

**Research in the Protected Natural Areas of the Central
Region and Transversal Neovolcanic Axis of Mexico**

**La investigación en las Áreas Naturales
Protegidas de la Región Centro y
Eje Neovolcánico Transversal de México**

Lidia Ramírez-Huerta¹, Cindy Manuela López-Guzmán¹, Victor Javier Arriola-Padilla^{2*},
Zitlalli Trejo-Sandoval¹, Ramiro Pérez-Miranda², Cecilia Leonor Jiménez-Sierra³

Abstract

Mexico is one of the major mega-diverse countries in the world and ranks among the four countries with the largest number of Protected Natural Areas (PNA) throughout Latin America and the Caribbean; about 256,000 km² of its territory is considered PNA. Such areas are instruments of environmental policy most commonly used for conservation purposes, which lead to environmental, social, and political research approaches; integrated assessment of these factors can contribute to research aimed towards general interest. This paper aims to collect, classify, analyze, and categorize existing information with different perceptions of Central Mexico and the Transverse Neovolcanic Axis (CMTNA) PNAs clearly, which would allow integrating knowledge to develop new ways in research and use of resources. The search of scientific articles was conducted online and all information generated by various authors was compiled from 2004 to 2014 dealing with different perspectives, such as political, historical, and biological investigations. The highest research percentage was detected in the Biosphere Reserve Metztitlan Canyon whose main focus on CMTNA is biodiversity followed by land use change.

Key words: Biodiversity, deterioration of the ecosystem, multidisciplinary studies, National Park, Biosphere Reserve.

¹Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Calz. del Hueso No. 1100, Colonia Villa Quietud, Delegación Coyoacán, C.P. 04960, Ciudad de México.

²Centro Nacional de investigación Disciplinaria en Conservación y Manejo de Ecosistemas Forestales. Av. Progreso No. 5, Colonia. Barrio de Santa Catarina, Delegación Coyoacán, C.P. 04010, Ciudad de México.

³Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. San Rafael Atlixco 186, Colonia Vicentina, Delegación Iztapalapa, C.P. 09340, Ciudad de México.

*Autor de correspondencia: E-mail: arriola.victor@inifap.gob.mx

Resumen

México es uno de los principales países mega diversos del mundo y se ubica entre los cuatro países con mayor número de Áreas Naturales Protegidas (ANP) en toda América Latina y el Caribe; cerca de 256 mil km² de su territorio son considerados ANP. Estas áreas son el instrumento de política ambiental más utilizado para fines de conservación, lo que conlleva a que se generen estudios con enfoques ambientales, sociales y políticos; la evaluación integrada de estos factores permite contribuir a investigaciones encaminadas hacia el interés general. El presente trabajo tiene como propósito reunir, clasificar, analizar y categorizar la información existente con diferentes percepciones sobre ANP de la Región Centro y Eje Neovolcánico Transversal de México (RCENT) de una forma clara, que permita integrar el conocimiento para desarrollar nuevos caminos en la investigación y aprovechamiento de los recursos. Se realizó la búsqueda de artículos científicos en línea y se recopiló toda la información generada por diversos autores del 2004 al 2014. Se abordan diferentes perspectivas de investigación tanto políticas, históricas y biológicas. El mayor porcentaje de investigación se detectó en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán y el principal enfoque en la RCENT es la biodiversidad, seguida de cambio de uso de suelo.

Palabras clave: Biodiversidad, deterioro del ecosistema, estudios multidisciplinarios, Parque Nacional y Reserva de la biosfera.

Introducción

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) fueron creadas para preservar la belleza escénica natural (Halffter, 2011); sin embargo, debido al incremento en la pérdida de la biodiversidad la perspectiva fue modificada (Halffter *et al.*, 2015). Actualmente, una ANP se define como aquella zona que se enfoca esencialmente en la conservación y preservación de su biodiversidad (González-Ocampo *et al.*, 2015).

México cuenta con 177 ANP (CONANP, 2015). El desierto de los Leones fue la primera área protegida, creada en 1876 con el propósito de preservar los manantiales que abastecían de agua a la ciudad de México, y se decretó como Parque Nacional en 1917 (Elbers, 2011).

Desde el 2002 las ANP se conjuntaron dentro de nueve regiones, con el objetivo de administrar

y realizar las tareas de conservación (González-Ocampo *et al.*, 2015). Una de esas regiones es la Centro y Eje Neovolcánico Transversal (RCENT). La zona centro se caracteriza por su complejidad biológica, debida a la combinación de las regiones biogeográficas Holártica y Neotropical (Arriola-Padilla *et al.*, 2015). Asimismo, se incluyen áreas montañosas del centro del país, como el Eje Neovolcánico, el cual es un conjunto de cordilleras y volcanes alineados sobre una franja que cruza el territorio mexicano desde el oeste (Cabo Corrientes, Nayarit) hasta el este (Sierra de Chinconquiaco, Veracruz), alrededor del paralelo 19°N (Arriola-Padilla *et al.*, 2014).

La importancia de la RCENT se debe a la riqueza biológica que posee; se registran diversos tipos de vegetación de acuerdo con la clasificación de Rzedowski (2006) (pastizales, matorrales subalpinos, bosques mesófilos, vegetación ribereña y tierras urbanas y de cultivo); sin embargo, predominan los bosques de coníferas (31%) y de encino (28%) (Arriola-Padilla *et al.*, 2014). También se reconoce casi la cuarta parte de herpetofauna de México; además, es considerada como centro de endemismo de algunos grupos de organismo (Gámez *et al.*, 2012).

Las actividades humanas como: aprovechamiento ilegal, cambio de uso de suelo, incendios, sobrepastoreo, exceso de contaminantes atmosféricos y extracción excesiva de agua, provocan que la salud forestal de los parques nacionales del centro se vea afectada (Cibrián y Cibrián, 2007). Esto conlleva a que se generen estudios con diferentes enfoques ambientales, sociales y políticos, encaminados hacia el interés general.

El estado del arte es una modalidad de la investigación documental que permite el estudio analítico del conocimiento acumulado escrito en textos y ayuda a hacer una reflexión profunda sobre las tendencias y vacíos en un tema específico, generando nuevos caminos en el ámbito de la investigación (Molina, 2005). Por lo anterior, el presente estudio tiene como propósito recopilar, clasificar, analizar y categorizar la información existente con diferentes percepciones sobre las ANP del RCENT de una forma clara, que permita integrar el conocimiento para destacar temas no atendidos, desarrollar nuevos enfoques en la investigación hacia la conservación y aprovechamiento de la biodiversidad.

Materiales y Métodos

Esta investigación se enfocó en la región Centro y Eje Neovolcánico Transversal en un total de 33 ANP (Tabla 1).

Para cada ANP se realizó la búsqueda de información generada por diversos autores del 2004 al 2014, se recopilaron libros electrónicos y artículos científicos de revistas reconocidas nacional e internacionalmente, que se consultaron a través de diferentes bases de datos (SciELO, Redalyc, Elsevier, Scopus, entre otras).

Tabla 1. Áreas naturales protegidas del Centro y Eje Neovolcánico Transversal de México.

	Área Natural Protegida
Reserva de la Biósfera (RB)	Barranca de Metztitlán
	Sierra de Huautla
	Tehuacán-Cuicatlán
	Sierra Gorda
	Sierra Gorda de Guanajuato
	Cerro de la estrella
	Cerro de las campanas
	Cumbres del Ajusco
	Desierto de los Leones
	Desierto del Carmen
Parque Nacional (PN)	El Chico
	El Cimatario
	El Tepeyac
	El Tepozteco
	Fuentes Brotantes de Tlalpan
	Grutas de Cacahuamilpa
	Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla
	Iztaccíhuatl-Popocatepetl
	La Malinche
	Lagunas de Zempoala
	Lomas de Padierna
	Los Mármoles
	Los Remedios
	Molino de las Flores Nezahualcóyotl
Sacramonte	
Tula	
Zoquiapan y anexas	
Volcán Nevado de Colima	
Xicoténcatl	
Áreas de Protección de Flora y Fauna (APFF)	Ciénegas de Lerma
	Corredor Biológico Chichinautzin
	Nevado de Toluca
Área de Protección de Recursos Naturales (APRN)	Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec.

Posteriormente, las publicaciones seleccionadas se clasificaron por ANP, se realizó un análisis de su contenido y se categorizaron con base en las perspectivas de investigación; en cada una se presenta la conceptualización del tema y algunos ejemplos de los estudios realizados.

Resultados y discusión

Se registraron un total de 171 publicaciones científicas, mismas que se categorizaron en 28 perspectivas de investigación (Tabla 2). Cabe mencionar que pueden existir más que no fueron identificadas u obtenidas.

Tabla 2. Principales perspectivas de investigación y número de artículos (Art.) publicados dentro de cada una de ellas.

	Perspectivas de investigación	Art.		Perspectivas de investigación	Art.
1	Aprovechamiento de recursos	8	15	Especies exóticas	2
2	Biodiversidad	61	16	Estudios Multidisciplinarios	1
3	Bioindicadores	3	17	Etología	6
4	Cambio climático	6	18	Fenología	2
5	Cambio de uso de suelo	11	19	Historia	4
6	Cartografía	5	20	Impacto ambiental	2
7	Conservación	7	21	Incendios forestales	5
8	Contaminación	2	22	Innovaciones	1
9	Dendrometría	2	23	Legislación pública	7
10	Deterioro del ecosistema	5	24	Microbiología	1
11	Ecología de poblaciones	10	25	Plagas y enfermedades	4
12	Ecoturismo	2	26	Servicios ambientales	2
13	Edafología	3	27	Valoración de recursos naturales	2
14	Educación ambiental	1	28	Vulcanología	6

Como se refleja en la tabla 2, la investigación durante el periodo analizado versa sobre la biodiversidad. Tan sólo en la RCENT se obtuvieron 61 trabajos publicados, en donde se abarcan estudios de botánica y zoología, en algunos se presentan listas de un solo taxa o también los que registran por primera vez a una especie en una localidad; esto puede deberse a que uno de los principales objetivos de las ANP es el entendimiento, conocimiento y conservación de la biodiversidad (Bezaury-Creel y Gutiérrez- Carbonell, 2009). Es evidente que la tasa de pérdida

de los ecosistemas incrementa constantemente (Halffter *et al.*, 2015); sin embargo, a pesar de la importancia del cambio climático, la contaminación, las especies exóticas introducidas, los incendios forestales y las plagas y enfermedades, los estudios realizados son escasos. Arriola-Padilla *et al.* (2014), mencionan algunas de estas perspectivas como problemas que ocasionan el deterioro del ecosistema en las ANP.

Uno de los factores que se deben tener en cuenta para el desarrollo de la investigación en cualquier ámbito, es la integración de estudios multidisciplinarios; sin embargo, dentro de las ANP de la RCENT solo se cuenta con una publicación; asimismo, educación ambiental, innovaciones y microbiología son perspectivas poco estudiadas.

Por otra parte, en la tabla 3 se observa que el mayor porcentaje de publicaciones se concentra en la RB Barranca de Metztlán con 19%, enfocándose en estudios sobre biodiversidad; caso similar se presenta en el PN Iztaccíhuatl-Popocatepetl ya que, de los trabajos publicados 5 de 17 versan sobre esa perspectiva.

A pesar de su importancia como ANP, los PN Cerro de las Campanas, Desierto del Carmen, Los Remedios y Sacramonte sólo se incluyen en una publicación (Arriola *et al.*, 2014). Sin embargo, cabe mencionar que ésta utiliza información proveniente de otras fuentes.

A continuación, se describe cada perspectiva y destacan algunos estudios desarrollados en las ANP de la RCENT.

1- Aprovechamiento de recursos

De acuerdo con Peters *et al.* (1989) la explotación sostenible de los recursos debe contemplar la extracción de los mismos considerando las necesidades del mercado y del ecosistema, para lograr el sustento económico de las comunidades locales y la conservación de la biodiversidad, y en base a ello están diseñados los planes de manejo.

Se han realizado diversos estudios sobre el aprovechamiento de recursos naturales, por ejemplo: de botones florales de *Agave kerchovei* Lem. (Brena-Bustamante, 2013), de hojas de la palma *Brahea dulcis* (Kunth) Mart (Pavón *et al.*, 2006), de la perlilla o perlita *Symphoricarpos microphyllus* Kunth (Monroy *et al.*, 2007), de mamíferos silvestres (García-Flores *et al.*, 2014), de la leña (Endara, 2012) y del de frijol cuaresmeño o yepatlatxle *Phaseolus coccineus* L. (Monroy y Quezada-Martínez, 2010), en los que se describe el conocimiento tradicional.

Tabla 3. Perspectivas de investigación en las ANP del Centro y Eje Neovolcánico

Áreas Naturales Protegidas	Perspectivas de investigación																												Total
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		
RB	Barranca de Metztitlán	1	14	1	1	3					1	3			1	2	2		1						2		1	33	
	Sierra de Huautla		3				1			2	1			1														8	
	Tehuacán-Cuicatlán	1	1							1																		3	
	Sierra Gorda		1				1	1			1																	5	
	Sierra Gorda de Guanajuato	4	1	1	1						1												1					8	
	Cerro de la estrella					1					1													2				4	
	Cerro de las campanas										1																	1	
	Cumbres del Ajusco	1		1	1						1	1																5	
	Desierto de los Leones			1	1	2	1																1					1	
	Desierto del Carmen																											1	
PN	El Chico	4		1						1					1												2	11	
	El Cimatarío	6					1			1	1													1				10	
	El Tepeyac			1	1						1		2															5	
	El Tepozteco	1	1				1						1															7	
	Fuentes Brotantes de Tlalpan																											2	
	Grutas de Cacahuamilpa																											3	
	Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla	1		1										1														4	
	Iztacchuatl-Popocatepetl	5		2	2	1		1			1							2					1					2	17
	La Malinche	6					1			2	1	3												1				16	
	Lagunas de Zempoala	1		1							1																	4	
APFF	Lomas de Padirna																							1				2	
	Los Mármoles																											6	
	Los Remedios	5																										6	
	Molino de las Flores Nezahualcóyotl																											1	
	Sacramento																											3	
	Tula																											1	
	Zoquiapan y anexas																											3	
	Volcán Nevado de Colima																									1		6	
	Xicoténcatl	1																										2	
	APRN	Ciénegas de Lerma	2			1																							5
Corredor Biológico Chichinautzin		3				1					1																	11	
Nevado de Toluca		2	2	1	1	1	1				1	1	1									1			1			14	
Cuencas de ríos																												3	

1- Aprovechamiento de recursos, 2- Biodiversidad, 3-Bioindicadores, 4- Cambio climático, 5- Cambio de uso de suelo, 6- Cartografía, 7- Conservación, 8- Contaminación, 9- Dendrometría, 10- Deterioro del ecosistema, 11- Ecología de poblaciones, 12, Ecoturismo, 13- Edafoflora, 14- Educación ambiental, 15- Especies exóticas, 16- Estudios multidisciplinarios, 17- Etología, 18- Fenología, 19- Historia, 20- Impacto ambiental, 21- Incendios forestales, 22- Innovaciones, 23- Legislación pública, 24- Microbiología, 25- Plagas y enfermedades, 26- Servicios ambientales, 27- Valoración de recursos, 28- Vulcanología.

Sin embargo, el aprovechamiento de productos madereros y no madereros puede (a veces) ser autorizada, pero con restricciones específicas con objeto de preservar la cubierta forestal y no dañar la vegetación que protege los suelos (FAO, 2010).

2- Biodiversidad

De acuerdo con CONABIO (2009) y Halffter (1995), la biodiversidad es la variedad de la vida y es resultado del proceso evolutivo. Abarca a la diversidad de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos que viven en un espacio determinado, a su variabilidad genética, a los ecosistemas de los cuales forman parte y a los paisajes o regiones en donde se ubican los ecosistemas (CONABIO, 2009).

Ramírez-Bautista *et al.* (2010), en su libro “Lista anotada de los anfibios y reptiles del estado de Hidalgo, México”, presenta información de estos grupos en la RB Barranca de Metztitlán, PN El Chico y PN Los Mármoles.

3- Bioindicadores

Son especies o grupos taxonómicos capaces de reflejar el estado de conservación, diversidad, endemismo y el grado de intervención o perturbación en los ecosistemas naturales. La presencia o ausencia de estos bioindicadores revela la existencia de otros individuos relacionados con su hábitat (Erazo y Cárdenas, 2013).

En la RCENT los bioindicadores se han empleado para estudiar las comunidades de macrolíquenes cortícolas y su relación con la estructura del bosque en áreas con *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. & Cham y *Pinus ayacahuite* C. Ehrenb. ex Schltdl (Pérez-Pérez, *et al.*, 2008); por otra parte, Torres-García *et al.* (2014) analizaron las variables ambientales como bioindicadores que determinan los cambios en la diversidad y las escalas en que tienen efecto en las comunidades de insectos hemimetábolos y coleópteros acuáticos en la cuenca del río Xichú, Guanajuato. Asimismo, se ha evaluado el impacto negativo del uso de la tierra sobre la diversidad funcional de escarabajos copro-necrofagus (Coleoptera: Scarabaeidae) en tres Reservas de la Biosfera (Montes Azules, Los Tuxtlas y Barranca de Metztitlán) (Barragan *et al.*, 2011).

4- Cambio climático

Fenómeno provocado parcialmente por el aumento en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, principalmente el CO₂ relacionado directa o indirectamente con actividades humanas (González *et al.*, 2003). Este efecto constituye una de las principales amenazas para la biodiversidad (Arribas *et al.*, 2012).

Gómez-Díaz *et al.* (2007) determinaron el comportamiento de la vegetación bajo escenarios de cambio climático en la RB Barranca de Metztitlán, Hidalgo. Monterroso-Rivas *et al.* (2009) publicaron un estudio para simular y cuantificar los impactos que un posible cambio climático puede ejercer sobre la regulación hídrica y la capacidad de recarga de acuíferos en el PN “El Chico”, Hidalgo.

5- Cambio de uso de suelo

Los ecosistemas terrestres han sufrido grandes transformaciones, la mayoría debido a la conversión de la cobertura del terreno y a la degradación e intensificación de uso del suelo (Ruiz *et al.*, 2013). Pese a los graves problemas de deforestación que sufren los bosques mexicanos, existen muy pocos estudios detallados que permitan identificar, de forma precisa, las dinámicas de perturbación-recuperación a que estos ecosistemas se encuentran sujetos.

En este contexto Franco *et al.* (2009) planteó una metodología detallada para analizar los procesos de cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo del PN Nevado de Toluca, para el periodo 1972-2000; mientras que, Valdez-Lazalde *et al.* (2011) evaluaron la pérdida de cobertura vegetal y el crecimiento urbano registrado en los últimos 22 años en la cuenca del río Metztitlán, Hidalgo, con el fin de monitorear los cambios y planear un mejor uso del suelo a futuro.

6- Cartografía

Se trata de un conjunto de técnicas para el diseño y producción de mapas mediante el auxilio de computadoras. Estrictamente hablando se refiere a la creación y aplicación de paquetes y programas para el manejo de cartografía digital (Franco y Valdez, 2003).

Actualmente estas técnicas son utilizadas en la biología para analizar diversos enfoques de investigación. Barrera-Moreno *et al.* (2011), analizaron la distribución de 12 especies de roedores

de la provincia biogeográfica Faja Volcánica Transmexicana (FVT), y proponen una adecuación al método panbiogeográfico utilizando modelos digitales de elevación (MDE).

Con el fin de estimar la biomasa arbórea del PN Malinche Rojas-García y Villers-Ruíz (2005), elaboraron un mapa de las comunidades vegetales del volcán. El procesamiento cartográfico se realizó en un Sistema de Información Geográfica y se basó en la fotointerpretación de 32 fotografías aéreas (escala 1:25,000).

7- Conservación

Uno de los objetivos estratégicos de la CONANP es consolidar la participación social en las tareas de conservación de las ANP. De acuerdo con Durand y Jiménez (2010), el diseño y manejo de las ANP se concentra en los aspectos biológicos o ecológicos de la conservación.

El PN Desierto de los Leones tiene un alto valor biológico, ambiental y ecológico, y la conservación de su sistema forestal favorece la retención de la humedad, la recarga del acuífero, previene la erosión, contribuye a mejorar la calidad del aire, así como al sostenimiento y mejoramiento de poblaciones de flora y fauna silvestre, permitiendo la producción de bienes y servicios ambientales de los cuales depende directamente la población de la Ciudad de México (CONANP-SEMARTAT, 2006).

De acuerdo con Brunett *et al.* (2010), en el PN Nevado de Toluca el potencial hídrico ha disminuido por numerosos impactos antropogénicos, motivo por el cual hicieron un estudio con el objetivo de estimar la disposición de los usuarios de pagar por los servicios ambientales hidrológicos.

Para el PN Molino de Flores, Tudela *et al.* (2011), estimaron económicamente los beneficios sociales generados por la implementación de un programa de recuperación y conservación que impacta en los atributos del área natural.

8- Contaminación

Se define como la presencia en el medio ambiente de cualquier agente químico, físico o biológico, o la combinación de ellos, que perjudiquen la vida, la salud y el bienestar del humano, la flora y la fauna, o degraden la calidad de aire, del agua, de la tierra, de los bienes, de los recursos de la nación en general o de los particulares (Camacho y Naranjo, 1983).

En los últimos años se ha mostrado interés sobre este fenómeno; sin embargo, en las ANP ha sido poco estudiado. En los bosques del Parque Recreativo y Cultural Desierto de los Leones se ha observado declinación forestal durante las últimas décadas. Se cree que la exposición a los vientos contaminados procedentes de la Ciudad de México es una de las causas (Castro *et al.*, 2007; González-Medina, 2010). Otro caso es el que se presenta en la región minera de San Joaquín, Querétaro, al sur de la Sierra Gorda de Querétaro en la que se identificaron cuatro áreas con contenidos de Hg (mercurio) en suelos por arriba de lo permitido por la Norma Oficial Mexicana y la World Health Organization (WHO) (Hernández-Silva *et al.*, 2012).

9- Dendrometría

Es la medición, cálculo, análisis y/o estimación de las dimensiones de los árboles y bosques desde un punto de vista estático (Romahn de la Vega y Ramírez, 2010).

Esta parte de la dendrometría se ha empleado para estimar la densidad básica de la madera de *Pinus hartwegii* Lindl del volcán La Malinche (Rojas-García y Villers-Ruiz, 2005) y para evaluar la variación natural de la densidad de la madera de *Pinus montezumae* Lamb. en tres altitudes (2 650, 2 900 y 3 150 msnm) del PN La Malinche, Tlaxcala, con el objetivo de conocer las oportunidades que ofrece esta especie para implementar un programa de mejoramiento genético de esta característica en el estado de Tlaxcala y la región (Zamora *et al.*, 2007).

10- Deterioro del ecosistema

La continua explotación de los servicios del ecosistema y el deterioro generalizado de la mayoría de ellos, cada vez es mayor e insostenible y es probable que conduzca a cambios irreversibles (Corvalán *et al.*, 2005). Este deterioro incluye, en el componente ecológico: erosión y pérdida de fertilidad de los suelos, destrucción de bosques y extinción de especies únicas en el mundo. En el componente social la calidad de vida de muchos mexicanos ha disminuido como resultado de ecosistemas agotados, contaminados o explotados más allá de su posible recuperación. La miseria en el campo, los grandes fenómenos migratorios y la contaminación son en parte consecuencias del deterioro del capital natural, lo cual incluye la pérdida de los componentes de la biodiversidad (CONABIO, 2006).

Paz y Cuevas (2006) hicieron un análisis sobre la consecuencia de la pérdida de los recursos

naturales y la importancia de la protección de los mismos de manera general, enfocándose en tres áreas del norte del estado de Morelos.

Arriola *et al.* (2014) menciona que la explotación desmedida de los recursos naturales, la contaminación, el cambio de uso de suelo, la introducción de especies exóticas, los incendios, las plagas y las enfermedades son los principales problemas que conllevan el deterioro de los ecosistemas de 35 ANP del centro de México y del Eje Neovolcánico Transversal o Eje Volcánico Transmexicano. Si bien, diversos temas que han sido expuestos en la presente investigación podrían incluirse en este, los resultados se han presentado acorde con la visión de los actuales investigadores.

11- Ecología de poblaciones

El estudio científico de las interacciones que determinan la distribución y abundancia de los organismos se denomina “ecología de poblaciones” (Worster, 1979).

En el Corredor Biológico Chichinautzin las especies de venado cola blanca han mostrado ser un gran potencial para promover la conservación y uso sustentable del ecosistema del que forman parte, por lo que antes de poner una estrategia de manejo es necesario conocer las características básicas de distribución de la especie en el área; en este sentido Flores-Armillas *et al.* (2011) determinaron el uso y la preferencia de hábitat del venado cola blanca *Odocoileus virginianus mexicanus* Gmelin en el área.

En otro aspecto García-Vázquez, *et al.* (2006) estudiaron la densidad poblacional y algunos aspectos ecológicos de la Salamandra de montaña *Pseudoeurycea leprosa* Cope en dos tipos de vegetación del PN La Malinche, Tlaxcala.

12- Ecoturismo

El turismo en México representa un importante ingreso de divisas; en 2005 recibió 102,545 mil personas de otros países y se registró un ingreso de 11,795 millones de pesos (SEMARNAT, 2006). Debido a la importancia económica, Velázquez y Balslev (2012) exploraron las razones que explican el crecimiento actual del turismo en Tepoztlán, Morelos.

En el PN Nevado de Toluca, Franco-Maass *et al.* (2009) realizaron un análisis de las posibilidades de aprovechamiento recreativo-turístico en donde se consideró el inventario de 19 recursos

existentes y la evaluación cuantitativa con base en las técnicas de evaluación multicriterio discreta. Los resultados indican que la zona conocida como “La Peñuela” y el cráter del volcán contienen los recursos de mayor valor.

13- Edafología

Se encarga de estudiar al suelo en todos sus aspectos; desde su morfología, composición, las propiedades físicas, químicas y biológicas, formación, evolución, taxonomía, distribución, utilidad, recuperación y conservación (Barrios, 1985).

Flores-Román *et al.* (2009) examinaron y definieron el contexto de pedodiversidad el cual determina el sistema geocológico de la Sierra de Guadalupe; consideran que su caracterización provee una herramienta única e indispensable para evaluar los riesgos ambientales del ecosistema y las interacciones e interrelaciones en el medio ambiente.

En la actualidad, los estudios de edafogénesis han cobrado mucha importancia, en virtud de que al suelo se le considere, de manera más apropiada, en los diversos programas de conservación de los recursos naturales, ya que se trata de un recurso no renovable, por lo que su degradación acarrea graves consecuencias económicas, sociales y ambientales (Artieda-Cabello, 2004); sin embargo, este tipo de estudios solo se ha realizado en el PN el Tepeyac (Vela-Correa y Flores-Román, 2004).

14- Educación ambiental

Actualmente es necesario que las personas conozcan y comprendan los efectos de sus acciones sobre la naturaleza para encontrar alternativas que permitan frenar el deterioro, la contaminación y sus causas, por lo que se debe contar con la participación de la escuela, la familia y la sociedad (Hermene, 2005).

Hermene (2005) hace un análisis de cómo la población y los visitantes perciben el espacio recreativo El valle del Columpio I, La Marquesa. Para los habitantes la naturaleza tiene un valor fundamental, es parte de su vida y les es imprescindible porque es la fuente más importante de los ingresos; mientras que, para los visitantes que viven en la ciudad el valor del ámbito natural no es tan homogéneo y la naturaleza cumple el papel del lugar para el descanso; sin embargo, tanto los visitantes como los trabajadores de La Marquesa expresaron su preocupación sobre la preservación del medio ambiente.

15- Especies exóticas

Estos organismos ocasionan elevadas pérdidas de biodiversidad en el mundo, ya que alteran la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas invadidos. En el caso de las especies acuáticas, uno de los principales vectores de movimiento o introducción de los peces de una región a otra son las actividades ornamentales y, en México, se han movilizado más de 115 especies exóticas por este medio (Constán-Nava, 2013).

Mejía-Mojica *et al.* (2012) identificaron peces no nativos establecidos en el ambiente acuático de la RB Sierra de Huautla; reconocieron cinco especies provenientes del Centro y Sudamérica, una africana y tres translocadas de otras cuencas de México. Asimismo, Miranda *et al.* (2012) caracterizaron la diversidad de peces en la RB Barranca de Metztlán, Hidalgo; registraron un total de 7,290 ejemplares, representadas por 16 especies (incluidas 4 introducidas y 4 translocadas).

16- Estudios Multidisciplinarios

Este enfoque, es entendido como un proceso a través del cual se trascienden los límites entre las disciplinas para abordar problemas desde múltiples perspectivas y generar conocimiento emergente (Carrasco, 2016; Morales, 2011).

Un hecho que ejemplifica la inoperatividad de la visión unidisciplinaria es que, en los ámbitos rurales e indígenas, de manera tradicional, el antropólogo o el sociólogo abordan una problemática sin considerar el medio físico-natural y el biólogo o el ecólogo abordan una problemática sin pensar en el componente social. Esto no permite a ninguno de los especialistas entender la complejidad de un problema en el contexto rural e indígena. (Morales, 2011).

Ortíz-Pulido *et al.* 2009, realizaron un estudio en el que caracterizan la fauna, el clima y los aspectos sociales del PN El Chico, Hidalgo; si bien, la investigación en las ANP no debe ser aislada, a la fecha es el único que se realiza con trabajo de campo multidisciplinario.

17- Etología

Se define como la ciencia que estudia las bases biológicas del comportamiento animal, a través de la comprensión de las causas inmediatas de la conducta (Miranda-de la Lama, 2008).

La conducta trófica es un tema de interés para saber cuál es el papel que desempeñan los

organismos en el ecosistema que se encuentran. Trujillo-Jiménez y Espinosa-de los Monteros (2006) describen parte de la conducta alimentaria del pez *Girardinichthys multiradiatus* (MEEK, 1904) en el PN Lagunas de Zempoala. Por su parte, Colón-Quezada (2009) estudió la composición de la dieta de 24 patos mexicanos de la especie *Anas diazi* Ridway, y su variación en dos periodos de otoño consecutivos (2004-2005) en el vaso sur de las Ciénegas de Lerma, Estado de México.

En otro contexto, en la RB Barranca de Metztitlán se analizó por primera vez por medio de una secuencia de fotografías, la conducta de cuidados maternos de una hembra de *Puma concolor* Linnaeus que lleva a sus cachorros a alimentarse (Rojas-Martínez et al., 2013).

18- Fenología

Es la ciencia que estudia las fases del ciclo de vida de los seres vivos y como las variaciones climáticas repercuten sobre los fenómenos biológicos (Valverde et al., 2005). En el lago de Metztitlán, Hidalgo se definieron algunos aspectos reproductivos y de comportamiento sexual de *Menidia jordani* (Woolman, 1894) en un ambiente lacustre ubicado en el límite oriental de su área de distribución natural (Ibáñez et al., 2008).

Díaz-Valenzuela y Ortiz Pulido (2011) evaluaron el efecto de una nevada severa sobre la actividad de colibríes, la abundancia floral y la interacción colibrí-planta en un bosque templado del centro de México.

19- Historia

Tipo de investigación sobre hechos acaecidos en el pasado, es el registro de las acciones realizadas por los hombres (Collingwood, 2000).

Uno de los componentes que se ha dejado a un lado es la manifestación social que conlleva la modificación del ambiente. Velázquez (2008) analiza los movimientos sociales que dieron origen a la oposición, por parte de los pobladores, a la construcción del complejo turístico del club de golf en Tepoztlán, Morelos.

Con respecto a los asentamientos humanos, Rendón-Hidalgo (2011), en su publicación *Hacia una historia de la arquitectura y el urbanismo en México*, describe los complejos arquitectónicos de los grupos que dieron origen a la cultura tolteca y que forman parte del actual PN de Tula.

Por su parte, Espinoza (2012) analizó y describió el surgimiento del Molino de las Flores a través

de la consulta de fuentes primarias con la finalidad de propiciar la conservación del patrimonio histórico-arquitectónico de un molino de trigo de más de 400 años de existencia.

20- Impacto ambiental

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) define en su artículo 3º al impacto ambiental como la “modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o la naturaleza” (DOF, 2012).

Dentro de la RB Barranca de Metztlán se evaluaron los impactos ambientales que se pudieran originar en caso de la construcción del tercer túnel de desfogue en la laguna Metztlán y justificar el régimen de desfogue que permitiría proteger el medio ambiente (Mendoza *et al.*, 2011).

21- Incendios forestales

Un incendio forestal se define como cualquier incendio de vegetación no programado o incontrolado (FAO, 2010). El fuego puede tener una influencia positiva en la naturaleza, ya que ayuda a mantener la biodiversidad, pero cuando se utiliza de forma irresponsable o se produce por alguna negligencia, puede conllevar a consecuencias devastadoras para el medio ambiente, incluso para la salud y seguridad de las personas (CONAFOR, 2010).

En este sentido, Wong y Villers (2007) evaluaron los combustibles y su disponibilidad en incendios forestales en el PN La Malinche, para ello analizaron la humedad de los combustibles muertos sobre el suelo, el cual depende principalmente de su diámetro y de la humedad relativa.

Asimismo, Estrada y Ángeles (2007) evaluaron los combustibles forestales en el PN “El Chico”, Hidalgo, con el objetivo de ejecutar acciones tendientes a minimizar el riesgo de que se inicie un incendio forestal.

22- Innovaciones

Existen muchas acepciones de innovación dependiendo del contexto en que se utilice (García, 2012). De forma sucinta se puede decir que la innovación es todo cambio que está basado en conocimiento y que genera valor (COTEC, 2010).

Dentro de las ANP las innovaciones de tecnologías para el desarrollo de estudios de diferente índole generaran dicho valor. Vázquez *et al.*, (2007) indican que el uso de métodos que resulten

en una baja tasa de recapturas o en el deceso de los individuos podría provocar la pérdida de valiosa información; debido a ello, diseñaron una trampa de red y la compararon con trampas de caja para evaluar la eficiencia de captura y recaptura, el sesgo de capturas respecto al sexo y peso corporal, y los tipos de lesiones que causan cada tipo de trampa sobre conejos durante su captura.

23- Legislación pública

Desde hace varias décadas México se enfoca en la regulación oficial respecto a la protección y conservación de sus recursos naturales; sin embargo, esto en gran parte pasa desapercibido dentro de la legislación, ya que en la realidad cada vez es más evidente el deterioro de esos recursos. Durante el 2001, se elaboró un Plan de Manejo de los Parques Nacionales Iztaccíhuatl-Popocatepetl y Zoquiapan y Anexas, no obstante, hasta el 2015 poco se sabía de la implementación de ese plan. Al parecer se han pospuesto indefinidamente las acciones planteadas que tenían como finalidad poner en práctica las políticas de conservación y manejo derivadas de la legislación ecológica (Hernández-García y Granados-Sánchez, 2006).

En el 2006, Hernández-García y Granados-Sánchez analizaron cual es el papel y la trascendencia que a lo largo de la historia moderna han tenido las políticas y la legislación en materia ecológica en el PN Iztaccíhuatl-Popocatepetl-Zoquiapan y Anexas.

24- Microbiología

Es la ciencia que estudia los microorganismos (bacterias, hongos, parásitos y virus), tanto aquellos causantes de enfermedades como los saprófitos y beneficiosos (Granados y Villaverde, 1997).

Leptospira interrogans es una bacteria que ha sido registrada en cualquier especie de mamífero tanto terrestre como acuático. Hernández-Camacho *et al.* (2010) realizaron un estudio en el PN El Cimatarío para determinar si esta bacteria está afectando a las poblaciones de caninos silvestres del parque. Los caninos estudiados fueron positivos a ocho de las 11 pruebas realizadas, no obstante, no presentaron sintomatología asociada al patógeno, lo que sugiere que los caninos podrían ser reservorios del mismo.

25- Plagas y enfermedades

Una de las principales causas de pérdida de biodiversidad en todo el mundo son las plagas y enfermedades, debido a que modifican los ecosistemas, provocan daños ambientales y pérdidas económicas en el área donde se presentan (Gurevitch y Padilla, 2004; CONABIO, 2012).

Las plantas parásitas son un grupo polifilético de amplia distribución mundial. En México se encuentran con gran frecuencia las del género *Arceuthobium* M. Bieb. (Viscaceae), conocidos comúnmente como muérdagos enanos. Al sur del cerro Papayo en el ANP “Zoquiapan y Anexas”, Estado de México, coexisten *Arceuthobium vaginatum* (Willd) Presl. subsp. *vaginatum* y *A. globosum* Hawksw. & Wiens subsp. *grandicaule*. Queijeiro-Bolaños *et al.* (2011) estudiaron la distribución diferencial de dos especies de muérdago enano sobre *P. hartwegii* Lindl.

26- Servicios ambientales

Los bosques de las ANP se consideran como un importante depósito de carbono cuya permanencia en el ecosistema depende en gran medida de que no se manifiesten fenómenos naturales y antropogénicos nocivos (Razo-Zárate, *et al.*, 2013a).

En el PN El Chico, Hidalgo se determinó el mejor escenario para el almacenamiento y captura de carbono en bosques de *Abies religiosa* (Kunth) Schldtl. & Cham. Se realizó un inventario forestal en el 2011 en una superficie de 212.95 ha que comprendían tres tipos de bosques: 1) conservado, 2) medianamente alterado y 3) alterado (Razo-Zárate *et al.*, 2013a). Asimismo, Razo-Zárate *et al.* (2013b) estimaron la biomasa y el carbono almacenado en árboles de oyamel afectados por el fuego en el PN “El Chico”, Hidalgo.

27- Valoración de recursos

En la investigación científica, la relación entre la economía y el medio ambiente ha cobrado fuerza, especialmente la cuantificación del valor de los recursos naturales (Cura *et al.*, 2013).

Martínez (2005) estimó el valor económico de los beneficios que obtienen los usuarios directos del PN Desierto de los Leones, ya que este valor permite que los responsables de tomar decisiones, consideren algunas utilidades que comúnmente no se cuantifican. Por otra parte, en la RB Barranca de Metztitlán, Monroy *et al.* (2011) analizaron la valoración económica del servicio ambiental hidrológico basándose en que los usuarios de estos servicios no están pagando por la recarga del manto freático.

28- Vulcanología

Es la ciencia especializada en el estudio de los fenómenos magmáticos y volcánicos que ocurren tanto en el manto como en la corteza terrestre, involucra la generación, y salida de los minerales que se van formando en el interior de la tierra por el calor que se genera desde el centro del planeta (Carreto *et al.*, 2000).

En 2005, Gómez-Tuena *et al.* realizaron un estudio con el objetivo de promover y facilitar el estudio interdisciplinario del arco magmático mexicano, mediante la revisión de los datos y las ideas que han sido planteadas a lo largo de los años para explicar su origen. Asimismo, Macías (2005) explica la geología e historia eruptiva de los volcanes Nevado de Colima, Nevado de Toluca, Popocatepetl, Pico de Orizaba, Tacaná y Chichón.

Conclusiones

Durante los últimos 10 años la biodiversidad es el tema de mayor interés por parte de los investigadores en las ANP del Centro y Eje Neovolcánico Transversal, seguido de cambio de uso de suelo, ecología de poblaciones y aprovechamiento de recursos. Se considera que esto es debido al enfoque que se le ha dado a las ANP.

Temas de gran relevancia en la actualidad como contaminación, deterioro del ecosistema, especies exóticas, impacto ambiental y educación ambiental no han tenido la atención que se merecen. Se deben considerar debido a los diversos cambios en los ecosistemas por estos factores en los últimos años y que posiblemente en un futuro lleven a consecuencias irreversibles.

Las áreas Naturales en las que se ha divulgado y focalizado la investigación han sido la RB Barranca de Metztitlán y el PN Iztaccíhuatl-Popocatepetl.

La investigación multidisciplinaria abre ventanas de oportunidad permitiéndonos abordar problemas desde múltiples perspectivas y generar conocimiento emergente; sin embargo, es una perspectiva poco abordada al igual que educación ambiental, innovaciones y microbiología.

Se desconocen las causas por las que los investigadores priorizan temas de investigación y áreas naturales protegidas; sin embargo, y debido a la función de un ANP, la legislación gubernamental, los institutos de investigación y los centros de enseñanza deben de considerar la inclusión de todas para su manejo y conservación.

Agradecimientos

A Daniel Torres Orozco Jiménez por las sugerencias, en el diseño de imágenes que pudieron ser incluidas en el artículo. A los comentarios y observaciones que han hecho los revisores anónimos y que permitieron mejorar este trabajo. Esta Investigación es producto del trabajo de la Red de Investigación Temática CONACyT Áreas Naturales Protegidas (RENANP). ómico a través de los proyectos SIP-IPN 2012. Asimismo este trabajo Protegidas (RENANP) y con el apoyo economico del proyecto 269540 de Redes Tematicas de CONACYT. Los Autores agradecemos al Lic. Gerardo Hernández el diseño gráfico editorial y a la Ms.C. Diana Dorantes la revisión del Idioma Inglés del Abstract.

Literatura citada

- Arribas, P., P. Abellán, J. Velasco, D. Bilton, J. Lobo, A. Millán y D. Sánchez-Fernández. 2012. *La vulnerabilidad de las especies frente al cambio climático, un reto urgente para la conservación de la biodiversidad*. Ecosistemas, Revista Científica De Ecología y Medio Ambiente. 3 (21): 79-84.
- Arriola, P. V. J., E. Estrada, A. Ortega-Rubio, R. Pérez y A. R. Gijón. 2014. *Deterioro en áreas naturales protegidas del centro de México y del Eje Neovolcánico Transversal*. Investigación y Ciencia. 60 : 37-49.
- Arriola-Padilla, V. J., E. Estrada-Martínez, R. Medellín-Jiménez, A. R. Gijón-Hernández, L. A. Pichardo-Segura, R. Pérez Miranda y A. Ortega-Rubio. 2015. *Áreas Naturales Protegidas del Centro de México: degradación y recomendaciones*. pp. 337-374. En: Ortega-Rubio, A., Pinkus-Rendón M. y Espitia-Moreno I. *Las Áreas Naturales Protegidas y la Investigación Científica en México*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste de S.C., La paz B. C., Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. 572 pp.
- Artieda-Cabello, O. 2004. *Génesis y distribución de suelos en un medio semiárido*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Quinto (Zaragoza), España. <http://www.geocities.com/RainForest/Andes/4080/genesis.htm> (05 marzo 2004).
- Barragan F, C.E. Moreno, F. Escobar, G. Halffter y D. Navarrete. 2011. *Negative impacts of human land use on dung beetle functional diversity*. PLOS ONE 3 (6): e17976.

- Barrera-Moreno, O., T. Escalante y G. Rodríguez. 2011. *Panbiogeografía y modelos digitales de elevación: un caso de estudio con roedores en la Faja Volcánica Transmexicana*. Revista de Geografía Norte Grande. 48: 11-25.
- Barrios, I. 1985. *La edafología: origen, desarrollo y conceptos*. Vasconia: Cuadernos de historia-geografía. 5 : 89-113.
- Bezaury-Creel, J., D. Gutiérrez-Carbonell. 2009. Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 385-431.
- Brena-Bustamante, P., R. Lira-Saade, E. García-Moya, A. Romero-Manzanares, H. Cervantes-Maya, M. López-Carrera y S. Chávez-Herrera. 2013. *Aprovechamiento del escapo y los botones florales de Agave kerchovei en el valle de Tehuacán-Cuicatlán, México*. Botanical Sciences. 2 (91): 181-186.
- Brunett, E., J. Emilio, E. Cadena y M. Vicenta. 2010. *Pago por servicios ambientales hidrológicos: caso de estudio Parque Nacional del Nevado de Toluca, México*. Ciencia ergo-sum. 3 (17): 286-294.
- Carrasco L., R. 2016. *La investigación interdisciplinaria e internacional*. Consultado: 2-01-2016. En: <http://www.unife.edu.pe/centro-investigacion/boletin/enlaces/1.pdf>
- Carreto, F., R. González y J. J. Villavicencio. 2000. Geografía General. Universidad Autónoma de estado de México. Estado de México, México. 257 p.
- Castro, B. C., L.I. Bauer, A. Trinidad y R. Carrillo. 2007. *Cadmio, plomo, níquel y zinc en suelos del Parque Desierto de los Leones*. Terra Latinoamericana, 2 (25): 95-103.
- Camacho, N. S. y R. Naranjo. 1983. *Glosario de Recursos Naturales. Agua, Suelo y Vegetación*. Ed. Limusa. Ciudad de México, México. 314 pp.
- Cibrián, T. y J. Cibrián. 2007. Escenarios forestales y enfermedades. En: Cibrián, T. D., Alvarado, D.R. y García, S.E. (Eds.), *Enfermedades Forestales en México/Forest Diseases in México*, pp. 4-9, México: Universidad Autónoma Chapingo; CONAFORSEMARNAT, México; Forest Service USDA, EUA; NRCAN Forest Service, Canadá y Comisión Forestal de América del Norte, COFAN, FAO, 2007.
- Corvalán, C., S. Hales y A. Mcmichael. 2005. *Ecosistemas y bienestar humano: Síntesis sobre salud*. Un informe de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM). Consultado: 22/01/2016.

- Disponible en: <http://www.millenniumassessment.org/documents/MA-Health-Spanish.pdf>
- Collingwood, R. G. 2000. *Idea de la Historia*. Ed. Fondo de Cultura Económica. Ciudad de México, México. 324 pp.
- Colón-Quezada, D. 2009. *Composición de la dieta de otoño del pato mexicano (Anas diazi) en el vaso sur de las ciénegas del Lerma, Estado de México*. Revista Mexicana de Biodiversidad. 1 (80): 193-202.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2015. Áreas Protegidas Decretadas. Consultado: 10-12-2015. En: http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2010. *Incendios forestales. Guía práctica para comunicadores*. Consultado: 15-12-2015. En: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/10/236Gu%C3%ADa%20pr%C3%A1ctica%20para%20comunicadores%20-%20Incendios%20Forestales.pdf>
- Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2006. *Capital Natural y Bienestar Social*. Consultado: 20/12/2015. En: http://www.conabio.gob.mx/2ep/images/3/37/capital_natural_2EP.pdf
- Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2009. *Biodiversidad Mexicana*. Consultado: 15-01-2016. En: http://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/pdf/Que_es.pdf
- Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2012. *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación*. Consultado: 17-01-2015. En: http://www.conanp.gob.mx/pdf_publicaciones/Especies%20invasoras%20Mexicodic2010.pdf
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (CONANP-SEMARNAT). 2006. *Programa de conservación y manejo: Parque Nacional Desierto de los Leones*. Consultado: 15-01-2016. En: <http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/554>
- Constán-Nava, S. 2013. *Ecología de la especie invasora Ailanthus altissima (Mill.) Swingle. Bases para su control y erradicación en Espacios Naturales Protegidos*. Ecosistemas, Revista Científica De Ecología y Medio Ambiente. 1 (22): 83-85.
- Cura, R. A. R., O. D. Zarabozo, G. G. País, H. F. Azcona, G. B. Rodríguez, M. S. Celada y D. V. Alberdi. 2013. *Valoración económico-ambiental de recursos naturales seleccionados en la cuenca del*

- rio Guanabo, La Habana, Cuba. Revibec: revista iberoamericana de economía ecológica. (20): 45-55.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2012. *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente*. Consultado: 20-01-2016. En: http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1133/1/ley_general_del_equilibrio_ecologico_y_la_proteccion_al_ambiente.pdf
- Díaz-Valenzuela, R. y R. Ortiz-Pulido. 2011. *Efecto de una tormenta de nieve sobre la interacción colibrí-planta: los patrones espaciotemporales se recobran rápido*. Revista Mexicana de Biodiversidad. 1 (13): 1243-1248.
- Durand, L. y J. Jiménez. 2010. *Sobre áreas naturales protegidas y la construcción de no-lugares. Notas para México*. Revista Lider. 12 (16): 59-72.
- Elbers, J. (Editor). 2011. *Las áreas protegidas de América Latina: Situación actual y perspectivas para el futuro*. Quito, Ecuador, UICN, 227 pp.
- Endara, A. A. R., G. Nava, S. Franco, A. Espinoza, J. A. B. Ordóñez y C. Mallén. 2012. *Extracción de madera en el Parque Nacional de Nevado de Toluca*. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 11 (3): 81-90.
- Erazo, P. M. y R. Cárdenas. 2013. *Ecología: Impacto de la problemática actual sobre la salud y el ambiente*. ECOE. 248 pp.
- Estrada, C. I. y E. R. Ángeles. 2007. *Evaluación de combustibles forestales en el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo*. Ecología y biodiversidad, claves de la prevención. Sevilla, España.
- Espinoza, O. R. 2012. *El Molino de Tuzcacuaco. Antecedentes de la hacienda Molino de Flores, Texcoco, Estado de México, 1567-1667*. Boletín de Monumentos Históricos-Tercera Época. 25 : 94-108.
- Flores-Armillas, V., S. Gallina, B. García, V. Sánchez-Cordero y M. Jaramillo. 2011. *Selección de hábitat por el venado cola blanca *Odocoileus virginianus mexicanus* (Gmelin, 1788) y su densidad poblacional en dos localidades de la región centro del Corredor Biológico Chichinautzin, Morelos, México*. Therya, 3 (2): 263-277.
- Flores-Román, D., G. Vela-Correa, J. E. Gama-Castro y Luis Silva-Mora. 2009. *Pedological diversity and the geocological systems of Sierra de Guadalupe, central México*. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. 3 (26): 609-622.
- Franco, S. y M. Valdez. 2003. *Principios básicos de cartografía y cartografía automatizada*. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. 160 pp.

- Franco, S., H. Regil y J. Benjamín. 2009. *Dinámica de perturbación-recuperación de las zonas forestales en el Parque Nacional Nevado de Toluca*. Madera y Bosques. 1 (12): 17-28.
- Franco-Maass, S., M. Osorio-García, G. Nava-Bernal y H. Regil-García. 2009. *Evaluación multicriterio de los recursos turísticos, Parque Nacional Nevado de Toluca – México*. Estudios y perspectivas en turismo. 2 (18): 208-226.
- Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica (COTEC). 2010. *La innovación en sentido amplio: Un modelo empresarial. Análisis conceptual y empírico*. COTEC, Madrid, España. 69 pp.
- Gámez, N., T. Escalante, G. Rodríguez, M. Linaje y J. Morrone. 2012. *Caracterización biogeográfica de la Faja Volcánica Transmexicana y análisis de los patrones de distribución de su mastofauna*. 1(83): 258-272.
- García G. F. 2012. *Conceptos sobre innovación. Contribución al análisis Pest (política, economía, sociedad, tecnología)*. Consultado: 20-01-2016. En: http://www.acofi.edu.co/wp-content/uploads/2013/08/DOC_PE_Conceptos_Innovacion.pdf
- García-Flores, A. M. A. Lozano-García, A. L. Ortiz-Villaseñor y R. Monroy-Martínez. 2014. *Uso de mamíferos silvestres por habitantes del Parque Nacional El Tepozteco, Morelos, México*. Etnobiología. 3 (12): 57-67.
- García-Vázquez, U., M. Gutiérrez-Mayén, C. Hernández-Jiménez y V. Auriol-López. 2006. *Estudio de la densidad poblacional y algunos aspectos ecológicos de Pseudoeurycea Leprosa en El Parque Nacional La Malinche, Tlaxcala, México*. BOL. SOC. HERPETOL. MEX. 1 (14): 10-17.
- Gómez-Díaz, J. D., A. I. Monterroso-Rivas, J. A. Tinoco-Rueda y J. López-García. 2007. *Comportamiento de la vegetación bajo escenarios de cambio climático en la reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México*. Zonas Áridas. 1(11): 61-69.
- Gómez-Tuena, A., Ma. T. Orozco-Esquivel y L. Ferrari. 2005. *Petrogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana*. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. 3 (57): 227-283.
- González, M., Jurado, E., González, S., Aguirre, O., Jiménez, P., Navar J. 2003. *Cambio climático mundial: origen y consecuencias*. Ciencia UANL. 003 (6): 377-385.
- González-Medina R. E., M. Mendoza-Briseño y D. Alvarado-Rosales. 2010. *Exposición a ozono en relación a vitalidad en un bosque de oyamel (Abies religiosa (Kunth) Schltdl. & Cham)*. Madera y Bosques. 4 (16): 7-19.
- González-Ocampo, H., G. Rodríguez-Quiroz y A. Ortega-Rubio. 2015. *Una revisión panorámica de las Áreas Naturales Protegidas de México*. pp. 19-40. En: Ortega-Rubio, A., Pinkus-Rendón

- M. y Espitia-Moreno, I. Las Áreas Naturales Protegidas y la Investigación Científica en México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste de S.C., La paz B. C., Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. 572 pp.
- Gurevitch, J. y D.K. Padilla. 2004. *Are invasive species a major cause of extinctions?* Trends in Ecology and Evolution, 9 (19): 470-474.
- Granados, R. y M. del C. Villaverde. 1997. *Microbiología*. Editorial Paraninfo. Madrid, España. 352 pp.
- Halfpeter, G. 1995. *¿Qué es la biodiversidad?* Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural. 62 :5-14.
- Halfpeter, G. 2011. *Reservas de la biosfera: Problemas y oportunidades en México*. Acta Zoológica Mexicana (ns), 27 (1): 177-189.
- Halfpeter, G., C. Tinoco-Ojanguren, L. Iñiguez-Dávalos y A. Ortega-Rubio. 2015. *La investigación científica y las Áreas Naturales Protegidas en México: una relación exitosa*. pp.3-18. En: Ortega-Rubio, A., Pinkus-Rendón M. y Espitia-Moreno, I. Las Áreas Naturales Protegidas y la Investigación Científica en México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste de S.C., La paz B. C., Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. 572 pp.
- Hernández, E. 2005. *La conciencia ambiental en los espacios recreativos naturales. Estudio de caso: el Valle del Columpio I, La Marquesa*. El Periplo Sustentable. 10 : 23-44.
- Hernández-Camacho, N., C. López-González y M. Guerrero-Carrillo. 2010. *Seroprevalencia de Leptospira interrogans, hematología y perfil bioquímico en cánidos silvestres del Parque Nacional El Cimatario, Querétaro*. México. THERYA. 2 (1): 121-128.
- Hernández-García, M. A. y A. Granados-Sánchez. 2006. *El Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl-Zoquiapan y el impacto ecológico-social de su Deterioro*. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 2 (12): 101-109.
- Hernández-Silva, G., R. García-Martínez, S. Solís-Valdez, S. Martínez-Trinidad, I. Mercado-Sotelo, M. Ramírez-Islas, P. Scharek y G. Solorio-Munguía. 2012. *Presencia del Hg total en una relación suelo-planta-atmósfera al Sur de la Sierra Gorda de Querétaro, México*. TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas. 1 (15): 5-15.

- Ibáñez, A., J. García y E. Torres-Orozco. 2008. *Aspectos reproductivos de una población del charal Menidia jordani (Woolman) del Lago de Metztitlán, Hidalgo. Hidrobiología. 1 (18): 1-9.*
- Macías, J. L. 2005. *Geología e historia eruptiva de algunos de los grandes volcanes activos de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. 3 (57): 379-424*
- Martínez, C. A. L. 2005. *El valor consuntivo del Desierto de los Leones. Gaceta Ecológica. 75 : 51-64*
- Mejía-Mojica, H., F. Rodríguez-Romero y E. Díaz-Pardo. 2012. *Recurrencia histórica de peces invasores en la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla, México. Revista de Biología Tropical. 2 (60): 669-681.*
- Mendoza, M., A. Quevedo, L. Nikolskii, E. Rubiños y E. Hernández. 2011. *Impacto y caudales ambientales del túnel propuesto en la laguna Metztitlán, Hidalgo, México. Tecnología y Ciencias del Agua. 4 (2): 111-129.*
- Miranda, R., D. Galicia, S. Monks y G. Pulido-Flores. 2012. *Diversity of Freshwater Fishes in Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, Mexico, and Recommendations for Conservation. The Southwestern Naturalist. 3 (57): 285-291.*
- Miranda-de la Lama, G. 2008. *Comportamiento y bienestar en la producción animal: Hacia una interpretación integral. REDVET Revista electrónica de Veterinaria. 1 (9): 1-8.*
- Molina, N. 2005. *¿Qué es el estado del arte?. Ciencia y Tecnología para la salud Visual y Ocular. 5 : 73-75.*
- Monroy, H. R., R. Valdivia, M. Sandoval y J. E. Rubiños. 2011. *Valoración económica del servicio ambiental hidrológico en una Reserva de la Biosfera. Terra Latinoamericana. 3 (29): 315-323.*
- Monroy, R., G. Castillo-Cedillo y H. Colin. 2007. *La Perlita o Perlilla Symphoricarpos microphyllus H.B.K. (Caprifoliaceae) especie no maderable utilizada en una comunidad del Corredor Biológico Chichinautzin, Morelos, México. Polibotanica. 23 (1): 23-36.*
- Monroy, R.; Quezada-Martínez, A. 2010. *Estudio etnobotánico del frijol yepatlaxtle (Phaseolus coccineus L.), en el área natural protegida Corredor Biológico Chichinautzin, Morelos, México. Avances en Investigación Agropecuaria. 1 (14): 23-34.*
- Monterroso-Rivas, A., J. Gómez-Díaz y J. Tinoco-Rueda. 2009. *Servicios ambientales hidrológicos bajo escenarios de cambio climático en el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo. Madera y Bosques. 2 (15): 5-26.*
- Morales, J. 2011. *Las alternativas ante la crisis y la sustentabilidad. En: Morales, J. 2011. La agroecología en la construcción de alternativas hacia la sustentabilidad rural. Ciudad de México, México.*

ITESO. 318 pp.

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2010. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010*. Consultado: 22/10/2015. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/013/i1757s/i1757s.pdf>
- Ortíz-Pulido, R., A. Ramírez-Bautistas, A. E. Rojas-Martínez, M. Sánchez-Meza, J. A. Granados-Alcantar, A. L. Vega-Sánchez, I. García-Paredes, S. Daniel Hernández-Flores y A. Ramírez-Pérez. 2009. *Caracterización faunística, climática y sociodemográfica del Parque Nacional El Chico, Hidalgo, México*. pp. 49-59. En: Monks S., G. Pulido-Flores y M. López-Herrera. (Eds.). *Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas Vol. I*. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. México.
- Pavón, N. P., R. I. Escobar y R. Ortiz-Pulido. 2006. *Extracción de hojas de la palma "Brahea dulcis" en una comunidad otomí en Hidalgo, México*. *Interciencia*. 1(31): 57-61.
- Paz, S. M. F. y L. Cuevas. 2006. *Las áreas naturales protegidas del norte de Morelos*. CRIM. Ciudad de México, México. 92 pp.
- Pérez-Pérez, R. E., N. Miramontes-Rojas, J. Aguilar-Rosales y H. Quiroz-Castelán. 2008. *Macrolíquenes cortícolas en dos especies de coníferas del Parque Nacional Lagunas de Zempoala*. *Acta Universitaria*. 2 (18): 33-39.
- Peters, C., A. Gentry y R. Mendelsohn. 1989. *Valuation of an Amazonian rainforest*. *Nature* 339 : 655-656.
- Queijeiro-Bolaños, M., Z. Cano-Santana e I. Castellanos-Vargas. 2011. *Distribución diferencial de dos especies de muérdago enano sobre Pinus hartwegii en el Área Natural Protegida "Zoquiapan y Anexas", Estado de México*. *Acta Botánica Mexicana*. 96 (1): 49-57.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, F. Mendoza-Quijano, R. Cruz-Elizalde, R. B. Stephenson, V. D. Vite-Silva, A. Leyte-Manrique. 2010. *Lista anotada de los anfibios y reptiles del estado de Hidalgo, México*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México. 114 pp.
- Razo-Zárate, R., A. Gordillo-Martínez, R. Rodríguez-Laguna, C. Maycotte-Morales y O. Acevedo-Sandoval. 2013a. *Escenarios de carbono para el bosque de oyamel del Parque Nacional El Chico, Hidalgo, México*. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 1 (19): 17-21.
- Razo-Zárate, R., A. Gordillo-Martínez, R. Rodríguez-Laguna, C. Maycotte-Morales y O. Acevedo-

- Sandoval. 2013b. *Estimación de biomasa y carbono almacenado en árboles de oyamel afectados por el fuego en el Parque nacional "El Chico", Hidalgo, México*. Madera bosques 2 (19): 73-86.
- Rendón-Hidalgo, V. 2011. *Hacia una historia de la arquitectura y el urbanismo en México, 2011*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 23 pp.
- Rojas-García, F. y L. Villers-Ruiz. 2005. *Comparación de dos métodos para estimar la densidad de madera de Pinus hartwegii Lindl. Del Volcán La Malinche*. Madera y Bosques. 1 (11):63-71.
- Rojas-García, F. y L. Villers-Ruiz. 2008. *Estimación de la biomasa forestal del Parque Nacional Malinche: Tlaxcala-Puebla*. Rev. Ciencia Forestal en México. 104 (33): 59-86.
- Rojas-Martínez, A., M. Aguilar-López y B. Muñoz. 2013. *Cuidados maternales y registros recientes de Puma (Puma concolor) y Gato Montes (Lynx rufus) en el estado de Hidalgo, México*. THERYA. 3 (4): 565-573.
- Romahn de la Vega, C. F. y H. Ramírez. 2010. *Dendrometría*. Serie de apoyo académico No. 26. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). División de Ciencias forestales. México. 294 p.
- Ruiz, V., R. Savé y A. Herrera. 2013. *Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993 – 2011*. Ecosistemas, Revista Científica De Ecología y Medio Ambiente. 3 (22): 117-123.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad Flora. México. 504 pp.
- Secretaría de medio ambiente y recursos naturales (SEMARNAT) 2006. *Introducción al ecoturismo comunitario*. Consultado: 17-01-2016. En: http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgipea/semarnat_ecoturismo.pdf
- Torres-García, U., C. X. Pérez-Valladares, Y. Herrería-Diego, R. F. Pineda-López. 2014. *Efecto de los factores ambientales sobre la diversidad de insectos hemimetábolos y coleópteros acuáticos en la cuenca del Río Xichú, Guanajuato, México*. Revista de Biología Tropical. 2 (62): 69-80.
- Trujillo-Jiménez, P. y E. Espinosa-de los Monteros. 2006. *La ecología alimentaria del pez endémico Girardinichthys multiradiatus (Cyprinodontiformes: Goodeidae), en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México*. Revista de biología tropical. 4 (54): 1247-1255.
- Tudela, J., M. Martínez, R. Valdivia, J. Romo, M. Portillo y R. Ventura. 2011. *Valoración económica de los beneficios de un programa de recuperación y conservación en el Parque Nacional Molino de*

- Flores, México. Rev. Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 17(2): 231-244.
- Valdez-Lazalde, J. R., C. A. Aguirre-Salado y G. Ángeles-Pérez. 2011. *Análisis de los cambios en el uso del suelo en la cuenca del río Metztlán (México) usando imágenes de satélite: 1985-2007*. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 3 (17): 313-324.
- Valverde, T., J. A. Meave, J. Carabias, Z. Cano-Santana. 2005. *Ecología y medio ambiente*. PEARSON EDUCACIÓN. México. 240 pp.
- Vázquez, J., L. Rodríguez-Martínez, A. Bautista, R. Hudson y M. Martínez-Gómez. 2007. *Evaluación de una nueva trampa para capturar conejos silvestres (Sylvilagus cunicularius y S. floridanus)*. Revista Mexicana de Mastozoología. 1 (11): 34-46.
- Vela-Correa, G. y D. Flores-Román. 2004. *Génesis de suelos del Parque Nacional "El Tepeyac"*. TERRA Latinoamericana. 4 (22): 389-399.
- Velázquez G. M. A. 2008. *La construcción de un movimiento ambiental en México. El club de golf en Tepoztlán, Morelos*. Región y Sociedad. 43 (20): 61-96.
- Velázquez, M. y H. Balslev. 2012. *Tepoztlán, una economía de la experiencia íntima*. Latin American Research Review. 3 (47): 134-154.
- Wong, G. J. C. y M. L. Villers. 2007. *Evaluación de combustibles y su disponibilidad en incendios forestales: un estudio en el Parque Nacional La Malinche*. Investigaciones Geográficas (Mx). 62 : 87-103.
- Worster, D. 1979. *Nature's Economy.: The Roots of Ecology* (Garden City, N. Y.: Anchor) Press/ Doubleday, XIV. 424 pp.
- Zamora C. E. M., O. G. Vázquez, A. Pérez, R. Cano, A. Aparicio y E. Fernández. 2007. *Variación Natural de la densidad de la madera en Pinus montezumae Lamb. En tres altitudes del Parque Nacional La Malinche, Tlaxcala, México*. Foresta Veracruzana. 2 (9): 33-37.

Cita

Ramírez-Huerta L. C. M. López-Guzmán, V. J. Arriola-Padilla*, Z. Trejo-Sandoval, R. Pérez-Miranda y C. L. Jiménez-Sierra. 2016. La investigación en las Áreas Naturales Protegidas de la Región Centro y Eje Neovolcánico Transversal de México. *Áreas Naturales Protegidas Scripta*. Vol.2 (2): 37-66. <https://doi.org/10.18242/anpscripta.2016.02.02.02.0003>

Sometido: 19 de Junio de 2016

Revisado: 18 de Julio de 2016

Aceptado: 24 de Agosto de 2016

Editora asociada: Dr. Joaquín Sosa Ramírez

Idioma Inglés Abstract: Ms.C. Diana Dorantes

Diseño gráfico editorial: Lic. Gerardo Hernández