US Environmental/Protection Agency and Global Environment Facility. Con Prólogo de J. L. Luege Tamargo (pp VI/ y VIII). México. 208 pp.
- Araújo, J. 2000. *Ecos...Lógicos. Para entender la Ecología*. Maeva. 274 pp. Madrid, España.
- Arce-González, L. & Marroquín, J. S. (1985). Las unidades fisonómico-florísticas del Cañón de San Lorenzo, Saltillo, Coahuila, México. *Biótica*, 10(4):369-393.
- Arrhenius, O. (1923). Statistical investigations in the constitution of plant associations. *Ecology*, 4:68-73.
- Aubréville, A. (1962). *Temas fitogeográficos*. Eds. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A. C. (conferencia en CDMX Jul.). Folleto Num. 20: 66 pp. Ciudad de México, México.
- Aubréville, A. (1965). Principes d'une systématique des formations végétales tropicales. *Adansonia*, 5(2):153-196.
- Barkman, J. J., Moravec J. & Rauschert, S. (1986). Code of Phytosociological Nomenclature. *Vegetatio*, 67:145-195.
- Bates, C. G. (1923). The transect of a mountain valley. *Ecology*, 4(1):54-62.
- Bautista, F., Delfín, H., Palacia, J. L. & Delgado, M. del C. (2004). *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*. Universidad Nacional Autónoma de México (No. 333.715 T4).

- Beals, E. W. (1969). Vegetational change along altitudinal gradients. *Science*, 165:981-985.
- Becking, R. W. (1957). The Zürich-Montpellier School of Phytosociology. *Botanical Review*, 23(7):411-488.
- Berggren, W. A. & van Couvering J. A. (1974). Geochronobioclimatopaleo magnetostratigraphy: A mediterranean synthesis. Abstract. *Annual Meeting Geological Society of America*, pp. 1022-1024.
- Bertalanffy, L. V. (1951). *Theoretische Biologie*. A. Francke. Bern.
- Bertalanffy, L. V. (1968). *General system theory*. New York, Estados Unidos de América.
- Biot, P. (1965). *Formations végétales du globe*. París, Francia. Sedes. 508 P.
- Braun-Blanquet, J. F. (1950). *Sociología Vegetal. Estudio de las comunidades vegetales*. ACME Agency. Buenos Aires. 444 pp. (de la 1a. ed. en Inglés, McGraw-Hill Book Co. 1932).
- Braun-Blanquet, J. F. (1979). *Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Madrid, España. Blume Ediciones, Rosario. 820 p.
- Briones-Villarreal, O. L. (1991). Sobre la flora, vegetación y fitogeografía de la Sierra de San Carlos, Tamaulipas. *Acta Botanica Mexicana*, 16:15-43.
- Briones-Villarreal, O. L. (1994). Origen de los desiertos mexicanos. *Ciencia (México)* 45:263-279.
- Buendía-Rodríguez, E., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Caderón, O.A., Treviño-Garza, E.J., Flores-Ayala, E. & Carrillo-Anzures, F. (2018). Efecto de la exclusión de un área natural protegida en la composición y estructura arbórea. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(5):981-992.
- Buendía-Rodríguez, E., Treviño-Garza, E. J., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O. A. & González-Tagle, M. A. En prensa. Estructura de un ecosistema forestal y su relación con el contenido de carbono en el noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*.
- Bunge, M. (1980). *La ciencia, su método y su filosofía*. Editorial Siglo Veinte. Argentina.

- Cabrera, A. L. & Willink, A. (1973). *Biogeografía de América Latina*. O.E.A. Monografía serie de Biología No.13. Washington D. C., United States of America. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. p. 117.
- Cain, S. A. (1951). *Fundamentos de Fitogeografía*. Buenos Aires, Argentina. ACME Agency. 659 pp.
- Cain, S. A. & Oliviera-Castro, G. M. (1959). *Manual of vegetation analysis*. Nueva York, United States of America. Harper/Bros.
- Cancino, J. (2012). *Dendrometría básica*. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento Manejo de Bosques y Medio Ambiente.
- Canfield, R. H. (1941). Application of the line interception method in sampling range vegetation. *Journal of Forestry*, 39:388-39.
- Canizales-Velázquez, P. A., Alanís-Rodríguez, E., Aranda-Ramos, R., Mata-Balderas, J. M., Jiménez-Pérez, J., Alanís-Flores, G., Uvalle-Sauceda, J. I. & Ruiz-Bautista, M. G. (2009). Caracterización estructural del matorral submontano de la Sierra Madre Oriental, Nuevo León, México. *Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 15(2):115-120.
- Carlquist, S. (1966). The biota of long-distance dispersal. I. Principles of dispersal and evolution. *Quarterly Review of Biology*, 41(3):247-270.
- Carpenter, J. R. (1938). *An Ecological Glossary*. University Oklahoma Press, la. ed. Norman. 306 pp. (pp. 301-306 se dan referencias de la época clásica de la Ecología vegetal, desde Warming 1895, hasta Pavillard: *Botanical Review*, 1:210-232).
- Clark, P. J. & Evans, F. C. (1954). Distance to nearest neighbour as a measure of spacial relationships in populations. *Ecology*, 35:445-453.
- Clarke, G. L. (1958). *Elementos de Ecología*. Traducción de la 2a. ed.(americana) en inglés, a cargo del Dr. Miguel Fusté. Barcelona, España. Ed. Omega. 615 pp.
- Clements, F. E. (1904). *The development and structure of vegetation*. United States of America. University of Nebraska-Botanical Seminar.
- Clements, F. E. (1905). *Research methods in ecology*. United States of America. University Publishing Company.

- Clements, F. E. (1916). *Plant succession: an analysis of the development of vegetation* (No. 242). United States of America. Carnegie Institution of Washington.
- Clements, F. E. (1928). *Plant succession and indicators*. New York, United States of America. Hafner Press; London, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland. Collier Macmillan Publishers
- Clements, F. E. (1934). The relict method in dynamic ecology. *Journal of Ecology*, 22(1):39-68.
- Clements, F. E. (1936). Nature and structure of the climax. *Journal of Ecology*, 24(1):252-284.
- Clifford H.T & Stephenson, W. (1975). *An introduction to numerical classification*. London Academic Press.
- Cody, M. L., & Mooney, H. A. (1978). Convergence versus nonconvergence in Mediterranean-climate ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 9(1):265-321.
- Colinvaux, P. A. (1972). *Introduction to Ecology*. J. Wiley & Sons. Inc. N. Y. 621 pp.
- Collantes-Chávez-Costa, A. Alanís-Rodríguez, E., Yam-Uicab, O., López-Contreras, C., Sarmiento-Muñoz T. & Tapia-Muñoz J. L. (2019). Composition, structure and diversity of coastal vegetation in the northeastern of Cozumel, Mexico. *Botanical Sciences*, 97(2):135-147.
- CONAFOR (2009). *Manual de procedimientos para el muestreo de campo*. Inventario Nacional Forestal y de Suelos, 2004-2009. Comisión Nacional Forestal. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Pp. 87.
- CONAFOR (2011). *Manual de procedimientos para el muestreo de campo*. Inventario Nacional Forestal y de Suelos, Re-muestreo 2011. Comisión Nacional Forestal. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Pp. 140.
- Connell, J. H. & Slatyer R. O. (1977). *American Naturalist* 111:1119-1144. (Revisión y discusión actualizada sobre los modelos de sucesión en el estudio de la vegetación).

- Corral, J., Aguirre, Ó. A., Jiménez, J., & Corral, S. (2005). Un análisis del efecto del aprovechamiento forestal sobre la diversidad estructural en el bosque mesófilo de montaña «El Cielo», Tamaulipas, México. *Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales*, 14(2):217-228.
- Corral-Rivas, J. J., Barrio-Anta, M., Aguirre-Calderón, Ó. A., & Diéguez-Aranda, U. (2007). Use of stump diameter to estimate diameter at breast height and tree volume for major pine species in El Salto Durango (Mexico). *Forestry*, 80:29-40.
- Corral-Rivas, J. J., Vargas, B., Wehenkel, C., Aguirre, Ó. A., Álvarez, G. & Rojo, A. (2009). *Guía para el establecimiento de sitios de investigación forestal y de suelos en bosques del estado de Durango*. Editorial de la Universidad Juárez del Estado de Durango (No. F/634.9072 G8).
- Corral, R. S., Nívar, J. J., & Fernández, S. F. (1999). Ajuste de funciones de ahusamiento a los perfiles fustales de cinco pináceas de la región de El Salto, Durango. *Madera y Bosques*, 5, 53-65.
- Cox, G. W. (1967). *Laboratory Manual of General Ecology*. Dubuque, United States of America. WCB. WM. C. Brown Co. 4th. impr. (1968). 165 pp.
- Cracraft, J. (1985). Biological diversification/causes. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 72(4):794-822.
- Cronquist, A. (1982). Map of the floristic provinces of North America. *Brittonia*, 34:144-145.
- Cruz-Cobos, F., De los Santos-Posadas, H. M. & Valdez-Lazalde, J. R. (2008). Sistema compatible de ahusamiento volumen para *Pinus cooperi* Blanco en Durango, México. *Agrociencia*, 4:473-485.
- Curtis, J. T., & McIntosh, R. P. (1951). An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 32(3):476-496.
- Dansereau, P. (1957). *Biogeography. An ecological perspective*. New York, United States of America. Ronald Press. 394 pp.
- Dansereau, P. (1974). *Types of succession*. Cap. 12 bajo el subtítulo: "Classification of Succession and their terminal stages" in: *Vegetation Dynamics* (R. Knapp ed.): 123-135. Dr. W.Junk b.v. Pubis. La Haya. (Serie de libros bajo el rubro mayor de "Handbook of Vegetation

- Science" (R. Tüxen, editor en jefe). El libro (todo) es la Parte VIII de la colección.
- Darlington Jr. Philip J. (1965). (2d. print. 1969). *Biogeography of the Southern end of the world*. United States of America. Harvard University Press. 236 pp.
- Darlington, A. & Brown, A. (1980). *Introducción a la Ecología*. Publ. Cultural, S. A. México. V-XII y 244 pp. Trad. Raúl Castaño Matos. de la original "*One approach to Ecology*". 1975. Longman Group Ltd. Londres.
- Darlington, P. J. (1957). *Zoogeography: the geographical distribution of animals*. New York, United States of America. John Wiley & Sons. Inc. 675 pp.
- Daubenmire, R. F. (1958). *Plants and environment. A textbook of plant autecology*. Chapman & Hall, Ltd. London. John Wiley & Sons. Inc. 424 pp.
- Daubenmire, R. F. (1968). *Plant Communities. A textbook of plant synecology*. Evanston and London. Harper & Row. Publ. New York. 300 pp.
- Daubenmire, R. F. (1979). *Ecología vegetal. Tratado de autoecología de plantas*. Ciudad de México, México. Limusa, 3d. ed. 496 pp.
- De Candolle, A. (1855). *Géographie Botanique Raisonnée*. París, Francia. 1365 pp., (*fide* Oosting 1951: 411).
- De la Llata-Loyola, Ma Dolores (2003). *Ecología y Medio Ambiente*. Editorial Progreso, S. A. de C. V. México. 232 pp.
- de Martonne, E. (1926). *Traité de géographie physique*. Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar, 48(1), 101-111.
- Díaz, A., García, R. & Díaz, A. (2010). *Medición de árboles y masas forestales*. Mundi-Prensa Libros sa. Madrid, España. 521 pp.
- Díaz, E., Hernández, J., Flores, P., Elizondo, E., Alanís, E. & Jiménez J. (2017). Regeneración y restauración del matorral espinoso tamaulipeco en el noreste de México: Estado actual del conocimiento. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 4(2):30-37.
- Dice, L. R. (1943). *The biotic provinces of North America*. Michigan, United States of America. The University of Michigan Press.

- Diéguez, U., Barrio, M., Castedo, F., Ruíz, A. D., Álvarez, M. F., Álvarez, J. G. & Rojo, A. (2003). *Dendrometría*. Madrid, España, Mundi-prensa. 327 pp.
- Domínguez, T.G., Hernández, B.N., González, H., Cantú, I., Alanís, E. & Alvarado, M. de S. (2018). Structure and composition of the vegetation in four sites of the Sierra Madre Occidental. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9 (50).
- Drury, W. H. & Nisbet, C. T. (1973). Succession. *Journal of the Arnold Arboretum*, 54(3):331-368.
- Du Rietz, G. E. (1921). *Zur methodologischen Grundlage der modernen Pflanzensoziologie* (Fundamentos metodológicos de la fitosociología moderna). Diss. Uppsala. (Fide Nichols 1923).
- Du Rietz, G. E. (1931). Classification and nomenclature of vegetation units. *Svensk Botanisk Tidskrift*, 30: 580 - 589.
- Duek, J. (1979). *Introducción a la Ecología bajo el enfoque de Sistemas*. Mérida, Venezuela. 257 pp.
- Duvigneaud, P. (1974). *La Synthèse écologique. Population, communautés, écosystèmes, biosphère, noosphère*. París, Francia. Doin, Editeurs. 296 pp.
- Dyksterhuis, E. J. (1949). Condition and management of rangeland based on quantitative ecology. *Journal Range Management*, 2:104-115.
- Dyksterhuis, E. J. (1958). Ecological principles in range evaluation. *Botanical Review*, 24:253-272.
- Emanuelli, P., Duarte, E., Milla, F., Orellana, O., & López, S. (2017). *Propuesta Metodológica para la Validación de la Cobertura y Uso de la Tierra Mediante la Elaboración de un Inventario Multipropósito de Recursos Vegetacionales y Levantamiento de Puntos de Control Mediante Visitas en Terreno*. El Salvador Pp 53.
- Emlen, J. M. (1973). *Ecology: an evolutionary approach*. Addison-Wesley. Reading.
- Encina-Domínguez, J. A., Encina-Domínguez, F. J., Mata-Rocha, E. & Valdes-Reyna, J. (2008). Aspectos estructurales, composición florística y caracterización ecológica del bosque de oyamel de la Sierra de

- Zapalinamé, Coahuila, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 83:13-24.
- Equihua-Zamora, M. & Benítez-Badillo, G. (1990). *Dinámica de las comunidades ecológicas. El universo de la Biología*. Ser: Ecología y Biogeografía. Ciudad de México, México. Trillas. 120 pp.
- Equihua-Zamora, M. (1991). Análisis de la vegetación empleando la teoría de conjuntos difusos como base conceptual. *Acta Botanica Mexicana*, 15:1-16.
- Ezcurra, E. & Equihua, M. (1984). *La teoría de información aplicada a la clasificación de datos biológicos*. En Ezcurra, E., Equihua, M., Kohlmann, B. & Sánchez-Colón, S. (1984). Instituto de Ecología A.C. Public. Num. 12:7-39 + Apéndice. Veracruz, México.
- Ezcurra, E., Equihua, M., Kohlmann B. & Sánchez-Colón, S. (1984). Métodos cuantitativos en la Biogeografía. Instituto de Ecología, A. C. Programa "El Hombre y la Biósfera" (MAB) UNESCO. México. 125 pp (Publ. 12).
- Farnworth, E. G. & Golley F. B. (1974). *Ecosistemas frágiles. Evaluación de la investigación y aplicaciones en los neotrópicos*. (1a. ed. en español, 1977, de la. en Inglés, 1974, Springer-Verlag, N. Y.). Fondo de Cultura Económica. México. 381 pp.
- Finegan, B. (1984). Forest succession. *Nature*, 311(5990):109-114.
- Flahault, Ch. & Schröter C. (1910). *Phytogeographical Nomenclature*. 3d. International Congress of Botany (Bruselas).
- Flores-Mata, G., Jiménez, J., Madrigal, J., Moncayo-Ruiz, S. F. & Takaki, F. (1971). *Tipos de vegetación de la República Mexicana*. Dirección de Agrología. Sría. RR.HH. México. 59 pp. y mapa.
- Forbes, S. A. (1887). The lake as a microcosm. *Bull. of the Peoria Scientific Association*: 77-87. *Repr. Illinois Natural History Survey Bull.* 15: 537-550 (1925); (*vide* Kormondy, ed., 1965:168).
- Franco, J., De la Cruz, A., Cruz, G., Rocha, R., Navarrete, S., Flores, M., Kata, M., Sánchez, C., Abarca, A. & Bedina S. (1989). *Manual de ecología*. Editorial Trillas. México. 94 p.
- Franco-López, J. (1985). *Manual de Ecología*. Ciudad de México, México. Ed. Trillas. 266 pp.

- Friederichs, K. (1930). Die Grundfragen und Gesetzmässigkeiten der landund forstwirtschaftlichen Zoologie. Paul Parey, Berlin. 2 vols. (Fundamentos de Zoología forestal); (*fide* Odum, Eugene P. 3d. ed. 1972 en Español p. 582; de/ ed. en Inglés, W. B. Saunders Co. Phil. (1959), Repr. 1967:504.
- Gadow, K. V., Sánchez, O. S., & Álvarez, J. G. (2007). *Estructura y crecimiento del bosque*. Universidad de Göttingen, Alemania. 280 pp.
- Gallardo-Cruz, J. A., Meave, J. A., & Pérez García, E. A. (2005). Estructura, composición y diversidad de la selva baja caducifolia del Cerro Verde, Nizanda (Oaxaca), México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (76):19-35.
- García-Espinoza, G. G., Aguirre-Calderón, Ó. A., Quiñonez-Barraza, G., Alanís-Rodríguez, E., De Los Santos-Posadas H. M. & García-Magaña J. J. (2018). Taper and Volume Systems Based on Ratio Equations for *Pinus pseudostrobus* Lindley in Mexico. *Forest*, 9:344.
- Gates, F. C. (1949). *Field manual of plant ecology*. New York, United States of America. McGraw-Hill Book Compy;
- Gleason, H. A. (1926). The individualistic concept of the plant association. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 53:7-26.
- Godínez-Ibarra, O. & López-Mata, L. (2002). Estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia. *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica*, 73(2).
- Godron, M. (1966). Application de la Théorie de l'information a l'étude de l'homogénéité et de la structure de la végétation. *Oecologie Plant*, 1(2):187-197.
- Goldman, E. A. & Moore, R.T. (1945). The biotic provinces of Mexico. *Journal of Mammalogy*, 26 (4):347-360.
- Gómez-Pompa, A. (1976) *Antología ecológica*. Colección "Lecturas Universitarias". U.N.A.M. (Dirección General de Publicaciones) 26:5-303.
- González, G. A. (2002). *Evaluación del tamaño y forma de sitios de muestreo para inventarios forestales en bosques tropicales*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. 49 pp.

- González-Elizondo, Ma. del S., González-Elizondo M. & Márquez-Linares, M. A. (2007) *Vegetación y Ecorregiones de Durango*. México. Plaza y Valdés, S. A. 229 pp.
- González-Medrano, F. (1972). Estudios sinicológicos del Nordeste de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 39:459-473.
- González-Uribe, D. U. & Sánchez-Pérez F. de J. (2004). Propiedades estadísticas del muestreo por Línea-Intercepto y cuadros cargados en la estimación de cobertura y densidades vegetales. *Revista Agraria Nueva Época*, 52(1):7-10.
- Good, R. (1964). *The Geography of the Flowering plants*. New York, United States of America. J. Wiley & Sons. 518 pp.
- Goodall, D. W. 1954. Factor analysis in Plants Sociology. *Biometrics* 10.
- Goodall, D. W. (1970). Statistical plant ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1: 99-124.
- Gounot, M. (1969). *Méthodes d'étude quantitative de la végétation*. París, Francia. Masson et Cíe., eds. 313 pp.
- Graciano-Ávila, G., Aguirre-Calderón, Ó. A., Alanís-Rodríguez, E. & Lujan-Soto, J. E. (2017). Composición, estructura y diversidad de especies arbóreas en un bosque templado del noroeste de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(12):535-542.
- Graciano-Ávila, G., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, Ó. A., González-Tagle, M. A., Treviño-Garza, E. J. & Mora-Olivo, A. (2017a). Caracterización estructural del arbolado en un ejido forestal del noroeste de México. *Madera y Bosques*, 23(3):137-146.
- Graciano-Ávila, G., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, Ó. A., González-Tagle, M. A., Rubio-Camacho E. A. & Mata Balderas, J. M. (2018). Caracterización y estructura florística de un grupo funcional vegetal del matorral espinoso tamaulipeco. *Gayana Botánica*, 75(1):512-523.
- Graciano-Ávila, G., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, Ó. A., González-Tagle, M. A., Treviño-Garza, E. J., Mora-Olivo, A. & Buendía-Rodríguez, E. (2019). Estimación de volumen, biomasa y contenido de carbono en un Bosque de clima templado-frío de Durango, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42(2):119-127.

- Granados, D. & Tapia, R. (1990). *Comunidades vegetales*. Universidad Autónoma de Chapingo. Colección de cuadernos Universitarios No. 19. pp. 27,93-94.
- Greig-Smith, P. (1957). *Quantitative plant ecology*. New York (ver pp 19-49). 2d. ed. London, Butterworth & Co. Academic Press.
- Guízar-Nolazco, E. (1986). *Antología Fitogeográfica*. Chilpancingo, Edo. de México. Serie de apoyo académico N° 25. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. 226 pp.
- Gutiérrez-Báez, C., Ortiz-Díaz, J. J., Flores-Guido, J. S., & Zamora-Crescencio, P. (2012). Diversidad, estructura y composición de las especies leñosas de la selva mediana subcaducifolia del Punto de Unión Territorial (PUT) de Yucatán, México. *Polibotánica*, (33):151-174.
- Guyénot, Emile. (1956). *Las ciencias de la vida en los siglos XVII y XVIII*. El concepto de Evolución. Biblioteca de Síntesis Histórica, Serie 111. Editorial U.T.E.H.A. México.
- Hagen, V. W. (1957). *Grandes Naturalistas en América. Sudamérica los llama*. Ciudad de México, México. Colección Mirador. (Traducción de Inglés por Teodoro Ortiz). Ed. Grijalbo, S. A. 478 pp.
- Hansen, A. A. (1921). The terminology of the ultimate vegetation. *Ecology*, 2: 125.
- Hanson, H. C. & Churchill E. D. (1961). *The plant community*. Reinhold Pub/. Corp. New York. Chapman & Hall Ltd. London. 218 pp.
- Harold, W. & Hocker, Jr. (1984). *Introducción a la Biología Forestal*. Agt editor, S. A. Primera edición en español. México. pp 125-142.
- Harper, J. L. (1960). *The Biology of Weeds*. British Ecological Society. Symposium del 1 al 4 de abril, 1959 (Oxford). El propio Harper es autor del trabajo: *Factors controlling plant numbers*: 119-132. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 256 pp.
- Harshberger, J. W. (1905). Suggestions towards a phytogeographical nomenclature. *Science*, 21: 78.
- Hartmann, M. (1960). *Introducción a la biología general; sus problemas filosóficos fundamentales*. México. UTEHA (Serie 4 WIO). 135 pp.

- Hastings, J. R. & Turner, R. M. (1965). *An ecological study of vegetation change with time in the lower mile of an arid and semiarid region*. Tucson, United States of America. University of Arizona Press. 317 pp.
- Hayek, A. (1926). *Allgemeine Pflanzengeographie*. Borntraeger, Berlín. (Fitogeografía General).
- Hernández, J., Aguirre, Ó. A., Alanís, E., Jiménez, J. & González, M. A. (2013). Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noroeste de México. *Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 19(3):189-199.
- Hernández-Salas, J., Aguirre-Calderón, Ó. A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Treviño-Garza, E. J., González-Tagle, M. A., Luján-Álvarez, C., Olivas-García, J.M. & Domínguez-Pereda, L. A. (2018). Dinámica del crecimiento de un bosque templado bajo manejo en el noroeste de México. *Madera y Bosques*, 24(2).
- Hernández-Pérez, D., De los Santos-Posadas, H. M., Ángeles Pérez, G., Valdez-Lazalde, J. R., & Volke-Haller, V. (2013). Sistema compatible de ahusamiento y volumen para *Pinus patula* Schdtl. et Cham. en Zacualtipán, Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4(16):34-45.
- Hernández, Xolocotzi, E., Crum, H., Fox, W. B., & Sharp, A. J. (1951). A unique vegetational area in Tamaulipas. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 458-463. Volume y el número de Boletín of the Torrey Botanical Club 78 (6): 458 – 463.
- Hernández-Xolocotzi, E. (1953). *Zonas fitogeográficas del Noroeste de México*. IV Centenario de la Universidad de México (1551 - 1951). Memoria del Congreso Científico Mexicano, 6:357-361.
- Hernández-Xolocotzi, E. (1960). Las ciencias naturales y el desarrollo social de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 21(1):1-9.
- Herrera, T. Ortega M. M. Godínez, J. L. & Butanda, A. (1998). *Breve historia de la botánica en México*. Ciudad de México, México. Fondo de Cultura Económica. 167 pp.
- Heslop-Harrison, J. (1964). Forty years of Genecology. *Advances in Ecological Research*, 2:159-224.

- Holdrige, L. B. (1947). Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science*, 105:367-368.
- Holdrige, L. B. (1967). *Life Zone Ecology*. Revista editada por Tropical Science Center. San José, Costa Rica. (100 placas o fotografías en blanco y negro y bibliografía selecta).
- Horn, H. S. 1976. In *Theoretical Ecology. Principles and applications*. Saunders, Philadelphia. (ed. R. M. May) pp: 187-204.
- Huerta, M. M. & Guerrero, S. (2004). *Ecología de Comunidades*. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.
- Hughell, D. A. (1997). *La optimización de inventarios forestales*. Proyecto BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia. Pp. 59.
- Hughes, J. D. (1981). *La ecología en las civilizaciones antiguas*. Ciudad de México, México. Fondo de Cultura Económica. Breviarios Num. 316. 271 pp.
- Huguet del V. E. (1929). *Geobotánica*. Ed. Labor. Barcelona, España. In Dansereau (1974), arriba citado, aparece en las pp. 128 y 129 (Tabla 1) el criterio de Huguet del Villar a seguir (1929), i.e. una clasificación ecológica, no geográfica, de los regímenes fisiológicos que caracterizan a los ecosistemas. Dansereau aclara que ha usado con ligeras modificaciones esta clásica aproximación en sus trabajos ecológicos sobre el Valle del San Lorenzo (Canadá), en Puerto Rico y en Las Azores. Tal clasificación de Del Villar reconoce 25 categorías, con su terminología no geográfica.
- Jardel-Peláez, E. & Sánchez-Velásquez, L. R. (1989). La sucesión forestal: fundamento ecológico de la silvicultura. *Ciencia y Desarrollo*, 14(84):33-43.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos* 113:363-375.
- Jiménez, J. (1990). *Aplicación de un modelo matemático para elaborar tablas y tarifas de volumen*. Un ejemplo con *Pinus pseudostrubus*. Reporte Científico No. 16. Facultad de Ciencias Forestales. Linares, Nuevo León. 48 pp.
- Jiménez, J., Aguirre, Ó. A. & Kramer, H. (2001). Análisis de la estructura horizontal y vertical en un ecosistema multicohortal de pino-

- encino en el norte de México. *Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales*, 10(2):355-366.
- Jiménez, J., Alanís, E., Ruiz, J. L., González, M. A., Yerena, J. I. & Alanís, G. J. (2012). Diversidad de la regeneración leñosa del matorral espinoso tamaulipeco con historial agrícola en el NE de México. *Ciencia UANL*, 15(2):66-71.
- Jurado, E., Estrada, E. & Moles, A. (2001). Characterizing plant attributes with particular emphasis on seeds in Tamaulipan thornscrub in semi-arid Mexico. *Journal of Arid Environments*, 48(3):309-321.
- Kent, M. (2011). Vegetation description and data analysis: a practical approach. John Wiley & Sons.
- Kershaw, K. A. (1964) *Quantitative and Dynamic Ecology*. Ltd. London. Edward Arnold Publishers, 183 pp.
- Klugh, B. A. (1923). A common system of classification in plant and animal ecology. *Ecology*, 4:366-377.
- Knapp, R. (1974) *Vegetation Dynamics*. In: Handbook of Vegetation Science. La Haya. (Tüxen, ed. in chief) Vol. VIII: 1-364. Dr. W. Junk b.v. - Publishers.
- Knobloch, I. W. (1963). Selected Botanical Papers. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, N. J. *Soil Science*, 96(5):363.
- Kormondy, E. J. (1965). *Readings in Ecology*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, J. *Ibidem*. 219 pp.
- Krebs, Ch. J. (1985). *Ecología*. Ciudad de México, México. Harla, Harper & Row Latinoamericana. 2a. ed. de la versión en inglés (1978). Harper & Row, N. Y. 753 pp.
- Küchler, A. W. (1950). *Natural Vegetation map*. In: "Goode's School Atlas". By J. Paul Goode and Edward B. Espenshade Jr. Rand McNally & Co. New York, 16-17 pp.
- Lamprecht, H. (1962). Ensayo sobre unos métodos para el análisis estructural de los bosques tropicales. *Acta Científica Venezolana*, 57-65 pp.
- Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas, posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*. Deutsche Gesellschaft für Technische

- Zusammenarbeit (GTZ). A. Carrillo (trad.). Rossdorf, Alemania. 335 p.
- Lande, R. (1996). Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos*, 76:5-13.
- Langman, I. K. (1964). *A selected guide to the literature on the flowering plants of Mexico*. Philadelphia, United States of America. University of Pennsylvania Press. 1015 pp.
- Leal, N. A., Alanís, E., Mata, J. M., Treviño, E. J. & Yerena, J. I. (2018). Composición y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco regenerado post-ganadería en el noreste de México. *Polibotánica*, 45:75-88.
- Lemon, P. C. (1962). *Field and Laboratory guide for Ecology*. Burgess Publ. Co. Minneapolis.
- Leopold, A. S. (1950). Vegetation zones of Mexico. *Ecology*, 31(4):507-518.
- Lincoln, R. J., Boxshall G. A. & Clark, P. F. (1995). *Diccionario de Ecología, evolución y taxonomía*. Fondo de Cultura Económica. México. 488 pp.
- Linton, D. L. (1951). *Vegetation*. In: Oxford Atlas, Oxford University Press. London.
- López-Hernández, J. A., Aguirre-Calderón, Ó. A., Alanís-Rodríguez, E., Monarrez-González, J. C., González-Tagle, M. A. & Jiménez-Pérez, J. (2017). Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera y Bosques*, 23(1):39-51.
- MA (2010). *Guía de evaluación de la flora silvestre*. Ministerio de Ambiente. Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales. Lima, Perú. 49 pp.
- MacArthur, R. H. & Wilson, E. O. (1967). *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press. New Jersey. 203 pp.
- Mackenzie, A., Ball, A. & Virdee, S. (1998). *Instant notes in ecology*. Bios Scientific Publishers. New York. USA. 84-85 pp.
- MacMahon, J. & Wieboldt, T. F. (1978). *Applying biogeographic principles to resource management: a case study evaluating Holdridge's life zone*

- model*. Great Basin Naturalist Memoirs Num. 2:245-257. A Symposium on "Intermountain Biogeography".
- Magurran, A. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. New Jersey. 179 p.
- Major, J. (1988). *Endemism: a botanical perspective*. In.: Myers, A. A. & Giller P. S. (eds.). *Analytical Biogeography*. Chapter 5. Chapman & Hall Ltd. London. New York.
- Malleux, J. (1982). *Inventarios forestales en bosques tropicales*. UNAM.
- Manual de Campo del Inventario Forestal Nacional de Guatemala* (2004). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Departamento de Montes. Guatemala, Guatemala. 89 pp.
- Margalef, R. (1968). *Perspectives in Ecological Theory*. University of Chicago Press.
- Margalef, R. (1974). *Ecología*. Barcelona, España. Ed. Omega.
- Marroquín-Castillo, J. J., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Aguirre-Calderón, Ó. A., Mata-Balderas, J. M., Rubio-Camacho, E. A. & Chávez-Costa, A. C. (2017). Composición florística y diversidad de un área restaurada post-minería en el matorral espinoso tamaulipeco. *Acta Botanica Mexicana*, 120:7-20.
- Martínez-Ojeda, E. & Morello, J. (1977). *El medio físico y las unidades fisonómico florísticas del Bolsón de Mapimí*. Reserva de la Biosfera de Mapimí. INIREB, A. C. Publicación Num. 3 del Instituto de Ecología, A. C. México. 3-63 pp.
- Mata-Balderas, J. M., Treviño-Garza, E. J., Jiménez-Pérez, J., Aguirre-Calderón, Ó. A., Alanís-Rodríguez, E. & Foroughbakhch-Pournavab, R. (2014). Prácticas de rehabilitación en un ecosistema semi-árido, afectado por el establecimiento de un banco de material, en el noreste de México. *CienciaUAT*, 8(2)32-43.
- Mata-Balderas, J. M., Treviño-Garza, E. J., Alanís-Rodríguez, E., Chávez-Costa, A. C., Rubio-Camacho, E. A., Mora-Olivo A. & Martínez-Ávalos J. G. (2018). Structure and diversity of *Larrea tridentata* (dc.) Coville, microphyllus desert scrub in northeast Mexico. *Interciencia*, 43(6):449-454.

- May, R. M. (1976) (ed.). *Theoretical Ecology. Principles and Applications*. W. B. Saunders Co. Phil.
- Mayr, E. (1997). *This is biology: The science of the living world*. University Press.
- McRoberts, R. E., Tomppo, E. O., & Czaplewski, R. L. (1992). *Diseños de muestreo de las evaluaciones forestales nacionales*. Antología de conocimiento para la evaluación de los recursos forestales nacionales. FAO. Roma, Italia.
- Medellín-Leal, F. (1982). *The Chihuahuan Desert*. In: Bender, G. L. (ed). Reference handbook on the deserts of North America, 6:321-381. West Port. Greenwood Press.
- Méndez, C., Mora, C.A., Alanís, E., Jiménez J., Aguirre Calderón, O.A., Treviño E.J. & Pequeño, M.A. (2018). Phytodiversity and structure of a pine-oak forest in the Sierra Madre del Sur, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(50).
- Merriam, C. H. (1892). The geographic distribution of life in North America. *Proceedings of the Biological Society Washington*, (7):1-64.
- Merriam, C. H. (1910). *Life Zones of North America*. A map in Carpenter (1938): Apéndice VI en papel transparente, blanco y negro. Tres regiones (Boreal, Austral y Tropical). Incluye desde el polo norte hasta Panamá inclusive, las Antillas mayores e Islas Bahamas. Punto de vista: la fauna.
- Miles, J. (1979). *Vegetation Dynamics*. 'Outline Studies in Ecology' (Dunnet, G. M. & Ch. H. Gimingham, eds.). Chapman & Hall. London. A Halsted Press Book. J. Wiley & Sons. N.Y. 80 pp.
- Miranda, F. & Hernández, E. (1963). Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (28):29-179.
- Miranda, F. (1947). Estudios sobre la vegetación de México. V. Rasgos de la vegetación en la cuenca del río de las Balsas. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 8:95-114.
- Miranda, F. (1955). *Formas de vida vegetales y el problema de la delimitación de las zonas áridas de México*. In: Mesas redondas sobre los problemas de las zonas áridas de México. Ed. Inst. Mex. RR NN Renovables, A.C. (IMERNAR). México: pp. 85-119.

- Miranda, F. (1959). Posible significación del porcentaje de géneros bicontinentales en América tropical. *Anales del Instituto de Biología*, 30:117-150.
- Molina, V. M., Cervantes, J. M., Soto, B., Alanís, E., Marroquín-Castillo, J. J. & Sarmiento, T. I. (2017). Composición y estructura del matorral desértico rosetófilo del sureste de Coahuila, México. *Polibotánica*, 44:67-77.
- Molina, V. M., Rechy, L., Alcalá, A., Marín, D. & Alanís, E. (2014). Composición y diversidad vegetal del matorral mediano subinermite del noreste de México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1(5):111-119.
- Moorehead, A. (1969). *Darwin and the Beagle*. Harper & Row, Publ. New York & Evanston. 280 pp.
- Mora, C. A., Alanís, E., Jiménez, J., González, M. A., Yerena, J. I., Cuellar L. G. (2013). Estructura, composición florística y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Ecología Aplicada*, 12(1):29-34.
- Mora-Olivo, A., Alanís-Rodríguez, E., Marroquín-Castillo, J. J., Sarmiento-Muñoz, T. I., Martínez-Ávalos, J. G., Garza-Ocañas, F. & Torres-Castillo, J. A. (2016). Structure and diversity of a submontane scrub Community in Tamaulipas, Mexico. *Interciencia*, 41(11):769-773.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. MT Manuales y Tesis Sociedad Entomológica aragonesa (SEA). Zaragoza, España.
- Moreno-Casasola, P. & López H. (2009). *Muestreo y análisis de la vegetación de humedales*. Pp 316. En: Moreno-Casasola, P. & Warner, B. (Eds.), Breviario para describir, observar y manejar humedales. Serie Costa Sutable No 1. Ramsar, Instituto de Ecología A.C., CONANP, US Fish and Wildlife Service, US State Department. Xalapa, Veracruz 406 pp.
- Morrone, J. J. (2001). *Sistemática, Biogeografía, Evolución*. Los patrones de la biodiversidad en tiempo-espacio. U.N.A.M. Las Prensas de Ciencias. 124 pp.
- Morton, A. G. (1981). *History of Botanical Science*. An account of the development of Botany from ancient times to the present day. Acad. Press. London, N. Y., Toronto. 474 pp.

- Mosquin, Th. (1971). Evolutionary aspects of endemisms. *Le Naturaliste Canadien*, 98: 121 -130.
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. BOLFOP; Santa Cruz, Bolivia. 87 pp.
- Mueller-Dombois, D. & Ellenberg, H. (1974). *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley & Sons. New York. 547 pp.
- Muñoz-Flores, H. J., Velarde, R. J. C., García, M. J. J., Sáenz, R. J. T., Olvera, D. E. H., & Hernández, R. J. (2012). Predicción de volúmenes de fuste total para plantaciones de *Pinus greggii* Engelm. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 3(14):10-22.
- Myers, A. & Giller, P. S. (1988). *Analytical Biogeography. An integrated approach to the study of animal and plant distributions*. Quaternary events pp. 424-427.
- Nelson, G. (1978). From Candolle to Croizat: Comments on the History of Biogeography. *Journal of the History of Biology*, 11(2):269-305.
- Nichols, G. E. (1917). The interpretation of certain terms and concepts in the ecological classification of plant communities. *Plant World*, 20:305-319;341-353.
- Nichols, G. E. (1923). A working basis for the ecological classification of plant communities. *Ecology*, 4:11-23;154-179.
- Odum, E. P. (1959). *Fundamentals of Ecology*. 2d. ed. W. B. Saunders. Phil. 546 pp.
- Oosting, H. J. (1951). *Ecología vegetal*. Aguilar, S. A. de Ediciones. 436 pp.
- Oriol de Bolós. (1956). *Geografía Botánica*. Enciclopedia Labor t3: 111 (La Vida): 365-392.
- Ortíz, E. & Quirós, D. (2001). *Planificación de inventarios forestales*. En: Louman, B. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central (Vol. 46). CATIE.
- Padilla, J. M. (2013). *Tamaño de sitio de muestreo para inventarios forestales en una selva baja caducifolia de la costa de Jalisco*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. 42 pp.

- Papavero, N. & Llorente-Bousquets J. (1996). *Principia taxonómica. Una introducción a los fundamentos lógicos, filosóficos y metodológicos de las escuelas de taxonomía biológica*. Tomo VII. La taxonomía evolutiva. México (Facultad de Ciencias, UNAM): 182 pp.
- Patiño, A. M., Alanís, E., Molina, V. M., González, H., Jurado, E. & Aguirre, Ó. A. En prensa. Almacenamiento de carbono en la Reserva Ecológica de Ternium, Pesquería. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*.
- Pequeño, T. (2005). *Monitoreo básico de la diversidad biológica en áreas naturales protegidas*. Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Recursos Naturales. Lima, Perú. pp. 147.
- Pérez-Rodríguez, P. M. (2005). *Introducción a la Biogeografía*. Univ. Chapingo. 237 pp.
- Phillips, E. A. (1959). *Methods of vegetation study*. Holt-Dryden, Henry Holt N. Y. 107 pp.
- Phillipson, J. (1971). *Methods of Study in Quantitative Soil Ecology: population, production and energy flow*. International Biological Programme IBP. Handbook Num. 18. Blackwell Scientific Publications. Oxford and Edinburgh. 297 pp.
- Pianka, E. R. (1970). On r- and K- selection. *American Naturalist*, 104: 592- 597.
- Pickering, C. (1830). On the geographical distribution of plants. *Transactions of the American Philosophical Society*, 37:274-284.
- Pielou, C. (1969). *An Introduction to mathematical ecology*. John Wiley, New York.
- Pielou, E. C. (1975). *Ecological diversity*. John Wiley, New York.
- Pielou, E. C. (1979). *Biogeography*. John Wiley & Sons. New York. 351 pp.
- Piñero, D. (1976). La distribución de las plantas en el espacio y su importancia en los estudios de ecología vegetal. *Revista Biología*, 6(1-4):19-25, México.
- PMC (Programa Mexicano del Carbono) (2011). *Manual de Campo para el Inventario Estatal Cuantitativo*. Coordinación de Fernando Paz; con la colaboración Marcos Casiano, Carlos Omar Cruz, Jesús Argumedo, Ben de Jong, y Rafael Flores. México, D.F., 129 pp.

- Polunin, Nicolas. (1960). *Introduction to Plant geography*. McGraw-Hill. N. York. 640 pp.
- Pompa-García, M., Corral-Rivas, J. J., Hernández-Díaz, J. C., & Álvarez-González, J. G. (2009). A system for calculating the merchantable volume of oak trees in the northwest of the state of Chihuahua, Mexico. *Journal of Forest Research*, 20(4):293-300.
- Poole, R. (1974). *An Introduction to Quantitative Ecology*. McGraw-Hill. Tokyo.
- Poore, M. E. D. (1955). The use of phytosociological methods in ecological investigations: III. Practical application. *Journal of Ecology*, 43(2):606-651.
- Pretzsch, H. (2009). *Forest dynamics, growth, and yield*. In *Forest dynamics, growth and yield* (pp. 1-39). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Protección Civil. (2018). Secretaría de Protección Civil del estado de Veracruz. http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/swbcalendario_ElementoSeccion/724/RE-COM..._TEMP._VACACIONAL_VERANO.PDF
- Rabinovich, J. & Halffter, G. (1979). *Tópicos de Ecología contemporánea*. Serie de obras de Ciencia y Tecnología. 1a. ed.; 1a. Reimpr. 1984. Fondo de Cultura Económica. 190 pp.
- Ramírez, A. (2006). *Ecología: métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Rascón-Ayala, J. M., Alanís-Rodríguez, E., Mora-Olivo, A., Buendía-Rodríguez, E., Sanchez-Castillo, L. & Silva-García J. E. (2018). Differences in vegetation structure and diversity of a forest in an altitudinal gradient of the Sierra La Laguna Biosphere Reserve, Mexico. *Botanical Science*, 96(4):598-608.
- Raunkiaer C. 1934. *The life forms of plants and statistical plant geography*. Clarendon Press. Oxford. 632 pp.
- Raunkiaer, C. (1916). "Raunkiaer's life-forms, leaf-size classes and statistical methods", by G. D. Fuller and A. L. Bakke. *Plant World*, 21: 61. (fide Klugh 1923: 377).
- Raup, H. M. (1975). Species versatility in shore habitats. *Journal of the Arnold Arboretum*, 56(1):126-163.

- Raven, P. H., & Axelrod, D. I. (1972). Plate tectonics and Australasian paleobiogeography. *Science*, 176(4042):1379-1386.
- Raven, P. H., & Axelrod, D. I. (1974). Angiosperm Biogeography and past continental movements. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 61(3):539-673.
- Raven, P. H., & Axelrod, D. I. (1975). History of the flora and fauna of Latin America. *American Scientist*, 63(4):420-429.
- Ribichich, A. M., & de Casenave, J. L. (1998). La ecología en Argentina: ¿Qué y cómo investigan los ecólogos argentinos? Mitos y realidades entre el atraso y el desarrollo. *Interciencia*, 23(5), 280-285.
- Richards, P. W., Tansley, A. G., & Watt, A. S. (1940). The recording of structure, life form and flora of tropical forest communities as a basis for their classification. *Journal of Ecology*, 28(1):224-239.
- Rioduero. (1975). *Diccionarios Rioduero. Ecología*. Madrid, España. EDICA. 209 pp.
- Rioja, E. (1987). Algunos conceptos ecológicos de interés para el sociólogo y el economista. Seminario de problemas científicos y filosóficos. U.N.A.M. (Coordinación de Humanidades) Colección, Cuaderno Num. 7:115-150. 1a. ed. (1958). México.
- Rivas-Martínez, S., Sánchez- Mata, D. & Costa, M. (1999). Syntaxonomical synopsis of the potential natural plant communities of North America. *Ilinera Geobotánica*, 12:5-316.
- Roig, F. A., & Roig, V. G. (1969). Nuevos datos sobre la corriente florística chaqueña en Mendoza y observaciones sobre *Aspidosperma quebrachoblanco* en el límite sudoeste de su dispersión. *Revista de la Facultad Ciencias Agrarias*, 15, 46-52.
- Rojas, M. (2015). Tipos de Investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. RED-VET. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 16(1), 1-14.
- Rojas-García, F., & Villers-Ruíz, L. (2008). Estimación de la biomasa forestal del Parque Nacional Malinche Tlaxcala-Puebla. *Ciencia Forestal en México*, 33(104), 59-86.
- Romahn, C. F. & Ramírez, H. (2010). *Dendrometría*. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. Pp. 294.

- Rübel, E. (1933). *Geographie der Pflanzen (Soziologie) en Handwörterbuch Naturwiss.* Jena.
- Ryan, R. Mark. (1963). The Biotic Provinces of Central America. As indicated by Mammalian Distribution. *Acta Zoológica Mexicana* 6(2-3).
- Rzedowski, J. (1956). Notas sobre la flora y la vegetación del estado de San Luis Potosí. III. Vegetación de la región de Guadalcázar. In *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México* (Vol. 27, pp. 169-228).
- Rzedowski, J. (1962). Contribuciones a la fitogeografía florística e histórica de México. I. Algunas consideraciones acerca del elemento endémico en la flora mexicana. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 27:52-65.
- Rzedowski, J. (1965). Relaciones geográficas y posibles orígenes de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 29:121-177.
- Rzedowski, J. (1972). Contribuciones a la fitogeografía florística de México. II. Afinidades geográficas de la flora fanerogámica de diferentes regiones de la República Mexicana. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, 19:45-48.
- Rzedowski, J. (1973). *Relaciones geográficas de la flora de regiones secas mexicanas*. In: Alan Graham (ed.) "Vegetation and Vegetational History of Northern Latin America". Amsterdam. Chapter 3:61-72. Elsevier Scientific Company.
- Rzedowski, J. (1975). An ecological and phytogeographical analysis of the grasslands of Mexico. *Taxon*, 24(1):67-80.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. Limusa. México. 432 pp.
- Rzedowski, J. (1981). Un siglo de la botánica en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (40):1-14.
- Rzedowski, J. (1991a). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botanica Mexicana*, 14:3-21.
- Rzedowski, J. (1991b). El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. *Acta Botanica Mexicana*, 15:47-64.
- Rzedowski, J., de Rzedowski, G. C., & Butanda, A. (2009). Los principales colectores de plantas activos en México entre 1700 y 1930.

- Instituto de Ecología, AC, Centro Regional del Bajío y CONABIO. Pátzcuaro, Mich. 133 pp.
- Sarukhán, K. J. (1968). *Análisis sinecológico de las selvas de Terminalia amazonia en la planicie costera del Golfo de México*. Colegio de Postgraduados. Tesis de Maestría. Chapingo. 300 p.
- Schimper, A. F. W. (1898). *Pflanzen-geographie auf physiologischer Grundlage*. G. Fischer, Jena, Germany.
- Schimper, A. F. W. (1903). *Plant- Geography upon a physiological basis*. Translation by W. R. Fisher and rev. and ed. by Percy Groom & / B. Balfour. Clarendon Press, Oxford. 83 (según Carpenter 1938: 300).
- Schouw, J. F. (1823). *Grundzüge einer allgemeinen Pflanzengeographie*. Citado por Klugh (1923) i.e. un siglo más tarde, reconoce que Schouw propuso usar el sufijo -*etum* al nombre de una agrupación de plantas dominada por una especie.
- Scater, P. L. (1858). On the general geographical distribution of the members of the class Aves. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 2:130-145.
- SECF (2018). Sociedad Española de Ciencias Forestales. *Glosario Técnico Forestal*. <http://secforestales.org/content/glosario-tecnico-forestal>. Consultado el 18 de octubre de 2018.
- Shannon, C. (1948). *The mathematical theory of communication*. En C. E. Shannon; W. Weaver (Ed). Univ. of Illinois. Press 134-154.
- Shelford, V. E. (1963). *The Ecology of Nort. America*. Univ- Illinois Press. Urbana. 610 pp.
- Shreve, F. (1914). Direct effects of rainfall on hygrophilous vegetation. *Journal of Ecology*, 11:82-92.
- Shreve, F. (1936). The plant life of the Sonoran Desert. *The Scientific Monthly*, 42(3):195-213.
- Shreve, F. (1944). Rainfall of Northern Mexico. *Ecology*, 25(1):105-111.
- Shugart, H. H. & West, D. C. (1981). Long-term Dynamics of Forest Ecosystems. *American Naturalist* 89(6):647-657.
- Silva, J. E., Aguirre, Ó. A., Alanís, E. & González, M. A. (2018). Volume equations for *Prosopis articulata* S. Watson and *Lysiloma rticulata* y *divaricata* (Jacq.) J. F. Macbr. in northwestern Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(50).

- Silva-Arredondo, F. M., & Návar-Cháidez, J. D. J. (2009). Estimación de factores de expansión de carbono en comunidades forestales templadas del norte de Durango, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 15(2):155-163.
- Simpson, E. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163, 688 p.
- Singer, Ch. (1947). *Historia de la Biología*. Espasa-Calpe, Argentina. Buenos Aires. 549 pp.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) – Programa REDD-CCAD-GIZ. (2014). *Manual de campo para el inventario forestal nacional de Costa Rica: Diseño de parcela y medición de variables de sitio y dasométricas*. Preparado por Jorge Fallas – consultor para el Programa Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal en Centroamérica y la República Dominicana (REDD/CCAD/GIZ). San José, Costa Rica. 74 pp.
- Smith, R. L. (1966). *Ecology and Field Biology*. Harper & Row, Publ. N. Y. and London. pp 686.
- Smith, R. L. (1980). *Ecology and Field Biology*. 3ra. ed. New York, EE. UU. 695 pp.
- Solís-Moreno, R., Aguirre-Calderón, Ó. A., Treviño-Garza, E. J., Jiménez-Pérez, J., Jurado-Ybarra, E., & Corral-Rivas, J. (2006). Efecto de dos tratamientos silvícolas en la estructura de ecosistemas forestales en Durango, México. *Madera y Bosques*, 12(2):49-64.
- Sol-Sánchez, Á., Sánchez-Gutiérrez, F., Hernández-Melchor, G. I., Cornelio, L. F. Z., Gómez, O. S., Rivera, C., & Toruño, P. J. (2015). Volumen maderable de mangle negro (*Avicennia germinans* L.) impactado por herbivoría de *Anacamptodes* sp en Cárdenas Tabasco. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 1(1):115-133.
- Soviet Atlas. (1954). *Map of the world vegetation*. Moscow, 4 sheets. (fide Dansereau 1957: 352).
- Spedding, C. R. W. (1971). *Grassland Ecology*. Oxford at the Clarendon Press. 221. pp,
- Staffeu, F. A. (1970). Benjamin Delessert and Antoine Lasègne. *Taxon* 19 (1): 114-122. (Karl Geobel´s Organography).

- Standley, P. C. (1936). Las relaciones geográficas de la flora mexicana. *Anales del Instituto de Biología*, 7:9-16.
- Steere, W. C. (1958). *Fifty Years of Botany*. McGraw-Hill Book. New York. 360 pp.
- Stoddart, L. A., Smith, A. D. & Bax, T. W. (1975). *Range Management*. 3d. ed. McGraw-Hill Series in Forest Resources. 532 pp.
- Sutton, D. B. & Harmon, N. P. (2012). *Fundamentos de Ecología*. Limusa. Méx. 293 pp.
- Tam, J., Vera, G. & Oliveros R. (2008). Tipos, métodos y estrategias de investigación. *Pensamiento y Acción*, 5:145-154.
- Tansley, A. G. & Chipp, T. F. (1926). *Aims and Methods in the study of Vegetation*. British Empire Vegetation Committee.
- Tansley, A. G. (1920). The classification of vegetation and the concept of development. *Journal of Ecology* 8:118.
- Tansley, A. G. (1935). The use and abuse of vegetational concepts/terms. *Ecology* 16:284-307.
- Telles, R., Gómez, M., Alanís, E., Aguirre, O.A. & Jiménez, J. (2018). Ajuste y selección de modelos matemáticos para predecir el volumen fustal para *Tectona grandis* L. f. en Nuevo Urecho, Michoacán, México. *Madera y Bosques*, 24(3).
- Thienemann, A. (1939). *Grundzüge einer allgemeinen Oekologie*. Arch. Hydrobiol. 35:267-285. (fide Odum, Eugene P. 1959; Repr. 1967: Fundamentals of Ecology p. 520); En español 3a. ed. 1972: 611, de la Saunders Co. 1971. Philadelphia.
- Thieret, J. W. (1971). Quadrat study of a bottomland forest in St. Martin Parish, Louisiana. *Castanea*, 36:174-181.
- Thompson, J. & Shay, M. 1989. First-year response of a phragmites marsh community to seasonal burning. *Canadian Journal of Botany*, 67(5):1448-1452.
- Thornbury, W. D. (1960). *Principios de Geomorfología*. Ed. Kapelus. Buenos Aires. 627 pp. (de la original en Inglés: John Wiley & Sons, Inc. New York. 1954; 4a. reimpr. de 1958).
- Tivy, J. (1971). *Biogeography. A study of plants in the Ecosphere*. Oliver & Boyd. 394 pp.

- Tosi Jr. Joseph A. (1960). *Zonas de vida natural en el Perú. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico del Perú*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Zona Andina. Proyecto 39, Programa de Cooperación Técnica (con Apéndice 'B' por L. R. Holdridge). Boletín técnico Num. 5. OEA. 257 pp. + Apéndices A y B + 78 fotos en blanco y negro.
- Transeau, E. N. (1908). The relation of plant societies to evaporation. *Botanical Gazette*, 45: 217 (*fide Klugh*).
- Trejo, I. (1998). *Distribución y diversidad de selvas bajas de México: relaciones con el clima y el suelo*. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 210 pp.
- Turesson, G. (1922). The species and the variety as ecological units. *Hereditas*, 3(1):100-113.
- Turesson, G. (1923). The scope and import of genecology. *Hereditas*, 4(1-2):171-176.
- Tüxen, R. (1974) (ed. in Chief). *Handbook of Vegetation Science*. Part VIII. Dr. W. Junk b.v. Publishers. La Haya.
- Udvardy, M. D. F. (1969). *Dynamic Zoogeography, with special reference to land animals*. Van Nostrand Reinhold Co. New York. 445 pp.
- UNESCO. (1955). *Plant Ecology*. Proceedings of the Montpellier Symposium: Ecologie végétal. París. Actes du Colloque de Montpellier.
- Uranga-Valencia, L. P., los Santos-Posadas, D., Héctor, M., Valdez-Lazalde, J. R., López-Upton, J., & Navarro-Garza, H. (2015). Volumen total y ahusamiento para *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. en tres condiciones de bosque. *Agrociencia*, 49(7):787-801.
- Valdéz-Taméz, Vicente & Aguilar-Enríquez Ma. de L. (1983). El género *Quercus* en las unidades fisonómico-florísticas del Municipio de Santiago, Nuevo León, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Subsecretaría Forestal, Boletín técnico Num. 98. México. 94 pp.
- Van der Maarel, E. (1980). *Succession. Advances in vegetation Science. Vegetatio*, 43:(1-2).
- Van der Pijl, L. (1972). *Principles of dispersal in higher plants*. 2d. ed. Springer-Verlag. New York. Heidelberg. Berlín. 162 pp.

- Van-Laar, A., & Akça, A. (2007). *Forest mensuration* (Vol. 13). Springer Science & Business Media.
- Vargas-Larreta, B. (2006). *Analyse und prognose des einzelbaumwachstums in strukturreichen mischbeständen in Durango, Mexiko*. Göttingen, Germany: Sierke Verlag.
- Vargas-Larreta, B., Corral-Rivas, J. J., Aguirre-Calderón, Ó. A., López-Martínez, J. O., De los Santos-Posadas, H. M., Zamudio-Sánchez, F. J., Treviño-Garza, E.J., Martínez-Salvador, M. & Aguirre-Calderón, C. G. (2017). SiBiFor: Forest Biometric System for forest management in Mexico. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 23(3).
- Varios. (1971). *Evolución por selección natural, especies y poblaciones*. Curso básico de Ciencias. Unidades 19 y 20. McGraw-Hill Latinoamericana. (Ed. en Español 1974). Colón, Panamá. 98 pp. Edición inglesa Open University Press. Bletchley, Bucks, Inglaterra.
- Vásquez-Torre, A. M. G. (1993). *Ecología y formación ambiental*. McGraw-Hill. México. 303 pp.
- Vernadsky, W. I. (1944). *Problems in Biogeochemistry*. II. Tr. Connect. Acadm. Arts, Sc., 35: 493-494. (In: Odum, E. 1959. *Fundamentals of Ecology*. Reim. 1967. p. 521. Saunders Co. Philadelphia).
- Villalón-Mendoza, H., Carrillo-Parra A. & Soto-Ramos, J. M. (1991). Comparación de dos longitudes de líneas de muestreo para estimar cobertura en el matorral tamaulipeco mediante el método de puntos modificado. *Reporte Científico* N° 23 Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L. Linares, México. 20 pp.
- von Faber, F. C. (1935). Su revisión del libro de Schimper citado (1898), 3a. ed.: "Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage" Jena, 876 pp. + 502 figs, 67 pl., 4 maps, was published in 1935 (2 vols.). Esta información según Langman (1964: 679).
- von Hagen, V. W. (1957). *Grandes Naturalistas en América*. Sudamérica los llamaba. Colección "Mirador" (Trad. del Inglés por Teodoro Ortiz). Ed. Grijalbo. México. 478 pp.
- Warming, E. (1895). *Plantensamfund; Grundtræk auf den økologiske plantegeografi*. Kjoenhaven. German transl. by Knoblauch, 1896. *Lehrbuch der økologischen Pflanzengeographie*. English trans. by

- Percy Groom, 1909 and Isaac Balfour: *Oecology of Plants, an introduction to the study of plant communities*. Oxford, Clarendon Press. England.
- Weaver, J. E. & Clements, F. E. (1938). *Plant Ecology*. 2d. ed. McGraw-Hill. New York. Ed. en español por Editorial Diana (1951) México. 667 pp. y de ACME Agency. Buenos Aires, abril de 1944.
- Wegener, A. (1912). *Pettermans geogr. Mittl.* 58 (185): 253, 305 [Según R. Margalef, 1974, pp 291 y 292; ficha bibl. 125, p. 314 en capítulo "Biogeografía Histórica"].
- Wegener, A. (1924). *The origin of continents and oceans* [transl. from 3rd. german ed.]. Methuen.
- Westhoff, V. & Van der Maarel E. (1973). *The Braun-Blanquet Approach*, in R. H. Whittaker "Ordination and classification of Communities" Cap. 20: 617-626. En el libro (Tüxen, R. ed. in chief) "Handbook of Vegetation Science" Part V. Dr. W. Junk Publishers. La Haya.
- Whittaker, R. H. (1965). Dominance and Diversity in land plant communities. *Science*, 147:250-260.
- Whittaker, R. H. (1969). New concepts of kingdoms of organisms. *Science*, 163(3863):150-160.
- Whittaker, R. H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21(2/3):213-251.
- Whittaker, R. H. (1973). *Ordination and Classification of communities*. Series of Books "Handbook of Vegetation Science" (R.Tüxen, ed. in chief) Part V. Serie de 18 partes/libros.
- Whittaker, R. H. (1974). *Climax concepts and recognition*. Capítulo 13 del subtítulo E: "Classification of succession and of their terminal stages" . In: "Vegetation Dynamics" (R. Knapp, ed.): 137 -154. Book: "Handbook...etc., Part VIII. Dr. W. Junk b.v. - Pub/. La Haya.
- Whittaker, R. H. (1975). *Communities and Ecosystems*. The MacMillan Company.
- Whittaker, R.H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21:213-251.
- Wulff, E. V. (1950). *An introduction to Historical Plant Geography*. Chronica Botanica, Waltham, Mass. 223 pp. (Transl. by Elizabeth Brisenenden).



Muestreo ecológico de la vegetación, de Eduardo Alanís Rodríguez, Arturo Mora Olivo, Jorge S. Marroquín de la Fuente terminó de imprimirse en febrero de 2020, en los talleres de SEPRIM. En su composición se utilizaron los tipos NewBskvll BT 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15 y 48. El cuidado de la edición estuvo a cargo de los autores. Formato interior y diseño de portada de Claudio Tamez.

