

# LA FITODIVERSIDAD Y SUS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN UN GRADIENTE NATURAL-URBANO DE UNA CUENCA PERIURBANA A LA CIUDAD DE MÉXICO

Luis López-Mathamba<sup>1</sup>, Víctor Ávila-Akerberg<sup>1\*</sup>, Denisse Varo-Rodríguez<sup>1</sup>, Rubén Rosaliano-Evaristo<sup>1</sup>, Humberto Thomé-Ortiz<sup>1</sup>, Gabino Nava-Bernal<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales. Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100, Centro, C.P. 50000 Toluca de Lerdo, México.

\*Correo: vdavilaa@uaemex.mx

## RESUMEN

La cuenca presa de Guadalupe (GPG) se ubica en la región centro-sur de México, es un área favorecida por la presencia de fitodiversidad y de servicios ecosistémicos (SE), porque en ella convergen dos regiones biogeográficas, es periurbana a la Ciudad de México y todavía es posible encontrar hablantes de 14 idiomas originarios mexicanos, lo que favorece el mantenimiento y generación de conocimiento ecológico tradicional. En esta investigación se documentaron los SE y la fitodiversidad nativa y exótica que los brinda. La CPG se dividió en tres zonas para conocer la distribución de la fitodiversidad y de los SE, de acuerdo con la densidad poblacional y uso del suelo. A través de trabajo de campo en sitios de muestreo de bosque, tierras agrícolas y jardines de casas rurales y urbanas, así como entrevistas a actores locales y revisión de literatura, se pudo obtener un inventario de 977 plantas y 200 SE. Los resultados sobre la fitodiversidad muestran que en la zona natural (32% del área) se identificaron 694 plantas (424 nativas, 211 endémicas y 59 exóticas), en la zona rural (31%) se documentaron 331 plantas (114 nativas, 35 endémicas y 182 exóticas) y en la zona urbana (37%) se registraron 216 plantas (63 nativas, 19 endémicas y 134 exóticas). De igual forma, los resultados sobre los SE muestran que la zona natural tiene 61 SE, clasificados en seis categorías y brindados por 231 plantas; la zona rural tiene 166 SE, clasificados en ocho categorías y brindados por 321 plantas; y la zona urbana tiene 45 SE, clasificados en siete categorías y brindados por 215 plantas. Este es el primer estudio que muestra la fitodiversidad de una cuenca periurbana contrastando la riqueza y provisión de SE en un gradiente natural-rural-urbano, dentro de y cercano a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

**PALABRAS CLAVE:** Fitodiversidad, servicios ecosistémicos, usos de las plantas.

## PHYTODIVERSITY AND ITS ECOSYSTEM SERVICES IN A NATURAL-RURAL-URBAN GRADIENT IN A PERIURBAN WATERSHED OF MEXICO CITY

### ABSTRACT

The Guadalupe dam watershed (GDW) is located in the central-southern region of Mexico, in an area favored by the presence of phytodiversity and ecosystem services (ES), because two biogeographical regions converge here, it is peri-urban to Mexico City and it is still possible to find speakers from 14 Mexican ethnic languages, which favors the maintenance and generation of traditional ecological knowledge. This research documents the ES and

the native and exotic phytodiversity that provides them. The GDW was divided into three zones to know the spatial distribution of phytodiversity and ES, considering population density and land use. Through field work in forest sampling sites, agricultural lands and gardens of rural and urban houses, as well as interviews with local stakeholders and literature review, it was possible to recognize the presence of 977 plants and 200 ES. The results on the phytodiversity show that in the natural zone (32% of the area), 694 plants were identified (424 native, 211 endemic and 59 exotic), in the rural area (31%) 331 plants were identified (114 native, 35 endemic and 182 exotic) and in the urban area (37%) 216 plants were identified (63 native, 19 endemic and 134 exotic). Similarly, the results on the ES show that the natural zone has 61 ES, classified into six categories and provided by 231 plants; the rural area had 166 ES, classified into eight categories and provided by 321 plants; the urban area had 45 ES, classified into seven categories and provided by 215 plants. This is the first study that shows the phytodiversity of a peri-urban watershed that contrasts plant richness and ES provision in a natural-rural-urban gradient, inside of and close to the Metropolitan Area of Mexico City.

**KEYWORDS:** Ecosystem services, phytodiversity, uses of plants.

## INTRODUCCIÓN

México es uno de los países con mayor diversidad cultural (Camou-Guerrero *et al.*, 2016). Se han identificado 68 grupos étnicos y 364 variantes de éstos, los cuales tienen conocimiento sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (SE) que brinda (SEMARNAT, 2017). Esto ha permitido el mantenimiento y conservación de áreas naturales, porque la identidad cultural de estos pueblos tiene relación con la naturaleza, la cual se ha transformado en conocimiento que se puede transmitir a través de 291 variantes lingüísticas (SEMARNAT, 2017), de generación en generación. En la zona centro-sur de México (Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo, Morelos, Puebla, Querétaro y Tlaxcala) existen hablantes de 14 grupos étnicos (chocho, matlatzinca, maya, mazahua, mazateco, mixe, mixteco, náhuatl, otomí, purépecha, tlahuica, tlapaneco, totonaco y zapoteco). En el Estado de México existen cinco grupos étnicos (matlatzinca, mazahua, náhuatl, otomí y tlahuica) y entre los municipios que forman la cuenca de la presa de Guadalupe (CPG) existen ascendentes de los grupos otomí y náhuatl (Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, 2006).

El conocimiento ecológico tradicional (TEK, por sus siglas en inglés; Traditional Ecological Knowledge), generado al interior de los grupos étnicos, y las comunidades rurales es acumulativo y dinámico, como una expresión de la acumulación de experiencias históricas para adaptarse a cambios sociales, económicos, ambientales, espirituales y políticos (Inglis, 1993; Brockman *et al.*, 1997). El TEK puede diferir entre comunidades, género, edad, estatus social, nivel educativo y de las formas de entendimiento de la realidad (Brockman *et al.*, 1997), por lo que un área que puede ser diferenciada por la presencia de grupos

étnicos o usos del suelo es favorecida por las diferencias existentes entre éstos.

Los usos o beneficios, directos o indirectos, que las personas obtienen de la naturaleza han sido identificados como servicios ecosistémicos (Arias-Arévalo *et al.*, 2018), pero actualmente existe una corriente que plantea visualizarlos como contribuciones que las personas reciben de la naturaleza (nature's contributions to people; NCP, por sus siglas en inglés; Díaz *et al.*, 2018). Esto favorece la identificación total de la importancia de la naturaleza en la humanidad, ya que se consideran las contribuciones de la naturaleza desde una perspectiva de valoración intrínseca, instrumental y relacional (Pascual *et al.*, 2017; Fischer *et al.*, 2018).

A nivel mundial la presencia de grupos étnicos es directamente proporcional a la riqueza en biodiversidad en espacios naturales, como ocurre en México (SEMARNAT, 2017). Además, dentro de este territorio convergen las regiones biogeográficas neotropical y neártica, lo que también favorece la alta presencia de biodiversidad nativa (Espinosa Organista *et al.*, 1999). Por esta razón en México se pueden encontrar especies del norte, centro y sur de América, dado que se ven favorecidas por las interacciones entre los seres vivos y por las causas que benefician su distribución (INEGI, 2007). Se considera que la presencia de grupos étnicos y la convergencia de dos regiones biogeográficas son algunas de las causas de por qué México es uno de los países con mayor diversidad biológica del mundo (Camou-Guerrero *et al.*, 2016) y es considerado dentro de los diez países megadiversos del planeta (INEGI, 2007).

La CPG se encuentra al norte del Estado de México, incluyendo las partes altas y las faldas de la porción

norte de la Sierra de las Cruces. Esta ubicación es clave para entender la presencia histórica de fitodiversidad y de servicios ecosistémicos (SE), porque tiene la influencia mínima de cuatro grupos étnicos (INEGI, 2007) y es periurbana a la Ciudad de México.

La CPG está formada principalmente por cinco municipios (Atizapán de Zaragoza, Cuautitlán Izcalli, Isidro Fabela, Jilotzingo, Nicolás Romero), que en conjunto representan una población mayor a 1.4 millones de habitantes, sobre una superficie aproximada de 38,000 hectáreas (Consejo de cuenca del Valle de México, 2017). El 32% de su área es principalmente de uso forestal (bosques de *Pinus hartwegii*, *Abies religiosa*, *Quercus* spp. y mixtos) y de pastizales naturales. El resto de la CPG son áreas rurales y urbanas, en donde los pobladores se dedican principalmente a actividades económicas secundarias y terciarias (López-Mathamba *et al.*, 2018).

La cercanía de la CPG con la Ciudad de México favorece la llegada de especies de plantas exóticas y la provisión de los SE, por los cuales estas plantas han sido extraídas de su lugar de origen (López-Mathamba *et al.*, 2018), lo que podría aumentar la fitodiversidad y los SE en la cuenca. La urbanización y la presión demográfica presente en los municipios periurbanos a la Ciudad de México (Nicolás Romero, Atizapán de Zaragoza y Cuautitlán Izcalli), amenazan a la fitodiversidad nativa (McKinney, 2002), con la que los pobladores rurales de Jilotzingo e Isidro Fabela han desarrollado más de 140 SE de diversa índole (López-Mathamba *et al.*, 2018).

El conocimiento etnobotánico y el conocimiento ecológico tradicional permiten distinguir los beneficios que se obtienen de la fitodiversidad, lo cual puede ser una herramienta para crear modelos que busquen entender estas relaciones para así poder enfrentar mejor los problemas en el manejo y restauración de los recursos naturales, fortalecer la organización social de los sectores que interactúan con los SE y generar procesos de equidad económica (Camou-Guerrero *et al.*, 2016). Otros estudios como los de Gheno *et al.* (2016), ilustran la importancia del conocimiento etnobotánico a través del análisis del conocimiento y uso de las plantas por parte de la Organización de Parteras y Médicos Indígenas Tradicionales "Nahuatlxihiuitl" de Ixhuatlancillo, quienes poseen elementos culturales característicos de la comunidad, tales como idioma náhuatl, el conocimiento y uso de las plantas medicinales en la atención primaria de su salud y de la población de escasos recursos. Fueron utilizadas técnicas cuantitativas de la etnobotánica, utilizando índices de importancia cultural relativa. Vallejo *et al.* (2013), señalaron la necesidad de

realizar estudios cualitativos sobre el carácter social de las comunidades rurales vinculadas a Áreas Naturales Protegidas, caracterizando el *ethos* social de una comunidad en el área protegida del Nevado de Toluca, en donde se identificaron los valores, creencias, normas de comportamiento, preferencias y motivaciones con relación al desarrollo de la actividad turística en su localidad. De igual manera, Millán *et al.* (2016), mencionan la necesidad de incluir al conocimiento ecológico tradicional sobre la biodiversidad en la toma de decisiones, como una prioridad de garantizar el respeto de los conocimientos tradicionales y conjuntarlo con los conocimientos científicos para la protección y conservación de los recursos naturales. El estudio utiliza metodologías cualitativas, destacando la observación directa, entrevistas y un taller participativo, lo que llevó a demostrar una continuidad del conocimiento ecológico tradicional basada en aspectos culturales, a través de la identificación de los valores doméstico, económico, medicinal, ritual y ontológico, otorgados a la flora y fauna de sus bosques.

En este sentido, el objetivo de este trabajo fue identificar y documentar los SE y la fitodiversidad (nativa y exótica) que los proporciona, con la finalidad de conocer las diferencias en cuanto a riqueza y conocimiento tradicional en el gradiente natural-rural-urbano estudiado, lo que representa una aportación para conocer el rol de las plantas en la provisión de servicios ecosistémicos a una escala para promover su manejo (Quijas *et al.*, 2012). Se partió de la idea de que estos recursos representan beneficios instrumentales y relacionales, que se refieren a las preferencias, principios y virtudes asociadas con relaciones, tanto interpersonales, como articuladas por políticas y normas sociales como lo mencionan Chan *et al.* (2016), los cuales son reconocidos por los pobladores de las diferentes zonas en la CPG.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La zonificación usa como límite exterior el sistema cuenca hidrológica con base en la metodología propuesta por López-Mathamba *et al.* (2018), en donde las zonas agrupan áreas con fitodiversidad y SE similares, de acuerdo a la densidad poblacional y al uso del suelo. Asimismo, emplea a la regulación del clima, la evapotranspiración y la precipitación pluvial (Instituto de Estudios Ambientales, 2007) como elementos para crear a los subsistemas biológico, físico, económico y social (Ordóñez Gálvez, 2011). Mientras que la división interna considera a la densidad de habitantes (INEGI, 2015) y el uso del suelo propuesto por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés; FAO, 2015). Así, las zonas

de la CPG expresan las actividades socioculturales, ecológicas y económicas, que son características para cada zona (Pardo y Gómez, 2003; INEGI, 2015; Martínez y Bollo, 2016).

Los siguientes métodos fueron utilizados, para generar una complementariedad que permitiera cumplir los objetivos de la investigación.

**Colecta de la diversidad de plantas en las zonas rural y urbana.** La fitodiversidad de las zonas rural y urbana se documentó a través de un censo de plantas en las casas de las personas que se seleccionaron con un método no probabilístico, llamado bola de nieve discriminatorio exponencial, durante la segunda mitad de 2018. Es un procedimiento de selección informal de sujetos típicos y representativos, en donde se recurre a las personas con disponibilidad de tiempo como elementos incluyentes, que permitan que, una vez identificado el investigador, entre a su casa para brindarle información sobre la fitodiversidad de su hogar y de los SE que obtienen de ésta. Como elemento discriminatorio se evitaron espacios con riesgo de delincuencia y para segmentar la muestra se consideró solamente a personas mayores a 29 años (Russell, 1995; Moreno-Casasola y Paradowska, 2009; Gutiérrez-Rangel *et al.*, 2011).

**Reconocimiento de la diversidad de plantas en la zona natural.** Para reconocer la fitodiversidad de la zona natural se usó el método propuesto por Ávila-Akerberg (2010), una versión modificada del método preferencial, desarrollado por la escuela Zürich-Montpellier de fitosociología (Braun-Blanquet, 1932; Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974; Braun-Blanquet, 1979). Las modificaciones se basaron principalmente en llevar a cabo un muestreo aleatorio estratificado, abarcando los principales tipos de vegetación en la CPG (Ávila-Akerberg, 2010). Además, se siguieron los criterios de área de muestreo mínimo para bosques templados (Matteucci y Colma, 1982).

Se hicieron muestreos de plantas en 189 parcelas de 25×25 m (625 m<sup>2</sup>), utilizando un enfoque de muestreo aleatorio estratificado, basado en los tipos de bosques identificados en el mapa de vegetación y uso de suelo (bosques de pino, oyamel, encino y mixtos). Para cada sitio de muestra se identificó la presencia de especies vegetales como plantas vasculares, musgos y helechos (Ávila-Akerberg, 2010).

Para la identificación de la fitodiversidad, las plantas colectadas en la CPG fueron herborizadas de acuerdo a lo descrito por Lot y Chiang (1986). Las muestras se

etiquetaron incluyendo la posible nomenclatura botánica, con ayuda de libros de flora del área (Espinoza y Sarukhán, 1997; de Rzedowski y Rzedowski, 2001).

Para la identificación de plantas monocotiledóneas se utilizó la clasificación propuesta por Dahlgren *et al.* (1985), para dicotiledóneas la propuesta por Cronquist (1988) y para las plantas que se consideran como malezas y exóticas se determinaron consultando las obras de Espinoza y Sarukhán (1997) y de Rzedowski y Rzedowski (2001). La nomenclatura de los nombres botánicos se verificó en la base de datos del Jardín Botánico de Missouri ([www.mobot3.org](http://www.mobot3.org)).

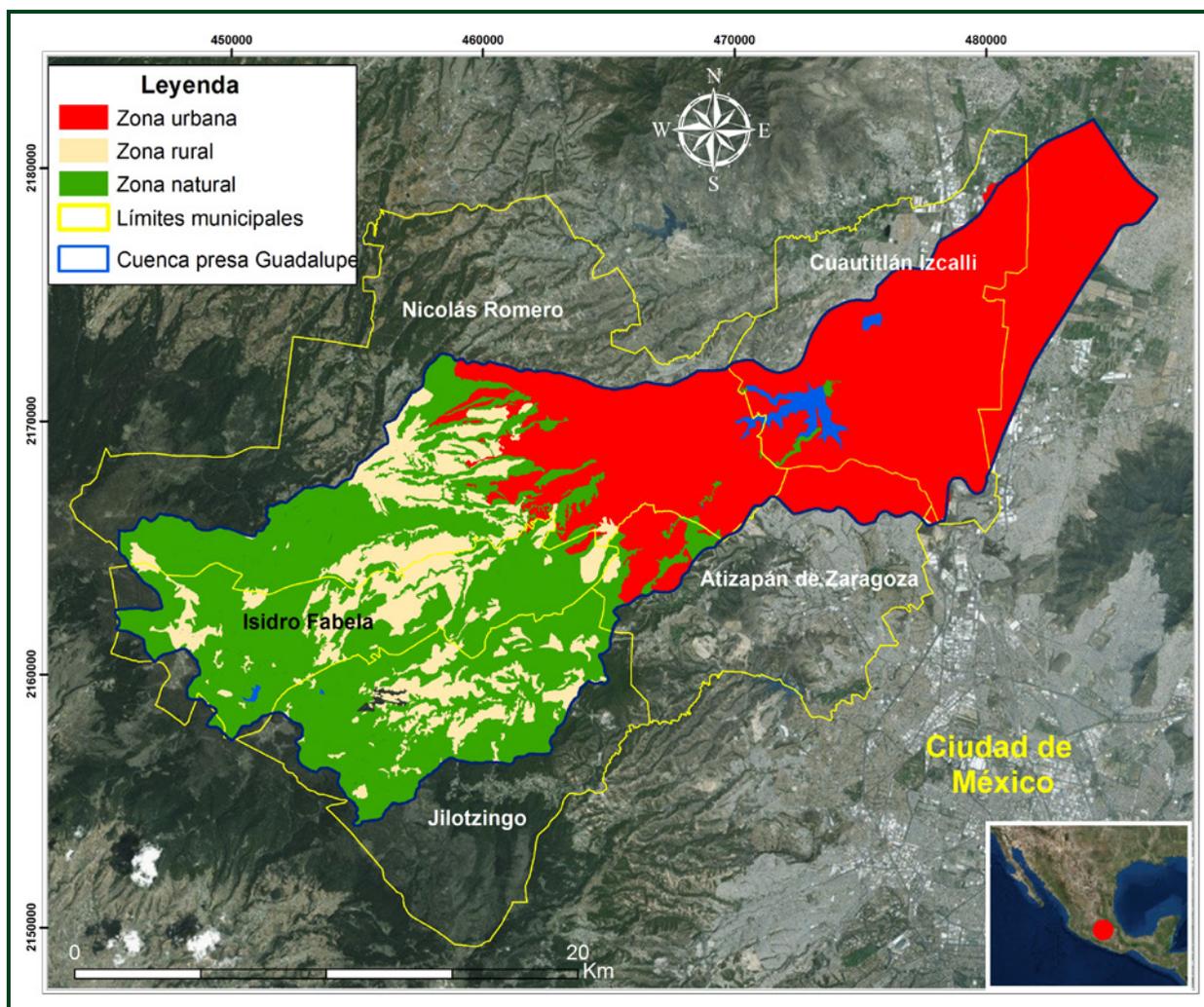
**Identificación de los servicios ecosistémicos.** Para documentar los SE de la zona natural, rural y urbana se aplicaron entrevistas semiestructuradas a los habitantes de la zona rural y urbana, los cuales fueron seleccionados a través del método bola de nieve discriminatoria exponencial. Es necesario precisar que la zona natural está prácticamente deshabitada, así que para conocer los SE que brinda su fitodiversidad se aplicaron las entrevistas semiestructuradas a personas que viven en la zona rural y se benefician de esos SE.

La cantidad de entrevistas se definió con el método de saturación, en donde el investigador se detiene cuando considera que ya tiene información importante o cuando la aparición de nuevos datos es limitada, por lo cual quedó delimitada a 117 entrevistas (Martínez-Salgado, 2012; Alonso, 2015; Valle, 2017).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con la perspectiva de zonificación de la CPG se dividió a ésta en tres zonas: natural, rural y urbana, lo que muestra rupturas y continuidades culturales, ecológicas y económicas existentes en el uso del suelo de la cuenca por sus pobladores. Con el objetivo de reconocer dichas diferencias y similitudes en la riqueza de plantas y los SE que se identificaron y que se brindan en cada zona (Figura 1).

En relación con la cantidad de censos y muestreos (Tabla 1), se tuvo un mayor esfuerzo de muestreo en la zona natural, porque tiene mayor fitodiversidad que la zona rural y urbana. Los muestreos de fitodiversidad se hicieron en diferentes pisos altitudinales de la zona natural, de acuerdo a la distribución de los bosques de *Pinus hartwegii* entre los 3000-3850 msnm, los de *Abies religiosa* entre los 2700-3400 msnm y los de *Quercus* spp. entre los 2400-2800 msnm.



**Figura 1.** Localización y zonificación de la Cuenca Presa de Guadalupe (CPG), Estado de México.

Las zonas de la CPG se diferencian por la altitud y la densidad poblacional (Tabla 2), la zona urbana está en el punto más bajo de la cuenca y contiene la mayor densidad poblacional, la zona rural está en el punto medio altitudinal y tiene la densidad poblacional media, mientras que la zona natural está en la parte más alta de la cuenca y está prácticamente despoblada por lo que las entrevistas se realizaron en las zonas urbana y rural. Lo anterior, muestra una estrecha relación entre el gradiente altitudinal y la orografía como elementos

de dinamización y/o limitación de los flujos entre las interfaces rural y urbana.

La actividad económica es otra característica importante para resaltar, porque a mayor densidad poblacional y menor altitud las actividades principales son de tipo terciario, mientras que a menor densidad poblacional y mayor altitud dominan las actividades económicas de tipo primario. Ello implica que los flujos y movimientos relacionados con los sistemas de intercambio económico dominantes, se territorializan

**Tabla 1.** Cantidad de puntos de censo, muestreo y entrevistas semiestructuradas.

	ZONA NATURAL (BOSQUE)	ZONA RURAL (CASAS)	ZONA URBANA (CASAS)
Muestreos	189	80	77
Entrevistas semiestructuradas	117	80	77

apropiándose, preferente pero no exclusivamente, de los espacios con mejores vías de acceso y conectividad, sin embargo también se debe explorar la relación de estas formas de conectividad con la fragmentación de los ecosistemas y el debilitamiento de los SE que brindan a la sociedad.

La fitodiversidad muestra diferencias de distribución en cada zona de la CPG (Tabla 3), se puede ver que tiene relación con la altitud y la densidad poblacional. A mayor altitud y menor densidad poblacional existe mayor cantidad de familias, géneros, especies nativas y especies endémicas, y las especies exóticas se reducen en la zona natural. La reducción de la fitodiversidad nativa y el aumento de las especies exóticas se debe a la urbanización de los municipios periurbanos a la Ciudad de México. Más allá de una afirmación obvia o un lugar común, estos datos revelan que la presión antrópica relacionada con los espacios que ofrecen mejores condiciones de conectividad e infraestructura, actúan en detrimento de la fitodiversidad. Sin embargo, ello también ilustra la limitación de una visión dicotómica entre lo rural y lo urbano que no permite plantear la lógica de un continuo entre ambos polos que da cabida a procesos de ruralización de lo urbano y urbanización de lo rural, tal como se puede observar en los huertos urbanos o la terciarización del campo. Por ello es relevante incluir a la dimensión social como un elemento determinante en la construcción de estas lógicas.

Las familias botánicas mejor representadas (Tabla 4) en la zona natural de la CPG corresponden a Asteraceae y Poaceae, con el primer y segundo puestos, respectivamente. Esto es similar a lo encontrado en una cuenca hidrológica vecina, ubicada dentro de la Ciudad de México y considerada como un reservorio de fitodiversidad (Ávila-Akerberg *et al.*, 2008). Para la zona rural, el puesto uno y dos están representados por las familias Asteraceae y Lamiaceae, respectivamente. En la zona urbana las familias Lamiaceae y Rosaceae son las que dominan en número de especies.

La cantidad de SE que brindan las plantas es diferente en cada zona de la CPG (Tabla 5). En la zona urbana y rural se puede ver que tienen relación con la densidad poblacional, la altitud y la fitodiversidad nativa. A menor densidad poblacional, mayor altitud y mayor fitodiversidad nativa, es mayor la cantidad de SE y de sus categorías. Mientras que en la zona natural se encuentra la mayor cantidad de fitodiversidad nativa y endémica, pero tiene menor cantidad de SE que la zona rural, ya que el aprovechamiento de los SE identificados en esta zona se hace principalmente por los pobladores de la zona rural. Se observa que la relación entre ser humano y naturaleza se ha construido sobre una lógica utilitaria que ejerce mayor presión antrópica en los sitios urbanizados, sin embargo las conexiones de los SE con sus usuarios no solamente implican un fenómeno de

**Tabla 2.** Características de las zonas de la CPG.

	ZONA NATURAL	ZONA RURAL	ZONA URBANA
Área (%)	32	31	37
Rango altitudinal en msnm	2400-3850	2400-3000	2200-2450
Densidad poblacional (personas/km <sup>2</sup> )	0	200	10718
Actividad económica / uso del suelo	Primaria: tierra de uso forestal (bosques de <i>Pinus hartwegii</i> , <i>Abies religiosa</i> , <i>Quercus</i> spp. y mixtos) y agropecuario	Primaria (actividades agropecuarias) y terciaria (comercio y transporte)	Secundaria y terciaria: Urbano o habitacional, servicios e industrial

**Tabla 3.** Fitodiversidad en las diferentes zonas de la CPG.

	ZONA NATURAL	ZONA RURAL	ZONA URBANA	TOTAL
Familias	99	92	81	135
Géneros	330	240	171	496
Especies	394	317	206	983
Subespecies / variedades	2	31	25	31
Especies endémicas	211	35	19	231
Especies exóticas	59	183	134	247
Especies nativas (no endémicas)	424	114	63	501

**Tabla 4.** Familias más representativas de la cuenca presa Guadalupe (CPG).

FAMILIA	ZONA NATURAL				ZONA RURAL				ZONA URBANA				CPG			
	GÉNEROS		ESPECIES		GÉNEROS		ESPECIES		GÉNEROS		ESPECIES		GÉNEROS	ESPECIES		
Apiaceae	8	2.4%	16	2.3%	5	2.1%	5	1.6%	3	1.8%	3	1.5%	12	2.4%	21	2.2%
Apocynaceae	4	1.2%	7	1.0%	1	0.4%	1	0.3%	1	0.6%	1	0.5%	6	1.2%	9	0.9%
Araceae	0	0.0%	0	0.0%	8	3.3%	9	2.8%	7	4.1%	8	3.9%	9	1.8%	10	1.0%
Asparagaceae	6	1.8%	8	1.2%	9	3.8%	9	2.8%	8	4.7%	10	4.9%	13	2.6%	19	2.0%
Asteraceae	57	17.3%	137	19.7%	25	10.4%	30	9.5%	9	5.3%	10	4.9%	67	13.5%	152	15.8%
Brassicaceae	14	4.2%	20	2.9%	4	1.7%	6	1.9%	0	0.0%	0	0.0%	14	2.8%	22	2.3%
Caryophyllaceae	5	1.5%	23	3.3%	4	1.7%	5	1.6%	0	0.0%	0	0.0%	7	1.4%	26	2.7%
Commelinaceae	6	1.8%	10	1.4%	4	1.7%	5	1.6%	1	0.6%	1	0.5%	6	1.2%	11	1.1%
Crassulaceae	5	1.5%	14	2.0%	4	1.7%	9	2.8%	4	2.3%	7	3.4%	7	1.4%	20	2.1%
Cyperaceae	5	1.5%	17	2.4%	0	0.0%	0	0.0%	1	0.6%	1	0.5%	5	1.0%	18	1.9%
Ericaceae	8	2.4%	10	1.4%	3	1.3%	4	1.3%	3	1.8%	4	1.9%	11	2.2%	14	1.5%
Fabaceae	14	4.2%	28	4.0%	8	3.3%	11	3.5%	5	2.9%	5	2.4%	21	4.2%	40	4.2%
Fagaceae	1	0.3%	11	1.6%	1	0.4%	2	0.6%	1	0.6%	1	0.5%	1	0.2%	12	1.2%
Geraniaceae	2	0.6%	6	0.9%	1	0.4%	4	1.3%	1	0.6%	4	1.9%	3	0.6%	11	1.1%
Iridaceae	3	0.9%	11	1.6%	2	0.8%	2	0.6%	2	1.2%	2	1.0%	5	1.0%	13	1.4%
Lamiaceae	11	3.3%	26	3.7%	13	5.4%	21	6.6%	12	7.0%	15	7.3%	20	4.0%	42	4.4%
Onagraceae	6	1.8%	11	1.6%	3	1.3%	5	1.6%	2	1.2%	2	1.0%	6	1.2%	12	1.2%
Orchidaceae	9	2.7%	14	2.0%	1	0.4%	1	0.3%	1	0.6%	1	0.5%	10	2.0%	15	1.6%
Plantaginaceae	4	1.2%	12	1.7%	3	1.3%	3	0.9%	1	0.6%	1	0.5%	5	1.0%	14	1.5%
Poaceae	23	7.0%	51	7.3%	5	2.1%	5	1.6%	6	3.5%	6	2.9%	28	5.6%	56	5.8%
Polygonaceae	4	1.2%	8	1.2%	3	1.3%	7	2.2%	1	0.6%	1	0.5%	5	1.0%	13	1.4%
Ranunculaceae	3	0.9%	12	1.7%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	3	0.6%	12	1.2%
Rosaceae	10	3.0%	21	3.0%	12	5.0%	21	6.6%	9	5.3%	16	7.8%	16	3.2%	38	4.0%
Rubiaceae	5	1.5%	12	1.7%	2	0.8%	2	0.6%	1	0.6%	1	0.5%	8	1.6%	15	1.6%
Solanaceae	7	2.1%	21	3.0%	11	4.6%	18	5.7%	7	4.1%	8	3.9%	14	2.8%	34	3.5%

proximidad, sino que también reflejan articulaciones de largo alcance donde las grandes urbes son las grandes consumidoras de servicios, por lo que una de las cosas que ilustra este estudio es la necesidad de analizar, estudiar y cuantificar las conexiones ocultas entre los mundos natural, rural y urbano, a través de los SE. Ejemplos de ello son las grandes necesidades de agua, captura de carbono y recreación de las ciudades, hacia el campo y hacia los espacios naturales.

La distribución de la cantidad de fitodiversidad en las categorías (Tabla 6) de los SE también muestra diferencias entre las zonas. En la zona natural se destina mayor proporción de plantas para la categoría medicinal, en la zona rural sobresalen las categorías de ornato, medicinal y comestible, y en la zona urbana la principal categoría es la de ornato. Para la zona natural y urbana se puede decir que, a mayor cantidad de plantas en una categoría

principal, se espera mayor cantidad de SE. Pero en la zona urbana, la principal categoría (ornato) únicamente tiene 4 SE y son brindados por 169 (78.2%) plantas, igualmente ocurre en la categoría maderable de la zona natural. Nuevamente se asiste a una gradación de los usos que se dan a las plantas en los diferentes ámbitos estudiados, resaltando que el tránsito de las zonas naturales a las urbanas constituye un trayecto de las necesidades primarias a necesidades secundarias, cubiertas por cada especie. Un tránsito de la salud a lo estético, pasando por lo alimentario, significa una pérdida de los saberes vinculados con la reproducción de la vida a favor de una aproximación estética y contemplativa de los recursos naturales. Sin embargo, es importante no perder de vista que son las grandes ciudades, con sus crisis alimentarias y de salud, las que han reivindicado el regreso a la naturaleza como vía para mantener el bienestar futuro de la humanidad (Knorr *et al.*, 2018).

**Tabla 5.** Distribución de los SE en las categorías de clasificación de los SE.

CATEGORÍA	ZONA NATURAL	ZONA RURAL	ZONA URBANA	TOTAL
Artesanal	7	17	2	21
Comestible	8	28	10	29
Economía familiar	0	0	1	1
Filiación cultural	6	21	3	24
Lúdica	0	20	1	20
Maderable	3	2	0	3
Medicinal	33	66	23	87
Naturaleza	0	9	0	9
Ornato	3	5	4	6
Total	60	168	44	200

En el [Anexo 1](#) se puede ver el listado de los SE y sus categorías, así como su distribución dentro de alguna de las tres zonas en la CPG. Es importante mencionar que en la columna "Descripción" se refieren los argumentos de los habitantes de las localidades para identificar el servicio ecosistémico de las plantas. También, se enlistan las plantas identificadas en la CPG. Para cada planta se describe su estatus migratorio en México (nativa, exótica o endémica), la zona en la que está presente (natural, rural o urbana), el nombre local en la zona, la categoría y los SE por zona, así como la parte de la planta que es utilizada para brindar el SE.

La evidencia del [Anexo 2](#) asume que tanto en la zona rural como en la natural se sigue manteniendo el conocimiento en uso y los servicios que proporcionan las especies reportadas, lo cual coincide con lo presentado por Millán *et al.* (2016), quienes indican que comunidades rurales identifican diferentes formas de entender el mundo, lo cual contribuye a la generación del conocimiento sobre la biodiversidad. Como se presenta en este estudio, la familia Asteraceae comprende 81 especies endémicas, 125 especies nativas y 59 especies exóticas; de las tres zonas el mayor número de especies exóticas corresponde con la zona rural, por lo que el proceso de urbanización y la presión demográfica podría generar escenario a futuro con una reducción de la diversidad de la familia Asteraceae y un aumento en especies exóticas. A pesar de haber encontrado el mayor número de especies exóticas utilizadas en la zona rural, la proporción es mucho menor en comparación con la zona urbana, donde las especies exóticas casi duplican en número a las nativas y endémicas. La familia Lamiaceae posee dos plantas exóticas, 17 nativas y 12 endémicas en la zona natural; en la zona rural tiene 56 plantas exóticas,

**Tabla 6.** Distribución de la fitodiversidad en las categorías de clasificación de los SE.

CATEGORÍA	ZONA NATURAL	ZONA RURAL	ZONA URBANA	TOTAL
Artesanal	20	17	2	37
Comestible	87	183	66	272
Economía familiar	0	0	2	2
Filiación cultural	14	47	4	61
Lúdico	0	32	1	32
Maderable	51	4	0	52
Medicinal	180	241	58	450
Naturaleza	0	22	0	22
Ornato	55	283	169	395
Sin identificación del SE y categoría	469	10	1	484

10 nativas y 23 endémicas; y en la zona urbana son 24 plantas exóticas, tres nativas y una endémica. Lo que coincide con lo mencionado por Pauchard *et al.* (2006), quienes concluyen que los procesos de urbanización afectan la biodiversidad en Chile y que los efectos de plantas invasoras (muchas veces exóticas) tienden a incrementarse al aumentar el nivel de antropización en áreas naturales.

## CONCLUSIÓN

Dentro de la cuenca presa de Guadalupe (CPG) se identificaron 979 especies de plantas y 200 servicios ecosistémicos (SE). Además, se identificó la distribución de la provisión de los SE a través de la zonificación del área de estudio, en las zonas natural, rural y urbana. Esto favorece la expresión de características socioculturales, ecológicas y económicas, para reconocer a los SE de los que la gente se beneficia y a la fitodiversidad que los brinda en cada zona.

La zona natural tiene la mayor cantidad de familias botánicas, géneros, especies nativas y especies endémicas, aunque menor cantidad de especies exóticas. Esto ya que es un espacio con menor perturbación, es deshabitado y el uso del suelo es principalmente forestal. A pesar de ser la zona con mayor fitodiversidad, no es la que tiene más SE, esto se debe a que las personas que identifican y obtienen esos beneficios habitan en la zona rural de la CPG.

La zona rural tiene el segundo puesto en familias botánicas, géneros, especies nativas, especies endémicas y especies exóticas, porque está entre las zonas natural y urbana. Así mismo, la cantidad de fitodiversidad y de los SE están siendo afectados negativamente por la urbanización, la

presión demográfica y la densidad poblacional. Aunque, se tiene la ventaja que los pobladores rurales también obtienen fitodiversidad y SE de la zona natural, lo que favorece la transmisión de conocimiento etnobotánico. En esta zona se identificó la mayor cantidad de SE, lo que representa que la relación de los pobladores con la fitodiversidad es mayor, en comparación con los pobladores de la zona urbana.

La fitodiversidad encontrada en la zona urbana tiene la menor cantidad de familias botánicas, géneros, especies nativas y especies endémicas, pero tiene la mayor proporción de especies exóticas. Se asume que esto ocurre porque los municipios que forman esta zona (Atizapán de Zaragoza, Cuautitlán Izcalli y Nicolás Romero) tienen mayor urbanización, densidad poblacional y presión demográfica. Esto ha influido negativamente en el reconocimiento de los SE, porque se identificaron solamente 44 servicios y 216 especies de plantas, pero únicamente 47 (21.8%) plantas no son usadas para brindar los cuatro SE de ornato. Esto demuestra que en la zona urbana se tiene menor conocimiento etnobotánico, en comparación con la zona rural.

De forma general se puede decir que en la CPG la fitodiversidad será mayor en espacios con mayor altitud y menos densidad poblacional, mientras que el reconocimiento de los SE es mayor en zonas pobladas con baja densidad, próxima a espacios naturales y con alta presencia de especies nativas y endémicas. Es notorio remarcar que el conocimiento tradicional se continúa albergando en la población que vive en la zona rural. Sin embargo, los cambios en las actividades productivas (del campo a los servicios) y una mayor cercanía de la zona urbana, ponen en riesgo este conocimiento que reconoce a la fitodiversidad y sus SE en la región.

Sin embargo, las rupturas y continuidades que se expresan entre las diferentes zonas estudiadas indican la importancia de trascender las falsas divisiones entre los ámbitos natural, rural y urbano. En su lugar se propone la perspectiva de comprender la relación entre ser humano y naturaleza omnipresente en cualquier objeto conformado desde la perspectiva antrópica y cómo esta relación biocultural se expresa en términos de proximidad y/o distancia entre la apropiación antrópica y el ecosistema del que se sirve.

Los flujos y conexiones entre naturaleza y cultura, que conforman los diversos gradientes de lo "natural, rural o urbano", son una expresión de articulaciones materiales, económicas, simbólicas y políticas. Por ello, lo anterior

nos permite ver diversos flujos en los que lo urbano se ruraliza y lo rural se urbaniza. Pues ello no sólo implica el despliegue de la lógica capitalista hacia los espacios rurales y/o naturales, sino también, la reivindicación de los valores campesinos y de las lógicas vitalistas hacia las ciudades, como respuestas medianamente creativas a las crisis ambientales, alimentarias y de salud de las grandes urbes y del campo.

Futuras investigaciones deberán abordar las interconexiones y posibilidades de transferencia de información y recursos entre los ámbitos rural y urbanos, a fin de dar pie a investigaciones etnobiológicas de frontera que busquen resolver los problemas de salud, alimentación, ambientales y culturales que aquejan a los ámbitos natural, rural y urbano, como nuevas formas de relacionarse con la naturaleza, que apunten a la mejora y mantenimiento de la calidad de vida de las sociedades futuras.

## AGRADECIMIENTOS

A CONACyT y SEMARNAT, por brindar el apoyo económico para el proyecto "Biodiversidad y servicios ambientales en una cuenca periurbana de la Ciudad de México. Estrategias de valoración económica, conservación y aprovechamiento sustentable", con el periodo de duración 2016-2019. Convocatoria del Fondo Sectorial CONACyT-SEMARNAT, 2015. Clave 263359.

A CONACyT, que otorgó tres becas de posgrado. Esta información forma parte de la tesis doctoral de Luis Angel López-Mathamba, y de la tesis de maestría de Denisse Varo-Rodríguez y de Rubén Rosalio-Evaristo.

## LITERATURA CITADA

- Alonso, L. E., 2015. Universidad Autónoma de Madrid, Seminario "*Métodos de Investigación Cualitativa*": Discusión grupal. [https://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/jbenayas/Seminario%20 analisis%20de%20discurso/SEMINARIO%20 DE%20M%C3%89TODOS%20DE%20 INVESTIGACI%C3%93N%20CUALITATIVA.pdf](https://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/jbenayas/Seminario%20 analisis%20de%20discurso/SEMINARIO%20 DE%20M%C3%89TODOS%20DE%20 INVESTIGACI%C3%93N%20CUALITATIVA.pdf)
- Arias-Arévalo, P., E. Gómez-Baggethun, B. Martín-López & M. Pérez-Rincón. 2018. Widening the Evaluative Space for Ecosystem Services: A Taxonomy of Plural Values and Valuation Methods. *Environmental Values* 27:29-53.
- Ávila-Akerberg, V. D., 2010. Phytodiversity, phytosociology and plant community distribution in the southwest of Mexico City. En: Ávila-

- Akerberg, V. D. Forest quality in the southwest of Mexico City. Assessment towards ecological restoration of ecosystem services. s.l.:s.n., pp. 31-52.
- Ávila-Akerberg, V., B. González-Hidalgo, M. Nava-López & L. Almeida-Leñero, L. 2008. Refugio de fitodiversidad en la Ciudad de México, el caso de la cuenca del río Magdalena. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas* 2(1):605-619.
- Braun-Blanquet, J., 1932. Plant sociology, the study of plant communities. McGraw Hill, New York.
- Braun-Blanquet, J., 1979. *Fitosociología, bases para el estudio de las comunidades vegetales*. H. Blume, Madrid.
- Brockman, A., B. Masuzumi & S. Augustine. 1997. When All Peoples Have the Same Story, Humans Will Cease to Exist. Protecting and Conservig Traditional Knowledge: A Report to the Biodiversity Convencion Office., s.l.: Dene Cultural Institute.
- Camou-Guerrero, A., A. Casas, A. Moreno Calles, J. Aguilera, D. Garrido-Rojas, S. Rangel-Landa, I. Torres-García, E. Pérez-Negrón, L. Solís-Rojas, J. Vázquez, S. Rodríguez, F. Parra & E. Rivera Lozoya. 2016. Ethnobotany in Mexico: History, Development, and Perspectives. EEn: Lira, R., Casas, A., Blancas, J. (eds.). *Ethnobotany of Mexico. Interactions of People and Plants in Mesoamerica*. Springer, New York
- Carapia-Carapia, L. & F. Vidal-García. 2015. Instituto de Ecología A. C. de México. Disponible en: <http://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/transparencia-inecol/17-ciencia-hoy/373-etnobotanica-el-estudio-de-la-relacion-de-las-plantas-con-el-hombre>
- Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. 2006. *Regiones Indígenas de México*. México D.F. CDI. Disponible en: [http://www.cdi.gob.mx/regiones/regiones\\_indigenas\\_cdi.pdf](http://www.cdi.gob.mx/regiones/regiones_indigenas_cdi.pdf)
- Consejo de cuenca del Valle de México. 2017. Consejo de cuenca del Valle de México. Disponible en: <http://ccvm.org.mx/organosAuxiliares/ccpg?s=ccpg711642>
- Cronquist, A. 1988. *The evolution and classification of flowering plants*. The New York Botanical Garden, New York.
- Dahlgren, G. C., H.T. Clifford & P.F. Yeo. 1985. *The Families of the Monocotyledons. Structure, evolution and taxonomy*. Springer-Verlag, Berlin.
- de Rzedowski, G. C. & J. Rzedowski. 2001. *Flora fanerogámica del Valle de México*. Instituto de Ecología A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Díaz, S. *et al.* 2018. Assessing nature's contributions to people. *Science* 359(6373):270-272.
- Espinosa Organista, D., J.J. Morrone, C. Aguilar Zúñiga & J. Llorente Bousquets. 1999. *Hacia una clasificación natural de las provincias biogeográficas mexicanas*. CONABIO. México D.F. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfQ054.pdf>
- Espinoza, G. & F.J. Sarukhán. 1997. *Manual de malezas del Valle de México*. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica, México.
- FAO. 2015. *Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura. Un Manual para abordar los requisitos de los datos para los países en desarrollo*. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i4260s.PDF>
- Fischer, M., M. Rounsevell, A. Torre-Marin Rando, A. Mader, A. Church, M. Elbakidze, V. Elias, T. Hahn, P. Harrison, J. Hauck, C. Sandström, I. Sousa Pinto, P. Visconti, N. Zimmermann & M. Christie. 2018. *Summary for policymakers of the IPBES regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for Europe and Central Asia*. Bonn, Alemania.
- Gheno-Heredia, A. Y., R.G. Pastrana-gámez, G. Nava-Bernal, & V. Ávila-Akerberg, V. 2016. Diversity of Medicinal Plants used by the "Nahuatlxiuhitl" Organization of Traditional Indigenous Midwives and Doctors from Ixhuatlancillo, Veracruz, Mexico. *Etnobiología* 14(1): 52-72.
- Gutiérrez-Rangel, N., A. Medina-Galicia & I. Ocampo-Fletes. 2011. Conocimiento tradicional del "Cuatomate" (*Solanum glaucescens* Zucc.) en la Mixteca baja poblana, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 8(3):407-420.
- INEGI. 2007. *Regiones naturales y biogeografía de México*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.
- INEGI. 2009. *Perfil sociodemográfico de la población que habla lengua indígena*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes, México.
- INEGI. 2015. Seminario-taller "Información para la toma de decisiones: Población y Medio Ambiente": *Distribución de la Población por Tamaño de Localidad y su Relación con el Medio Ambiente*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/eventos/2015/Poblacion/doc/p-WalterRangel.pdf>
- Inglis, J. T. 1993. *Traditional Ecological Knowledge: Concepts and Cases*. International Program on Traditional Ecological Knowledge, International Development Research Centre. Ottawa, Ontario.
- Instituto de Estudios Ambientales. 2007. *Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia*. Disponible en: <http://ambientebogota>

- gov.co/documents/10157/1d5c831c-63ab-4ebe-80fc-3def81185ce9 [Último acceso: 24 Abril 2018].
- Knorr, D., C. Khoo, & M.A. Augustin. 2018. Food for an Urban Planet: Challenges and Research Opportunities. *Frontiers in nutrition* 4(73):1-6. <https://doi.org/10.3389/fnut.2017.00073>
- López-Mathamba, L. A., V.D. Ávila-Akerberg, H. Thomé-Ortiz & E.G. Nava-Bernal. 2018. *Valoración integral de la fitodiversidad y sus servicios ecosistémicos en una cuenca periurbana de la Ciudad de México*. En: Hacia una valoración incluyente de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos: Avances y visiones desde América Latina. s.l.:s.n.
- Lot, A. & F. Chiang. 1986. *Manual de Herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos*. Consejo Nacional de la Flora de México. A. C., México.
- Martínez Serrano, A. & M. Bollo Manet. 2016. Zonificación geocológica del paisaje urbano. *Mercator* 15(2):117-136.
- Martínez-Salgado, C. 2012. El muestreo en investigación cualitativa. Principios básicos y algunas controversias. *Ciencia & Saúde Colectiva* 17(3):613-619.
- Matteucci, S. D. & A. Colma. 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación*. Washington D.C. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.
- McKinney, M.L. 2002. Urbanization, Biodiversity, and Conservation. *BioScience* 52(10):883-890. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0883:UBAC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0883:UBAC]2.0.CO;2)
- Millán Rojas, L., T.T. Arteaga Reyes, S. Moctezuma Pérez, J.J. Velasco Orozco & J.C. Arzate Salvador. 2016. Conocimiento ecológico tradicional de la biodiversidad de bosques en una comunidad matlatzinca, México. *Ambiente y Desarrollo* 20(38):111-123.
- Moreno-Casasola, P. & K. Paradowska. 2009. Especies útiles de la selva baja caducifolia en las dunas costeras del centro de Veracruz. *Madera y Bosques* 15(3):21-44.
- Mueller-Dombois, D. & H. Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley and Sons, New York.
- Ordóñez Gálvez, J. J. 2011. *Cartilla Técnica: ¿Qué es una cuenca hidrológica?* Sociedad Geográfica de Lima, Perú.
- Pardo De Santayana, M. & E. Gómez Pellón. 2003. Etnobotánica: aprovechamiento tradicional de plantas y patrimonio cultural. *Anales Jardín Botánico de Madrid* 60(1):171-182.
- Pascual, U. et al. 2017. Valuing nature's contributions to people: the IPBES approach. *Environmental Sustainability* 26:7-16.
- Pauchard, A., M. Aguayo, E. Peña & R. Urrutia. 2006. Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: The case of a fast-growing metropolitan area (Concepción, Chile). *Biological Conservation* 127(3):272-281.
- Quijas, S., L.E. Jackson, M. Maass, B. Schmid, D. Raffaelli & P. Balvanera. 2012. Plant diversity and generation of ecosystem services at the landscape scale: expert knowledge assessment. *Journal of Applied Ecology* 49(4): 929-940. Doi: 10.1111/j.1365-2664.2012.02153.x
- Russell, B. 1995. *Métodos de investigación en antropología*. Altamira Press, Londres.
- SEMARNAT, 2017. Los 68 grupos étnicos de México, patrimonio intangible de sabiduría en nuestras Áreas Naturales Protegidas, s.l.: SEMARNAT.
- Valle, C. 2017. La saturación de la información. Disponible en: <https://claudiavallve.com/2013/07/18/la-saturacion-de-la-informacion/>
- Vallejo Valencia, B., M. Osorio García, I.L. Ramírez de la O., G. Nava Bernal & S. Franco Maass 2013. Análisis social sobre los habitantes de la comunidad de la Peñuela, Parque Nacional Nevado de Toluca, México. Valores y comportamiento entorno al turismo. *Estudios y Perspectivas en Turismo* 22(3):425-449.