
El concepto de dominios ambientales

como estrategia en la planificación territorial del sistema lacustre del Lago de Texcoco, estado de México

The concept of Environmental Domain used for territorial planning at Texcoco's Lacustrine System in the State of Mexico, Mexico

Pedro Joaquín Gutiérrez-Yurrita¹

Jaime San Román²

Miguel López¹

¹ Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

² Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, Aguas del Valle de México), Ciudad de México, México.

pgutierrezy@ipn.mx, pedro_joaquin_gutierrez@yahoo.com.mx

Resumen

El oriente de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México es una región con una población superior a los 5 millones de personas. Sin embargo, sólo posee una gran área natural, el lecho lacustre del Lago de Texcoco. Bajo el concepto de los Dominios Ambientales se generaron las Unidades de Gestión Ambiental que coadyuven a revertir el deterioro ecológico del complejo palustre, rehabilitar sus funciones ecológicas y promover actividades que mejoren el estatus económico y el nivel de vida de toda la población afectada.

Palabras clave: gestión ambiental; rehabilitación ecológica; ordenación territorial.

Abstract

The east of the Metropolitan Area of Mexico City is a region with more than five million people. However, it only has a natural area, the ancient lake bed of Lake Texcoco. This study shows the efforts made by Environmental Management Units based on holistic environmental domains, which have helped to reverse the ecological damage of the marsh complex, to rehabilitate ecological functions, and to promote activities for improving the economic status and living standards of the entire population.

Key words: environmental management; ecological rehabilitation; land arrangement.

1. Introducción

Los ordenamientos territoriales tienen como finalidad establecer de manera equitativa y con justificación técnica los destinos presentes y futuros del uso del suelo, ya sea en una pequeña región o a escalas de metaregión (Sassen, 2007), sin perder de vista su dinamismo natural e inducido por el hombre (Muñoz, *et al.*, 2013). De esta forma, el ordenamiento ecológico de un territorio está estrictamente regulado por los tres órdenes de gobierno en México: Federal, Estatal y Municipal. El objetivo tácito de esta manera de ordenar un territorio con diferentes competencias de gobierno es dirimir los conflictos intra-sociales y extra-jurisdiccionales de la sociedad con su entorno natural por las diversas actividades humanas en un territorio (Gutiérrez-Yurrita, 2013). Bajo esta perspectiva, la ordenación territorial se convierte en un poderoso instrumento del derecho ambiental con especial envergadura en áreas densamente pobladas, ya que siempre que se regula una actividad, se imponen límites a las acciones humanas que podrían generar riqueza a corto plazo a un sector específico de la sociedad (Gutiérrez-Yurrita, 2009a).

Los conflictos sociales derivados de la ordenación territorial, en el marco del Plan Parcial de Desarrollo Municipal, se magnifican porque se establecen los límites y las direcciones del crecimiento urbano, rural y suelo de conservación, el cual deberá estar acorde con lo que marca la política de la entidad federativa y la de esta última, con la de la federación. Dichas políticas de ordenación son fuente de conflictos administrativos graves cuando atañen a municipios periurbanos densamente poblados y con escasas áreas naturales propicias para

declararlas como suelo de conservación (Peláez-Gálvez, *et al.*, 2015).

Las áreas de conservación son regiones que tienen limitados sus usos en diversidad e intensidad generando problemas adicionales a los grupos sociales que las habitan, en especial porque casi siempre son los grupos más marginados económicamente y rezagados socialmente quienes las ocupan. Dichas áreas normalmente están en mejor estado de conservación que el resto del territorio, porque no son tan fáciles de ocupar (alta montaña, región inundada de las lagunas y áreas pantanosas aledañas a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México –ZMCM); por lo mismo, carecen de infraestructura urbana como vías de comunicación, sanitaria, hidráulica, etc.; han estado casi olvidadas por el hombre hasta que el crecimiento de la población y las grandes migraciones del interior a la ciudad empujan a esos migrantes laborales a ocuparlas (Bifani, 2009).

En el caso concreto del oriente de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, una característica geofísica que ha frenado la celeridad de su deterioro ambiental y urbanización, es que forma parte de lo que fue el gran lago de Texcoco, que contaba hace 600 años con una extensión de 7.868 km², pero que las continuas desecaciones y la acelerada extracción de agua la han dejado en la actualidad con una zona permanente de inundación de ca. 15 km², con una llanura de aluvión inundable de acuerdo con la temporada de lluvias de ca. 55 km² (Gutiérrez-Yurrita y López, 2011). El resultado geográfico es una extensa llanura sedimentaria con horizontes enriquecidos con carbonato de calcio provenientes de calcitas y no de margas como suele ocurrir en lagos hipersalinos, producto de su origen

lacustre y pedológico, lo que los hace extremadamente raros a nivel mundial (Gutiérrez-Castorena, *et al.*, 1998; San Román, *et al.*, 2011). Una característica de estos suelos es su escasa productividad agropecuaria y elevada inestabilidad y características impredecibles para urbanizar (San Román, *et al.*, 2012).

En la actualidad, el remanente vaso del lago de Texcoco ocupa territorialmente parte de tres municipios del estado de México, conurbados con la Ciudad de México: Atenco, Texcoco y Tezoyuca. Y las teselas paisajísticas que lo estructuran, forman un mosaico heterogéneo de áreas que tienen diversos fines humanos desde el urbano estricto, hasta el de preservación ecológica, desde hace más de diez siglos (San Román, *et al.*, 2013), siendo de forma natural la barrera ecológica que han buscado urbanistas y conservadores desde hace siglos, pero que cobró un auge muy especial desde la cumbre de Estocolmo en 1972, agudizada por los problemas socioambientales de las grandes áreas urbanas (Carré y Fernández, 2013; Gutiérrez-Yurrita, 2013).

Las autoridades federales mexicanas, conociendo la relevancia ecológica, social y económica de la región, buscaron su protección federal mediante el decreto de un Parque Ecológico del Lago de Texcoco (PELT), gestionado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), con sede en las oficinas de Aguas del Valle de México. El lago de Texcoco, por su importancia estratégica en la política de desarrollo urbano, no sería gestionada como un área natural protegida normal, sino como un área especial de protección a sistemas acuáticos con un muy alto nivel de vulnerabilidad y fragilidad ecológica, de tal forma que la Comisión Nacional de Áreas

Naturales Protegidas de México (CONANP) no tendría injerencia en ella.

El PELT y su área de influencia inmediata, al formar parte de un área importante para la conservación de regímenes hídricos, hidroperiodos y recarga de acuíferos, debe estar sujeta a una planeación integral supra-municipal, cuya prioridad en la distribución de los recursos y asignación de usos de suelo potencie sus objetivos de creación, sin menoscabo de la tasa de desarrollo local en sus dimensiones social y económica (Riera, *et al.*, 2005; Gutiérrez-Yurrita, 2012).

Dejando a un lado la relevancia ecológica como área especial de protección para la biodiversidad nacional y migratoria, el PELT, protegido internacionalmente por el Tratado de Libre Comercio con Norteamérica como paisaje emblemático y estratégico para la preservación de la fauna migratoria, corre un grave peligro de desaparición, dado que la presente administración federal considera que ahí debe construirse el nuevo aeropuerto de la Ciudad de México (Comisión para la Cooperación Ambiental, 1997). Secar lo que queda del vaso de agua dulce de Texcoco, desaparecer totalmente el lago salado y las salinas es la consigna para el desarrollo de transportes en México. Plan que va a todas luces contra la ecología del sistema y los planes de desarrollo municipales y estatales.

La gestión ecosistémica del PELT y sus alrededores consiste en la identificación y asignación de grados de vulnerabilidad ecológica de cada tesela que lo compone, para generar las directrices de manejo y planes concretos de acción que las alejen de las amenazas antropogénicas y, con ello, reducir su fragilidad ecosistémica (Margules y Sarkar, 2009). El plan rector de manejo

del PELT, entonces, debe estar asociado a los Programas de Ordenación Ecológica del Territorio Estatal (POET) y a los planes parciales de desarrollo de cada municipio que tiene injerencia en él, así como a diferentes estrategias de reclamación ecológica de las áreas deterioradas y abandonadas (Elizondo *et al.*, 2016). Para lo cual, el primer paso, después del diagnóstico eco-social del territorio, es su zonificación en Dominios Ambientales (DA). Los DA se traducen en medidas operativas a través de Unidades de Gestión Ambiental (UGAs) como lo establece la normatividad mexicana (Gutiérrez-Yurrita, 2011a).

El concepto de DA se basa en la clasificación de un territorio, entendido como un paisaje, atendiendo a indicadores cuantitativos en lugar de cualitativos. De esta manera, como establecen Leathwick *et al.*, (2003) se determina, más que detectar, el potencial que tiene una clasificación ambiental para proporcionar un hilo conductor de procesos socio-ecológicos de paisaje que sirva a la planificación territorial de usos y conservación. Los DA sirven como marco teórico de ordenación territorial cuando el paisaje ha sido ostensiblemente deteriorado y transformado, pero que tiene todavía buena capacidad de resiliencia y puede, por lo mismo, rehabilitarse.

El objetivo de este estudio fue configurar una regionalización primaria (Zonas Principales) y secundaria (Unidades de Gestión Ambiental) que permita una gestión del PELT congruente con las políticas públicas ambientales federales y estatales, y en consonancia con los programas parciales de desarrollo de los municipios afectados, de tal forma que haya una rehabilitación ecológica del vaso y un incremento en la calidad

de vida de los vecinos del área, para que este paisaje funcione como un verdadero sistema ecológico de una de las zonas más pobladas del mundo.

2. Área de estudio

El Parque Ecológico Lago de Texcoco se encuentra ubicado en el lago de Texcoco, al nor-oriental de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Limita al poniente con el Distrito Federal y ocupa tres municipios del estado de México: Atenco, Texcoco y Tezoyuca (**Figura 1**).

Es importante resaltar su alta complejidad paisajística, diferente a la de cualquier otro sistema ambiental gestionado por el hombre, incluyendo lagos salados, por ser el vaso lagunar de una cuenca endorreica de poca profundidad y tener suelos salinos e hipersalinos; así como un régimen hídrico estacional con hidropereodo corto que producen un tipo de agua de composición muy poco usual, sodio-carbonatada (San Román, *et al.*, 2012). Este tipo de agua es característico de los escasos lagos llamados *Soda-Lake* puesto que, además de tener disuelto en agua NaCl, contienen también Na_2SO_4 y Na_2CO_3 (San Román, *et al.*, 2013). Cabe añadir, por otro lado, que este extraño lago, desde el punto de vista geohidrológico, se localiza en un área densamente poblada y está severamente impactado por actividades de contaminación industrial, agrícola y urbana, en forma de residuos sólidos y líquidos (San Román, *et al.*, 2011). El PELT puede definirse por dos peculiaridades:

- Aunque se localiza en un paisaje antropizado desde muy antiguo, mantiene una capacidad de resiliencia elevada dado que es un cuerpo lagunar hete-

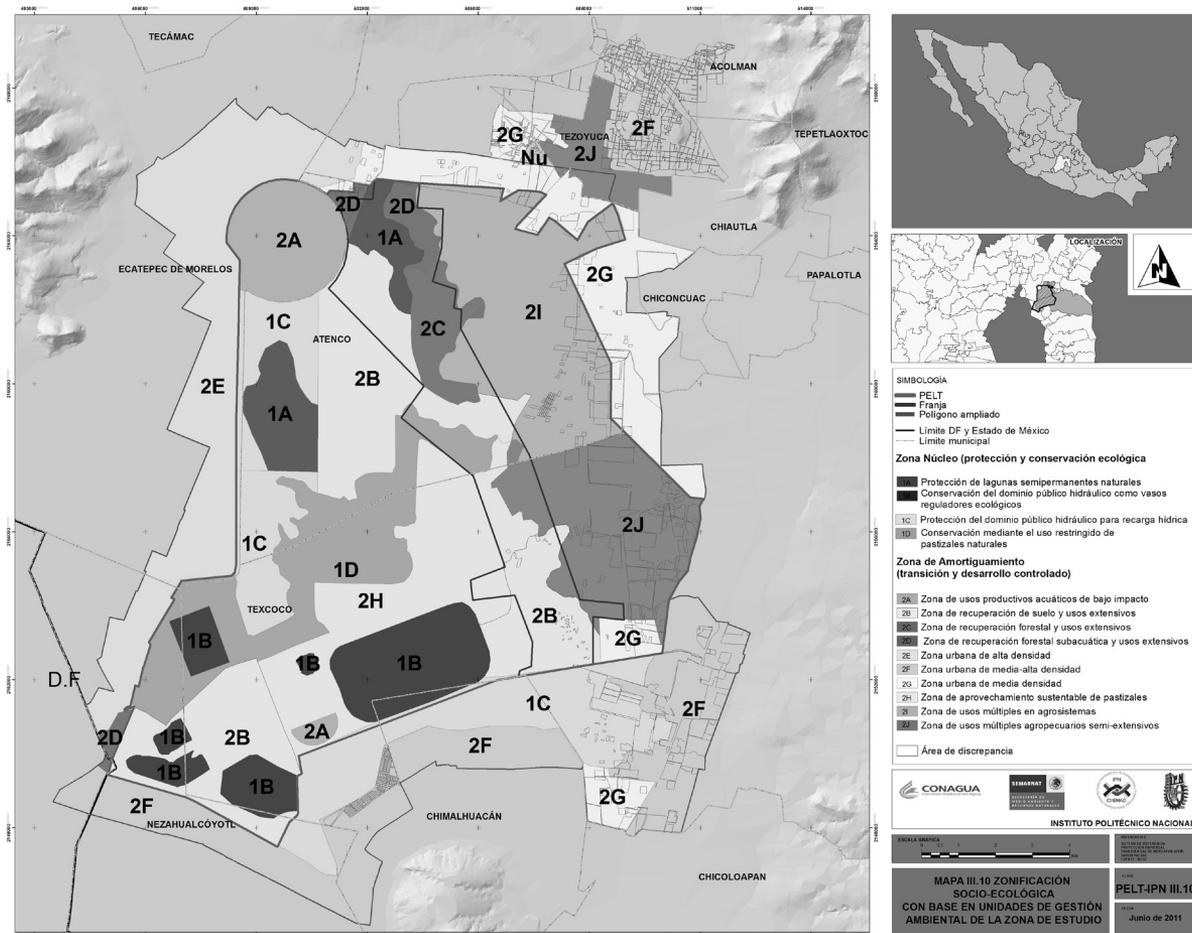


Figura 1 Localización del área de estudio y zonificación socio-ecológica general con base teórica de Dominios Ambientales y base operativa en Unidades de Gestión Ambiental

rogéneo difícil de controlar y menos de dominar. Se tienen registros en los códices precolombinos de cómo, desde los primeros pobladores de lengua náhuatl hasta los aztecas, lo han querido controlar para utilizar las bondades de la laguna y el pantano, con escaso éxito (Romero, 2003; Gutiérrez-Yurrita y López, 2011).

- El sistema palustre que lo conforma es, al contrario de lo que se piensa actualmente dada su apariencia física externa sin árboles y con suelos salinos, alta-

mente variado, tiene diversas fuentes de abastecimiento de agua, tipos de suelo, topografía, climas, morfogénesis y sobre todo, una rica diversidad biológica (Maeda, 1991; Alcocer-Durand y Escobar-Briones, 1992; Alcocer-Durand, *et al.*, 1993; Gutiérrez-Yurrita, 2004a; Funk, *et al.*, 2005; Zambrano, *et al.*, 2009; Alcocer-Durand y Bernal, 2010). Cada año arriban a los paisajes de la cuenca «Valle de México» o como se conocía antiguamente «Cuenca del Anáhuac», más de 200.000 aves migratorias de Canadá

y Estados Unidos para invernar; y otras no cuantificadas, procedentes de Centro y Sudamérica para estivar; lo que se traduce en que más de 250 especies de aves y su comportamiento migratorio están resguardadas jurídicamente por un tratado internacional que protege sus paisajes a lo largo de toda su ruta migratoria (USFWS *et al.*, 2004).

3. Metodología

3.1. Criterios de zonificación primaria

La unificación de nomenclatura y criterios en el manejo de áreas de protección ecológica es sustancial para poder llevar a cabo la estrategia de conservación del PELT y su integración con la estrategia de la conservación biológica del estado de México, así como los POETS municipales. Por tal motivo, se realizó la zonificación con los criterios de la SEMARNAT (LGEEPA, 2011, Artículo 45) y en concreto de la CONANP (reglamento para crear y gestionar Áreas Naturales Protegidas –ANP–, Artículo 49).

Se parceló el territorio en dos zonas, las zonas núcleo y de amortiguamiento; y éstas, a su vez, se subdividieron en subzonas denominadas Unidades de Gestión Ambiental (UGA). La zonificación y subzonificación abarcan diferentes escalas espacio-temporales y, de esta forma, contienen los diversos procesos ecológicos que mantienen la capacidad de resiliencia y producción de los ecosistemas implicados en la gestión (teselas paisajísticas), (Gutiérrez-Yurrita, 2004b). El marco teórico de la subzonificación se basó en la propuesta de Margules y Sarkar (2009) llamada «dominios ambientales» por estar considerado como el método más moderno de la biología de la conservación para justi-

ficar la zonificación primaria y secundaria de un ANP (Sodhi y Ehrlich, 2010).

Los dominios ambientales contemplan que las variables del medio ambiental están estadísticamente correlacionadas y subrogadas unas con respecto a otras entre las escalas regionales y locales (Gutiérrez-Yurrita, *et al.*, 2013) y que las sinergias entre ellas generan procesos ecológicos que no hubieran sido posibles de forma aislada (Guisan, *et al.*, 2002). Al tomar en cuenta que no se puede medir la biodiversidad de la zona, así como la cantidad y calidad de los recursos hídricos que la surcan, se utilizaron variables subrogadas verdaderas y subrogadas estimadas para tener cálculos indirectos de estos fenómenos naturales que se desean conservar (Gutiérrez-Yurrita, 2011b). Como factores subrogados verdaderos para la zonificación primaria se contempló la riqueza específica y morfogénesis de la microcuenca. Los subrogados estimados, al ser indicadores ecológicos que ayudan a predecir los subrogados verdaderos y que su cuantificación es más sencilla, se utilizaron para la delimitación de las UGAs. En este caso fueron tipo de suelo, tipo de vegetación, cobertura, llanura de inundación máxima y mínima, usos actuales de suelo, clima y elevación digital del terreno (Gutiérrez-Yurrita, 2014a). Con estos datos se generaron las matrices Presencia del factor subrogado x Área de muestreo (Margules, *et al.*, 2002).

La zonificación primaria atiende a la delimitación de zonas núcleo, entendidas como las zonas del PELT más vulnerables a su degradación y en mejor estado de conservación para que coadyuven a lograr los objetivos fijados en la declaratoria del PELT. En segundo término, se demarcaron las zonas de amortiguamiento, cuya función

primordial es orientar las actividades de aprovechamiento que se lleven a cabo en el PELT y sus alrededores, de acuerdo con la llamada vocación natural del suelo y, que conduzcan hacia sustentabilidad regional (Savory, 2005); es importante que mientras se desarrollen las actividades permitidas, se logren no sólo metas sociales, sino también que se superen los retos ambientales como el de lograr la conservación de los ecosistemas (en funcionamiento y estructura) a largo plazo bajo un enfoque holístico (Gutiérrez-Yurrita, 2014b).

En cada zona se trasladó el dominio ambiental generado a UGAs, como el área mínima territorial operativa, donde se generen y apliquen las estrategias de conservación marcadas en los objetivos del PELT. Por otro lado, en la escala temporal, el ordenamiento espacial de este paisaje debe atender criterios de tiempo evolutivo, ecológico y humano, ya que no sólo deben evitarse los conflictos contemporáneos entre hombre-hombre (conflicto intrageneracional) y hombre-naturaleza (economía de supervivencia); sino entre hombre generación actual-hombre generaciones futuras (conflicto intergeneracional) y hombre sincrónico y anacrónico-procesos ecológicos y evolutivos de la naturaleza, de tal forma que se transite hacia la sustentabilidad regional (Bosselmann, 2008). Para terminar de configurar la UGA, en su aspecto social, se considera la importancia de la región como área periurbana de una gran metrópoli, por tanto, debe circunscribirse su forma de operar bajo el paradigma de la Ciudad-Global-Región (Shelton, 2005; Gutiérrez-Yurrita, 2013). Es importante mencionar que la manera de abordar estas zonificaciones en cuanto a su parte administrativa es nueva, ya que atien-

de a los análisis multicriterio y lógica difusa para su gestión, de tal forma que el plan de manejo pueda adaptarse continuamente a las nuevas exigencias socio-ecológicas (Gutiérrez-Yurrita, 2014c).

3.2. Criterios de zonificación holística

Los criterios sustanciales para la delimitación de cada una de las zonas y subzonas propuestas para el manejo del PELT atienden a dos componentes estructurales radicales. Por un lado, a que la conservación biológica, y todo su *bagage* de información ecosistémica, se preserve para su óptimo manejo, y por otro lado, asegurar que las actividades productivas de los moradores vecinos al PELT y dentro del PELT, así como sus necesidades de servicio no se verán interrumpidas, sino que se mejorarán al adecuarlos a un desarrollo sostenido y sustentable en la región. De esta forma, los criterios utilizados fueron: representación ecológica, representatividad ecológica, complementariedad ambiental, uso del suelo, manejo de ambientes extremos, calidad ambiental.

4. Resultados

La zonificación del PELT, incluyendo el municipio de Tezoyuca por su importancia como parte integral de la cuenca, se puede ver de forma sintética en el **cuadro 1**. La **figura 1** muestra, a su vez, el polígono del área de estudio con la zonificación propuesta para su gestión en Unidades de Gestión Ambiental.

La zona núcleo tiene como principal objetivo la preservación de los ecosistemas a mediano y largo plazo y está formada por cuatro Unidades de Gestión Ambiental:

Cuadro 1 Zonificación del Parque Ecológico Lago de Texcoco

Zona / Subzona	Nombre de la zona	Superficie (has)
Núcleo 1	Protección y Conservación Ecológica	7170.79
Subzona 1.A	Protección de lagunas naturales	800.03
Subzona 1.B	Conservación del Dominio Público Hidráulico (vasos reguladores ecológicos)	1571.82
Subzona 1.C	Protección del dominio público hidráulico para recarga hídrica	2845.01
Subzona 1.D	Usos restringidos de pastizales naturales	1953.94
Amortiguamiento 2	Transición y desarrollo controlado	20374.77
Subzona 2.A	Zona de usos productivos acuáticos de bajo impacto	905.06
Subzona 2.B	Zona de recuperación de suelo y usos extensivos	3479.24
Subzona 2.C	Zona de recuperación forestal y usos extensivos	440.78
Subzona 2.D	Zona de recuperación forestal subacuática y usos extensivos	311.05
Subzona 2.E	Zona urbana de alta densidad	2916.39
Subzona 2.F	Zona urbana de media-alta densidad	3642.01
Subzona 2.G	Zona urbana de media densidad	1930.96
Subzona 2.H	Zona de aprovechamiento sustentable de pastizales	1928.33
Subzona 2.I	Zona de usos múltiples en agrosistemas	2448.96
Subzona 2.J	Zona de usos múltiples agropecuarios semi-extensivos	2372.00
Superficie total		27545.57

- Dos Unidades de Gestión Ambiental dedicadas a la Protección: Estas subzonas son las que han sufrido muy poca alteración, así como ecosistemas relevantes o frágiles y fenómenos naturales, que requieren de un cuidado especial para asegurar su conservación a largo plazo. Las zonas de protección que se proponen representan en este caso concreto, dos vestigios de lo que fue el gran lago de Texcoco (1A: *Protección de lagunas naturales*); sin embargo, con un buen plan de gestión particular, podrían funcionar a escala de cómo lo hacía la cuenca hace algunas generaciones ecológicas. Es importante preservar la temporalidad de estas charcas permanentes que tienen fluctuaciones considerables en extensión, debidas a la temporada de lluvias. Asimismo, el régimen hídrico se hace de vital importancia en este tipo de lagunillas, puesto que marca la velocidad de cambio del sistema y con ello, se preserva la función de desecación lenta y de acumulación de sales (1C: *Protección del dominio público hidráulico para recarga hídrica*);
- Dos Unidades de Gestión Ambiental de conservación con usos restringidos: Estas subzonas contienen paisajes en buen estado de conservación a pesar de los siglos de usos de las mismas; es donde se busca mantener las condiciones actuales de los ecosistemas, e incluso mejorarlas (rehabilitarlas ecológicamente) en los sitios que así se requieran para incre-

mentar la producción hasta optimizarla, en términos sustentables (1B: *Conservación del dominio público hidráulico como vasos reguladores ecológicos*), y en las que se podrán realizar actividades de aprovechamiento que no modifiquen los ecosistemas y que se encuentren sujetas a estrictas medidas de control (1D: *Conservación mediante el uso restringido de pastizales naturales*).

- La zona de amortiguamiento tiene como función principal orientar a que las actividades de aprovechamiento que ahí se lleven a cabo, se conduzcan hacia el desarrollo sustentable, creando al mismo tiempo las condiciones necesarias para lograr la conservación de los ecosistemas de ésta a largo plazo, mediante acciones concretas de recuperación ecológica:
- Tres Unidades de Gestión Ambiental para recuperación ecológica: Estas UGAs se caracterizan por ser paisajes donde sus recursos naturales han resultado severamente alterados o modificados por actividades humanas del sector primario, y que presentan características ecológicas que hacen susceptible su rehabilitación (2B: *Zona de recuperación de suelo y usos extensivos*); de igual forma, estas subzonas presentan todavía elementos forestales autóctonos, aunque mezclados con los introducidos, pero que los nuevos ensamblajes ecológicos pueden mantener el balance ecosistémico actual, sin alterar en demasía al resto de los ecosistemas aledaños e influenciados por esta zona (2C: *Zona de recuperación forestal y usos extensivos*); y el último tipo de ecosistemas presentes en esta subzonificación son los subacuáti-

cos. Estos parajes semi-naturales mantienen en diversas localidades su alta productividad de maleza, quelites⁽¹⁾, y la variada vegetación que, bajo un esquema de explotación intensiva mantuvo vivo y floreciente al imperio Azteca (2D: *Zona de recuperación forestal subacuática y usos extensivos*);

- Dos Unidades de Gestión Ambiental para usos productivos tradicionales: Son paisajes que desde tiempos prehispánicos han sido modificados para aprovecharlos de forma continua y con las mismas técnicas ancestrales para la producción de algas, crustáceos planctónicos o sal por ejemplo; de tal forma que se satisfagan las necesidades socioeconómicas y culturales de los habitantes del área protegida (2A: *Zona de usos productivos acuáticos de bajo impacto*); y una gran zona que debe mantenerse en uso para dar continuidad a los procesos ecológicos que actualmente la sostienen, pero con una buena planeación espacio-temporal de la UGA; esta zona comprende una gran área de pastizales no nativos que ya se han naturalizado y forman parte de diversas actividades humanas de bajo impacto, por su carácter extensivo; se pretende orientar estas prácticas hacia su sustentabilidad (2H: *Zona de aprovechamiento sustentable de pastizales*);
- Dos UGAs dedicadas a usos múltiples con predominancia de los sistemas agropecuarios: Una zona dedicada al aprovechamiento sustentable de agroecosistemas compuesta por paisajes totalmente antropofizados y caracterizada por ser un área agrícola sin agua de riego, y con pocas actividades ganaderas

intensivas y extensivas. Esta área puede desarrollarse económicamente mediante el uso de agricultura bajo invernadero y en condiciones de hidroponía (2I: *Zona de usos múltiples en agrosistemas*); una zona que también presenta deterioro ecológico por la presión agrícola sin riego y tierras de cultivo abandonadas en franco proceso de hacerse silvestres, pero no exclusivamente con elementos biológicos autóctonos; la composición fisicoquímica del suelo difiere de la UGA 2I y, por tanto, son recomendables otras prácticas productivas, de menor impacto y diferentes especies a las recomendadas para la zona 2I., también pueden contemplarse actividades recreativas, de ocio y turismo rural y ecológico (2J: *Zona de usos múltiples agropecuarios semi-extensivos*);

- Tres UGAs destinadas *ex profeso* a los asentamientos humanos regularizados, atendiendo cada una de ellas a diferente densidad poblacional actual y potencial: estas áreas corresponden a las que ya han sufrido una radical transformación del paisaje natural ancestral de la cuenca del Anáhuac, con la desaparición total de los ecosistemas originales, debido al desarrollo de asentamientos humanos, previos a la declaratoria del área protegida (2E: *Zona urbana de alta densidad*; 2F: *Zona urbana de media-alta densidad*; y 2G: *Zona urbana de media densidad*).

5. Discusión

El Programa de Ordenación Ecológica del Territorio del Estado de México es concebido como una herramienta de planeación de la política pública ambiental mexiquense, con incidencia en el desarrollo de la entidad

(Galván y Serrano, 2008). El POET mexiquense resalta la problemática ambiental más aguda para priorizar actuaciones y áreas de conservación y preservación de la biodiversidad (Ceballos, *et al.*, 2008; Gutiérrez-Yurrita y López, 2011). Cuando la CONAGUA apoya la creación del PELT, lo que hace es buscar la manera de mejorar la administración del recurso hídrico en la Zona, en todas sus vertientes, partiendo de la base de que se deben contener las avenidas de agua incontroladas, eliminar totalmente las inundaciones en centros de población, evitar mayores niveles de contaminación a los permitidos por la ley, sanear los sistemas acuáticos y de sedimentos del área y conservar los acuíferos de la región (CONAGUA, 2002). La conservación de una extensa área de lo que antaño fue el vaso del sistema palustre Texcoco, ayuda a la gestión integral del agua y a su posterior administración, mediante la regulación de los usos de suelo y su complementariedad territorial en la conservación de las funciones ecológicas de los ecosistemas involucrados con el POET mexiquense y los planes parciales de desarrollo municipales.

El suelo de conservación se entiende como un área cuyos atributos especiales lo hacen digno de protección especial, diferente al del territorio circundante, mediante la imposición de límites en los usos del suelo y de la estructura ecológica (recursos naturales) que ostenta (Gutiérrez-Yurrita, 2000; Sodhi y Ehrlich, 2010); de cara a preservar el funcionamiento ecológico de la microcuenca y con ello, asegurar la sustentabilidad de los servicios ambientales que ofrecen al hombre (Bosselmann, 2008; Gutiérrez-Yurrita, 2009b). Al imponer restricciones a determinados usos, no se hace referencia a la prohibición absoluta

del uso de los recursos, sino simplemente a un aprovechamiento más racional de los elementos de la naturaleza, de tal forma que puedan continuarse con las actividades menos impactantes ambientalmente y más congruentes con las funciones ecológicas de la región (Gutiérrez-Yurrita, 2011c). Bajo este perfil, se propone la continuidad de ciertas actividades como el pastoreo o el uso de los pastizales, pero con un plan de manejo productivo. Eliminar radicalmente las actividades humanas de la zona de protección ambiental no es la solución a los problemas ecológicos de la zona (Götmark, 1991). Sin embargo, sí engrandece los problemas sociales e incrementa los conflictos entre grupos sociales y la sociedad con las autoridades, incitándola a la rebeldía o a que ellos mismos resuelvan sus problemas al margen de la legalidad.

El análisis comparativo entre el mapa generado del PELT con su zonificación a nivel de UGAS, con respecto a las cartas de usos de suelo y de discrepancia entre usos de suelo y la realidad en el uso del suelo, así como el análisis comparado con los mapas municipales del POET, es un elemento fundamental para compatibilizar la gestión del PELT con la ambiental de los municipios que tienen injerencia en este territorio; de tal forma que se eliminen los posibles problemas por malos entendidos en los usos reales y potenciales de suelo y recursos, y por contravenirse unas actividades con otras en el mismo espacio geográfico.

Ciertamente hay diferencias en los dominios ambientales, usos y potencialidades territoriales, principalmente en el momento de asignar límites territoriales a las UGAS, las cuales no se comportan de forma discreta unas con otras, sino de manera continua,

gradual y sinérgica, esto es, los sistemas que ocurren en el PELT forman un sistema complejo cuyas propiedades emergentes no han sido totalmente detectadas, de ahí la aproximación holística (Auyang, 1999; Gutiérrez-Yurrita, 2004b; Oshry, 2008).

Un área natural protegida y por tanto las UGAS que la construyen, no es una isla ni un paisaje aparte del resto del territorio, forma parte del mismo territorio a ordenar y conservar (Gutiérrez-Yurrita, 2009c; Margules y Sarkar, 2009). El sistema utilizado en el POET mexicano toma como unidad de clasificación al ecosistema, nuestro modelo es más detallado y se basa en las relaciones funcionales inherentes a cada tesela paisajística, y los límites son una media de las áreas en las cuales cambia la fuerza de las relaciones funcionales.

En el POET se jerarquizan el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y se ajustan los límites ecológicos a los políticos (municipios). Se utilizan de esta manera los principios de homeostasis y enanteostasis ecosistémica (Gutiérrez-Yurrita, 2004b). Esta diferente manera de abordar los problemas ambientales y su cartografía operativa, no refleja necesariamente discordancias irreconciliables en usos de suelo y distribución de recursos entre ambos sistemas clasificatorios, sino más bien, define de manera más precisa los usos vocacionales del suelo (San Román, *et al.*, 2013); y si éstos son incorrectos, cómo pueden revertirse el proceso que deteriora el paisaje, siendo un aspecto medular en estos procesos restablecer la conectividad entre teselas (Coder, 2011; Gutiérrez-Yurrita, 2014a).

La regionalización ecológica del POET tiene como sustento teórico y operativo la realizada por la Comisión para la Coopera-

ción Ambiental del Tratado de Libre Comercio (1997). Para la región que nos ocupa, denominada R-XI Texcoco, el tipo general de vegetación es el 13-Sierras Templadas. Y el segundo nivel de clasificación hace referencia a que pertenecen al Sistema Volcánico Transversal con clave 4. El tercer nivel discriminatorio hace referencia a los aspectos climáticos que promueven diferentes subtipos de vegetación.

Por otro lado, también es interesante resaltar que en el POET se presenta un marco descriptivo a diferentes escalas espaciales con la clasificación ecológica y el grado de vulnerabilidad de cada área tipificada. El problema es que esta nivelación de ecosistemas se realizó con base en trabajos de 1999, por lo que las condiciones prevalentes en este momento difieren sustancialmente de las actuales; aun así, seguiremos con este sistema taxonómico por ser el usado en el POET del 2008.

El último punto importante a considerar en nuestro análisis comparativo son los criterios de regulación ecológica. Criterios que mediante análisis multicriterio y lógica difusa sirven para señalar recomendaciones de usos de suelo a gran escala, en una región con fronteras difusas entre lo natural, lo rural y lo urbano: **a)** desarrollo urbano; **b)** desarrollo rural; **c)** actividad minera de competencia estatal; y **d)** manejo de áreas naturales protegidas. Hay más de 200 recomendaciones, las cuales van desde poner señalamientos en el ANP, hasta se prohíbe dentro de una ANP tirar residuos peligrosos. El resultado final debe ser una recomendación administrativa en el Plan Parcial de desarrollo Municipal de cada municipio con competencia jurisdiccional, que permita la complementariedad de ecosistemas en la

conservación y su dinamismo permanente y no que las áreas propuestas por cada municipio para conservación, se base en criterios de representación de especies emblemáticas, que poco o nada ayudan a la preservación de los procesos ecológicos elementales para nuestra subsistencia y mejoramiento de calidad de vida, como podría ser la cosecha de agua o la protección de los procesos evolutivos para mantener la biodiversidad regional (Vane-Wright, *et al.*, 1991; Pressey, *et al.*, 2003; Muñoz, *et al.*, 2013).

5.1. Municipio de Atenco

El municipio de Atenco cuenta en el POET con cinco unidades ecológicas para su gestión. De las cuales sólo una representa al suelo de conservación (código AN-5-628), y abarca apenas unas 20 hectáreas. Las otras cuatro unidades ecológicas se destinan a actividades agropecuarias. En la época en la cual se realizaron los criterios para asignar grados de vulnerabilidad (CONAGUA, 1999), la vulnerabilidad de casi todo el territorio era mínima, con excepción del ANP dictaminada en máxima y otra región de poca extensión, destinada a la restauración dictaminada como baja. A más de 10 años de esa clasificación, aunque se haya actualizado para el POET del 2008, se aprecia una clara diferencia paisajística. En el **cuadro 2** se presenta un análisis pormenorizado de las categorías ambientales de antes y las que se proponen en este proyecto. Es interesante señalar que casi toda la superficie del municipio de Atenco se encuentra dentro del polígono extendido del PELT.

Lo primero que hay que resaltar es que ya no tiene cabida la pequeña ANP que se propone en el POET; sin embargo, en ese espacio importante por los endemismos bioló-

Cuadro 2 Aspectos relevantes del análisis socio-ambiental del municipio de Atenco

UGA	Fragilidad ambiental	Uso actual del suelo	Actividades primordiales que se propones	Política Ambiental que se propone
1A	Alta	Agrícola	Conservar el funcionamiento temporal de las lagunas	Protección de lagunas temporales
1C	Muy alta	Pecuario y Agrícola	Preservación del régimen hídrico para conservar suelos y vegetación	Protección del dominio público hidráulico para recarga hídrica
2B	Alta	Agrícola	Rehabilitación de suelos y estabilizar laderas	Zona de recuperación de suelo y usos extensivos
2C	Alta	Agrícola	Rehabilitación de la cobertura forestal original	Zona de recuperación forestal y usos extensivos
2D	Muy alta	Agrícola	Rehabilitar cauces, cubeta de las lagunas, estabilizar laderas y calidad del agua	Zona de recuperación forestal subacuática y usos extensivos
2I	Alta	Agrícola	Agricultura y ganadería controlada de bajo impacto y densidad	Zona de usos múltiples en agrosistemas
2G	Media	Agrícola	Urbanismo moderado congruente con el paisaje	Zona urbana de media densidad

gicos, en especial de pastizales y matorrales de suelo salinos (halófitos), se propone una UGA de conservación mediante el uso restringido de pastizales naturales. El ANP marcado en el POET, actualmente no tiene sentido funcional porque sus reducidas dimensiones hacen que el efecto borde sea más grande de lo que pretende proteger, y es posible que no se cumpla el objetivo central de su propuesta (Gutiérrez-Yurrita, 2000). A este respecto es importante señalar que muchas de las especies a proteger que si no están seguras en áreas grandes menos lo estarán en áreas reducidas y con perímetros con vértices muy marcados, en donde la presión humana de los sistemas adyacentes es muy fuerte y el efecto «frontera» muy elevado, como es este caso (Margules y Sarkar, 2009). La conservación del PELT, en este sentido, tiene una

función doble al servir como cinturón ecológico de la ZMCM: **1)** proteger la biodiversidad y diversidad biológica y, **2)** evitar el crecimiento de la mancha urbana (Carré y Fernández, 2013; Gutiérrez-Yurrita, 2013).

La UGA de conservación mediante el uso restringido de pastizales naturales no se representa en el **cuadro 2** porque su extensión dentro del límite territorial de Atenco es escasa (alrededor de las 50 has) y fuerte en el de Texcoco (ca. 1.900 has), donde se analiza y discute a profundidad. Hay que recordar que las UGAs del PELT no deben estar sujetas estrictamente a los límites políticos del territorio, y su gestión en los planes parciales de desarrollo debe circunscribirlas de manera global.

En lo referente al ordenamiento urbano y de usos de suelo es interesante señalar

que las discrepancias fundamentales entre lo que hay actualmente y el potencial de crecimiento urbano, se dan a costa de reducir la frontera agrícola para extender el uso habitacional, producto de la presión social por vivienda nueva (Figura 2). La zona habitacional se localiza principalmente al oriente y norte del municipio; en su parte oriental el uso de suelo habitacional compite con el de agricultura. Sin embargo, en la región norte, este uso compite por áreas de conservación (Zonas 1A y 2D, principalmente), además de agrícola. Esta región se hace, por tanto, más vulnerable ecológicamente

hablando porque la presión urbana es más fuerte, y cuando hay competencia directa entre conservación y crecimiento económico y urbano, siempre pierde la conservación.

5.2. Municipio de Texcoco

Este es el municipio más grande de toda la región, incluso da nombre a la región en la clasificación territorial del POET (Región XI, Texcoco). La superficie del polígono extendido del PELT abarca casi un tercio del área total del municipio; sin embargo, como no puede dejarse de lado lo que ocurre en los

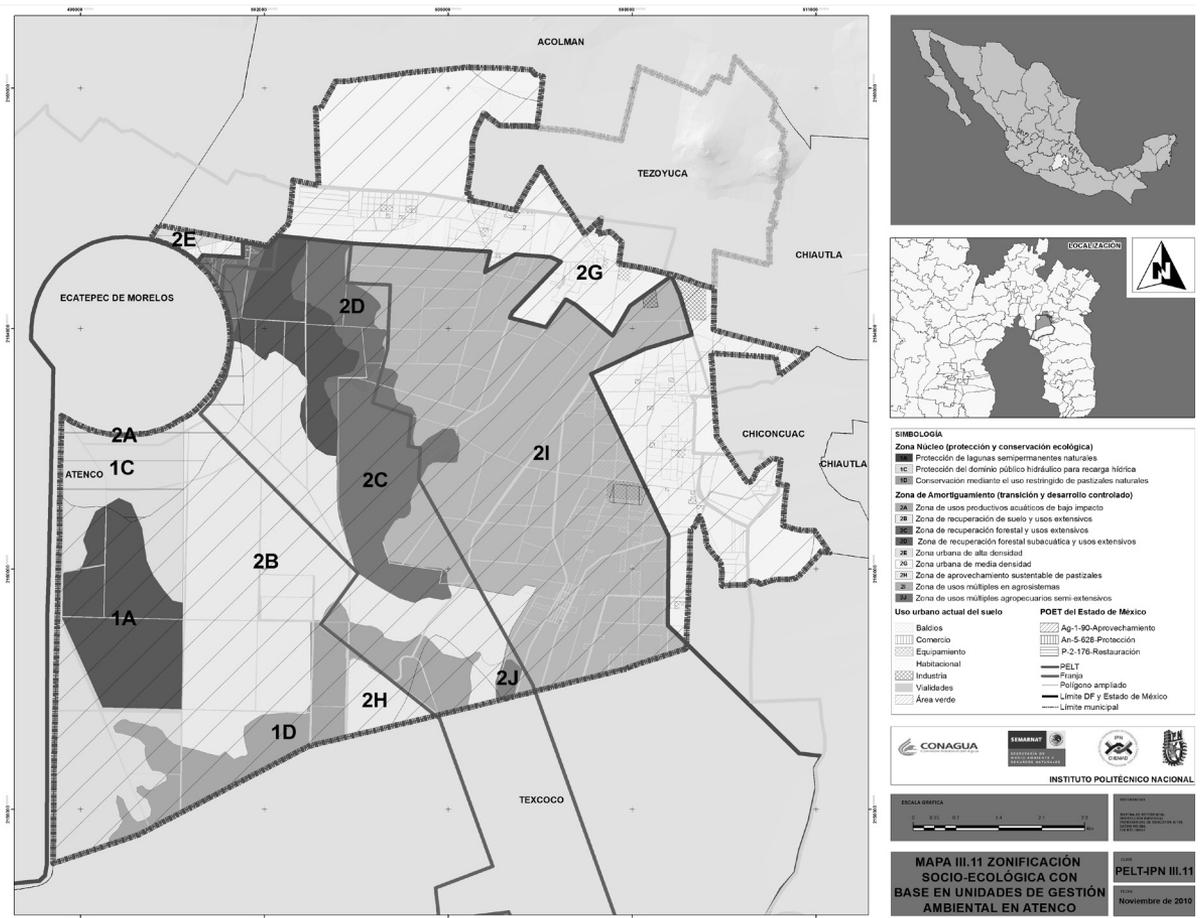


Figura 2 Zonificación socio-ecológica con base teórica de Dominios Ambientales y base operativa en Unidades de Gestión Ambiental para el PELT del municipio de Atenco

paisajes aledaños a lo que se gestionan para recuperación, rehabilitación y conservación ecológica, se harán algunos comentarios de cómo interconectar paisajes de protección ecológica con la permeabilidad del funcionamiento ecosistémico y así, asegurar con mayor certeza la conservación de la biodiversidad, la cosecha de agua y el mantenimiento de los sistemas palustres que aún quedan en Texcoco.

En este municipio hay que poner especial atención en la creación de un Sistema de Áreas Naturales Protegidas, coordinado por una administración central municipal, pero que operativamente sea transversal con todas las áreas que se protejan, de tal forma que se generen las sinergias necesarias para la preservación de los procesos ecológicos, y para que los corredores biológicos tengan la permeabilidad ecológica necesaria para su funcionamiento (Botkin y Keller, 2007). Por otro lado, hay que realizar una coordinación eficiente con las autoridades federales para gestionar de manera holística la tesela paisajística del Parque Nacional Iztlacihuatl-Popocatepetl, operado por la CONANP, que se encuentra en territorio de Texcoco. La gestión de estos paisajes es más compleja que la del mismo PELT, dado el gradiente altitudinal al que están expuestas las especies biológicas, ya que va desde los 2.000 msnm hasta poco más de 5.000 msnm (Viveros, *et al.*, 2013). Este gradiente altitudinal promueve la riqueza biológica de la región, que se materializa en mayores servicios ecosistémicos a las sociedades que habitan la ZMCM y municipios aledaños (Ponce, *et al.*, 2012; Yerena, *et al.*; 2012, Muñoz, *et al.*, 2013).

En el POET se tiene decretado que el polígono extendido del PELT es para aprovecha-

miento agrícola y uso urbano. Pero también se tiene que la discrepancia entre el uso de suelo actual y la vocación del terreno es provocada por la reducción de la frontera agrícola y de pastizales naturales, frente al urbanismo caótico de la zona periurbana de la ciudad de Texcoco (oriente del polígono extendido del PELT), (Figura 3).

Es importante mencionar que el municipio de Texcoco cuenta con áreas naturales con potencial para ser decretadas protegidas. Al menos, por autoridades municipales. Pero también resulta imprescindible decir que dichas áreas se encuentran fuera del perímetro del PELT, ya que dentro de éste, sólo hay áreas decretadas en el POET para aprovechamiento agrícola (Cuadro 3). Se localiza, asimismo, un corredor propuesto como ANP que va de norte a sureste, partiendo de la frontera política con Tepetlaoxtoc y terminando en los límites del término municipal de Ixtapaluca. Nuestra propuesta es extender esta proposición de ANP hacia el PELT con una UGA enfocada a conservación ecológica mediante el uso restringido de pastizales naturales (1D); una zona de aprovechamiento sustentable de pastizales (2H), otra zona de recuperación de suelo y usos extensivos (2B) y, que las actividades agropecuarias se realicen de manera extensiva, controlada (2J), por ejemplo. En el cuadro 3 puede apreciarse lo más relevante del análisis comparativo, donde se presenta nuestra propuesta y conjuga con la del POET, para hacerla más plausible de desarrollarse con éxito.

En el aspecto acuático, resalta en este proyecto, por su importancia reguladora del clima, de la humedad relativa y de la recarga del acuífero, las zonas de conservación del dominio público hidráulico como vasos

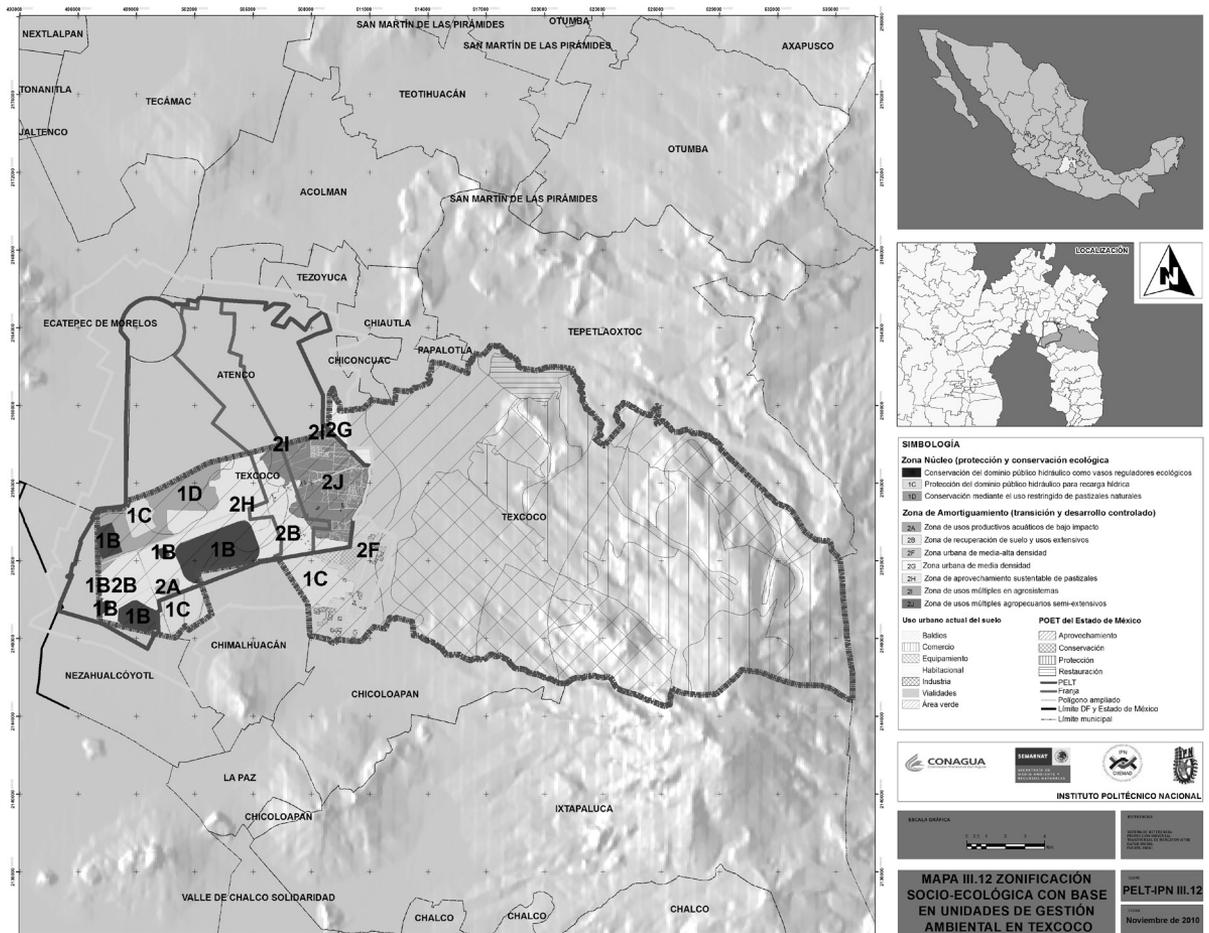


Figura 3 Zonificación socio-ecológica con base teórica de Dominios Ambientales y base operativa en Unidades de Gestión Ambiental para el PELT del Municipio de Texcoco

reguladores ecológicos y la de conservación para recarga hídrica, así como la de usos productivos acuáticos de bajo impacto.

Para cerrar el sistema de gestión ambiental municipal deben contemplarse también las UGAs del municipio con vocación forestal, las cuales deben tener acciones de revegetación, rehabilitación de laderas de montaña, usos sustentables de los recursos maderables y no maderables; así como de la vegetación secundaria de las mismas. Las acciones para la gestión de estas áreas deben ir acompañadas de las realizadas en

la ANP propuestas, de manera tal que se genere un sistema ambiental municipal para proteger esosistemas vulnerables.

Merece la pena insistir en que las ANPs de Texcoco deben desarrollarse, construirse y gestionarse como un Sistema de Información Ambiental, más que como una dirección de ANPs, en el sentido de que un sistema funciona por las interacciones de sus componentes y en la biología de la conservación, se busca proteger las funciones ecológicas de los ecosistemas vulnerables, además de la preservación de las especies

Cuadro 3 Aspectos relevantes del análisis socio-ambiental del municipio de Texcoco

UGA	Fragilidad ambiental	Uso actual del suelo	Actividades primordiales que se proponen	Política Ambiental que se propone
1A	Alta	Agrícola	Conservar el funcionamiento temporal de las lagunas	Protección de lagunas temporales
1B	Alta	Agrícola	Rehabilitación ecológica; revegetación con especies nativas; mantenimiento de los caudales y niveles de agua ecológicos	Conservación del dominio público hidráulico como vasos reguladores ecológicos
1C	Muy alta	Agrícola	Preservación del régimen hídrico para conservar suelos y vegetación	Protección del dominio público hidráulico para recarga hídrica
1D	Alta	Agrícola	Desarrollo holístico de proyectos de producción sustentable	Conservación mediante el uso restringido de pastizales naturales
2A	Alta	Agrícola	Producción sustentable de los productos tradicionales (algas...)	Zona de usos productivos acuáticos de bajo impacto
2B	Alta	Agrícola	Rehabilitación de suelos y estabilizar laderas	Zona de recuperación de suelo y usos extensivos
2D	Muy alta	Agrícola	Rehabilitar cauces, cubeta de las lagunas, estabilizar laderas y calidad del agua	Zona de recuperación forestal subacuática y usos extensivos
2E	Baja	Agrícola	Urbanismo habitacional congruente con el paisaje	Zona urbana de alta densidad
2F	Baja	Agrícola	Urbanismo mixto (habitación-empresa) congruente con el paisaje	Zona urbana de media-alta densidad
2G	Media	Agrícola	Urbanismo moderado congruente con el paisaje	Zona urbana de media densidad
2H	Alta	Agrícola	Manejo sustentable de los pastizales	Zona de aprovechamiento sustentable de pastizales
2J	Media	Agrícola	Actividades recreativas, de ocio y turismo rural y ecológico	Zona de usos múltiples agropecuarios semi-extensivos

en peligro, amenazadas o emblemáticas de la región, denominadas genéricamente como raras (Gutiérrez-Yurrita, 2009a). Una dirección de ANPs es una institución administrativa que puede tener con mayor o menor acierto la gestión de su competencia, pero no puede diseñar las ANP para cumplir con los objetivos de la conservación biológica por carecer de esa visión integral y

holística del manejo de los recursos naturales y de la gestión participativa y adaptativa de la sociedad.

El sistema de ANP que se propone debe seguir al menos tres principios esenciales para asegurar la conservación del objeto al momento de la declaratoria de cualquier ANP, así como de los factores subrogados para la conservación de la biodiversidad

(Margules y Sarkar, 2009): rareza, complementariedad y adyacencia.

Cuando la gestión se hace de forma aislada, la elección de espacios para proteger no cumple con estos principios y puede sesgarse, normalmente, hacia la protección de especies raras; de tal forma que se pierden hábitats que no tienen representatividad en esas ANP, por ejemplo (Sarkar, *et al.*, 2004).

5.3. Municipio de Tezoyuca

Este es el término municipal más pequeño en extensión de los que tienen injerencia en el PELT; sin embargo, no por ello es menos importante; al contrario, puede ser el de mayor relevancia ecológica para la preservación del recurso hídrico, dado que en él se localiza la parte alta de la cuenca de donde proceden la mayoría de las escorrentías que abastecen de agua los humedales y sistemas palustres de Atenco y Texcoco.

El POET del estado de México le marca tres categorías ecológicas, pero el aprovechamiento de las tres y los usos actuales que denotan son el mismo: agricultura y aprovechamiento. El grado de vulnerabilidad de estos tres territorios es de mínimo a medio. Debido al acelerado crecimiento de la población y de la mancha urbana, la categorización de hace 10 años ha cambiado sensiblemente. En el **cuadro 4** puede apreciarse el marco analítico de esta situación.

Cabe resaltar que para la zona 2G se tiene contemplado un sistema de ocupación territorial que comience por los lotes baldíos y abandonados, en lugar de desmontar nuevas tierras. Es importante en la zona 2F la re-densificación y comenzar con un programa ordenado de urbanización, para que no se bloqueen las cañadas principales por donde discurre el agua de forma na-

tural. Esta región es la de mayor riesgo de movimientos de tierra por la deforestación y desconsolidación de la roca madre por los procesos erosivos e infiltración superficial de agua; estos movimientos de tierra pueden ir acompañados de inundaciones con grandes repercusiones en la zona habitacional y daños a la economía local (Ayala Omaña *et al.*, 2015).

Por otro lado, un buen programa de desarrollo municipal impulsaría el desarrollo productivo y comercial de la Zona 2J, generando satisfactores humanos y bienestar social con un bajo impacto ambiental, como el turismo de aventura o deportivo con recorridos por las minas abandonadas a pie o en bicicleta, la escalada, etc. (Medina y Gutiérrez-Yurrita, 2016). La **figura 4** muestra el comparativo del uso actual del suelo y su potencial. La zona de vivienda se localiza en un área dominada por suelos Vertisol, mientras que la zona propuesta para acciones de conservación, está dominada por suelos Solonchak, correspondiente a la parte más baja del municipio y con mayor riesgo de perturbaciones naturales (Bravo y Gutiérrez-Yurrita, 2014).

La propuesta de manejo holístico del PELT considera como objetivos centrales rehabilitar un área que, por sus características morfogenéticas, tiene valores ambientales intrínsecos que deben preservarse, así como valores ecológicos que se traducen en servicios ambientales para la sociedad mexiquense y del DF, de esta forma, el PELT debe fungir como eje central en la ordenación territorial y los programas parciales de desarrollo de los Municipios de los que forma parte territorial. Dentro de los valores de este paisaje están en primer lugar por importancia para el hombre, los de salud

Cuadro 4 Aspectos relevantes del análisis socio-ambiental del municipio de Tezoyuca

UGA	Fragilidad ambiental	Uso actual del suelo	Actividades primordiales que se proponen	Política Ambiental que se propone
2F	Baja	Agrícola	Urbanismo mixto (habitación-empresa) congruente con el paisaje	Zona urbana de media-alta densidad
2G	Media	Agrícola	Urbanismo moderado congruente con el paisaje	Zona urbana de media densidad
2J	Media	Agrícola	Actividades recreativas, de ocio y turismo rural y ecológico	Zona de usos múltiples agropecuarios semi-extensivos

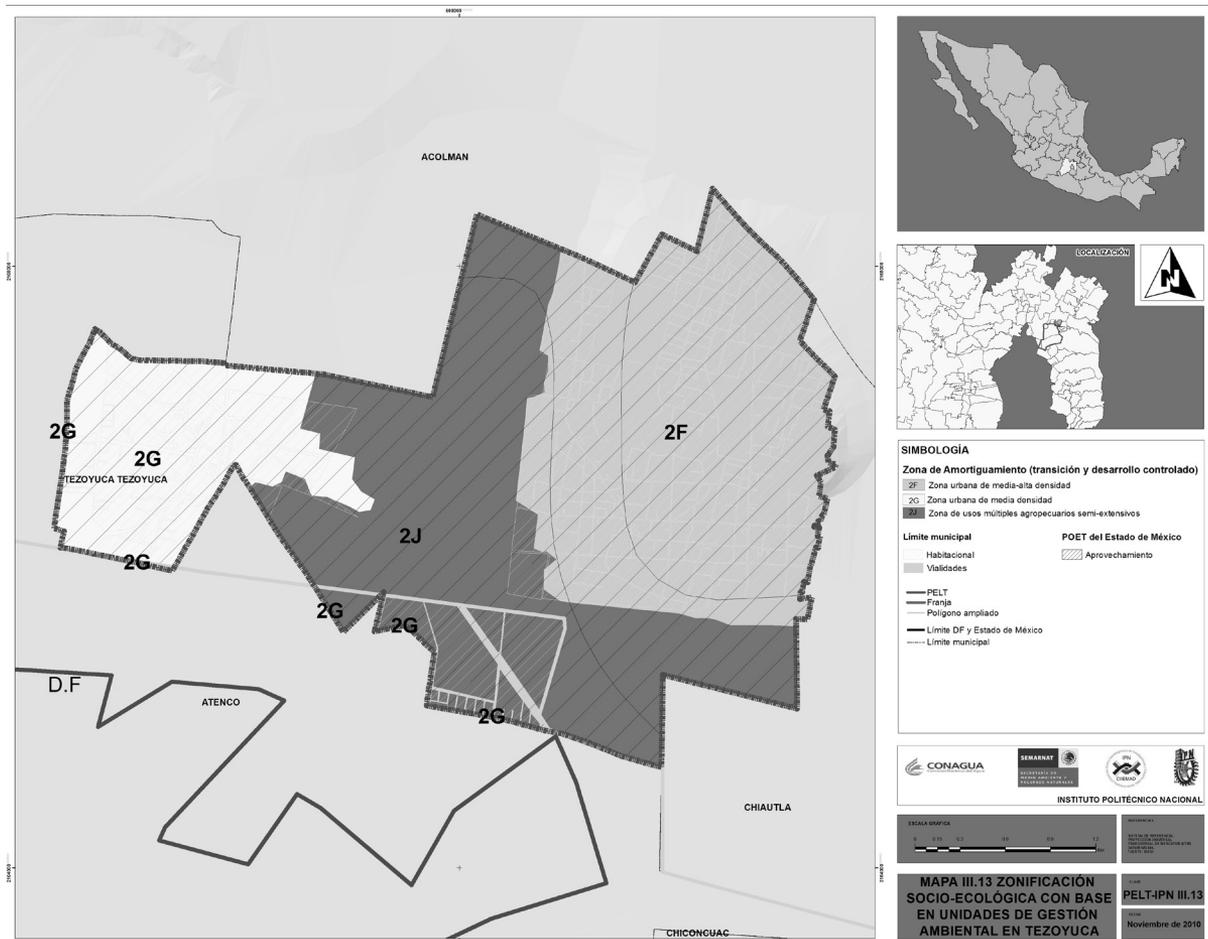


Figura 4 Zonificación socio-ecológica general con base teórica de Dominios Ambientales y base operativa en Unidades de Gestión Ambiental para el Municipio de Tezoyuca

pública, ya que la erosión de sus suelos es dispersada por los vientos a toda la cuenca del Anáhuac siendo una de las principales causas de deterioro de la calidad atmosférica (Jáuregui, 1990; Díaz-Nigenda, *et al.*, 2010), afectando a más de 22 millones de personas.

Los ríos que surcan el área son más bien caños a cielo abierto que propician la aparición de enfermedades gastro-intestinales y respiratorias, en primer lugar, a los 5 millones de personas que habitan cerca del área (Codd, 2000; Fernández-Luqueno, *et al.*, 2009). Los valores ambientales van desde la potencialidad de mantener infiltraciones a los acuíferos con agua de buena calidad y mantener la que llega por ríos subterráneos desde el Cerro de las Cruces (Edmunds, *et al.*, 2002; Ramos, *et al.*, 2010; Salazar, *et al.*, 2010), al mantener entre otras cosas su espiral hidrológica, su capacidad como superficie de inundación y apoyar la poca área inundada que actualmente tiene el Lago de Texcoco, la cual no sobrepasa el 1 % de su superficie original de inundación permanente (Alcocer-Durand y Williams, 1996; Gutiérrez-Yurrita, 2009b).

Además, un vaso lacustre con la cantidad de agua que solía tener en tiempos pasados devolverá los valores de humedad naturales de la cuenca y su intercambio gaseoso CO-CO₂ contribuirán a mitigar el cambio climático regional (Martínez y Jáuregui, 2000).

6. Conclusiones

- Se diseñaron 14 UGAS, divididas en dos grandes Zonas: Zona Núcleo y Zona de Amortiguamiento.
- La Zona Núcleo (1) tiene como función principal la protección y conservación ecológica, y cubre un área de 7170.79 hectáreas. La Zona 2, de Amortiguamiento, tiene como objetivo base ser un paisaje de

transición y desarrollo controlado. Ocupa una extensión de 20374.77 hectáreas.

- Las discrepancias entre usos actuales de suelo y vocación del suelo propuesta por el PDM, obedece a la necesidad de expandir el territorio de uso habitacional, a costa del agrícola y del de conservación.
- Las áreas más degradadas ambientalmente son las más productivas, mientras que las regiones que tienen potencial de conservación, son las que tienen pocas o nulas probabilidades de desarrollo económico.
- Se propone un Sistema de Información Ambiental o un Sistema de ANPS, en el Municipio de Texcoco, ya que es el único que cuenta con otras propuestas serias de ANPS, el cual debe extenderse a otras áreas naturales que deben protegerse en los municipios aledaños.

7. Agradecimientos

El trabajo se realizó con apoyo de Conagua (Aguas del Valle de México) para el trabajo de campo; también se ha tenido apoyo de la Secretaría de Investigación y Posgrado (IPN) para su posterior tratamiento de imágenes en el CIIEMAD mediante los proyectos SIP 20131377 y 20140833. El tratamiento final de la información se realizó durante una estancia de investigación en la Universidad de Alicante (España) de enero a mayo del 2015 con beca del CONACYT y apoyo del IPN para estancias de investigación cortas.

8. Nota

- ⁽¹⁾ Quelite es el nombre genérico que los antiguos moradores del Lago de Texcoco y los ahora mexicanos, dan a todas las hierbas con brotes jóvenes, en las orillas del lago, que son comestibles.

9. Referencias citadas

- ALCOCER-DURAND, J. & E. ESCOBAR-BRIONES. 1992. «The aquatic biota of the now extinct lacustrine complex of the Mexico basin». *Freshwater Forum*, 2(3): 171-183.
- ALCOCER-DURAND, J. & W. D. WILLIAMS. 1996. «Historical and recent changes in lake Texcoco, A saline Lake in Mexico». *International Journal of Salt Lake Research*, 5: 45-61.
- ALCOCER-DURAND, J. y F. BERNAL. 2010. «Limonology in Mexico». *Hydrobiologia*, 644: 15-68.
- ALCOCER-DURAND, J.; FLORES, M. L.; KATO, E.; LUGO, A. y E. ESCOBAR-BRIONES. 1993. La ictiofauna remanente del lago de México. *Actas del VI Congreso Español de Limnología*, 33: 315-321.
- AUYANG, S. 1999. *Foundations of Complex-system Theories*. Economics, Evolutionary Biology, and Statistical Physics, Cambridge University Press, UK.
- AYALA OMAÑA, R.; DAL POZZO, F. y D. I. SÁNCHEZ D. 2015. «Zonificación de la susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de masa. Microcuencas Agua Blanca y La Laja. Andes venezolanos». *Revista Geográfica Venezolana*, 56(2): 221-247.
- BIFANI, P. 2009. «Los servicios ambientales y la acelerada urbanización». *3C Conocimiento + Cultura + Ciencia*, 1(3): 5-18.
- BOSELTMANN, K. 2008. *The principle of sustainability*. Ashgate Press, UK.
- BOTKIN, D. & E. KELLER. 2007. *Environmental Science*. 6th Edition. John Wiley y Sons, Inc., USA.
- BRAVO-DÍAZ, B. & P. J. GUTIÉRREZ-YURRITA. 2014. «Introducing a new logical model based on the holistic approach to risk assessment for environmental disaster». *Geological and Environmental Sciences*, III (73): 60-64.
- CARRÉ, M. N. y L. FERNÁNDEZ. 2013. «¿El cinturón ecológico? Análisis de una marca urbana que nunca existió». *EURE*, 39(117): 49-68.
- CEBALLOS, G.; LIST, R.; GARDUÑO, G.; LÓPEZ, R.; MUÑOZCANO, M. y E. COLLA-DO. 2008. *La diversidad Biológica del Estado de México (Estudio de estado)*. Gobierno del Estado de México-CONABIO. México.
- CODD, A. 2000. «Cyanobacterial toxins, the perception of water quality, and the prioritisation of eutrophication control». *Ecological Engineering*, 16(1): 51-60.
- CODER, K. 2011. *Ecological renovation in communities*. Community Forestry Series. WSFNR. USA.
- COMISIÓN PARA LA COOPERACIÓN AMBIENTAL. 1997. *Regiones Ecológicas de América del Norte: hacia una perspectiva común*. Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, Quebec, Canadá.
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA). 1999. *Estudio de la factibilidad de la segunda etapa del Proyecto Lago de Texcoco*. CONAGUA/SARH. PIAPSA. México.

- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA). 2002. *Determinación de la disponibilidad de agua en el Acuífero Texcoco, Méx.* Gerencia de aguas subterráneas. México.
- DÍAZ-NIGENDA, E.; TATARKO, J.; JAZCILEVICH, A. D.; GARCÍA, E. R.; CAETANO, E. & L.G. RUIZ-SUÁREZ. 2010. «A modeling study of Aeolian erosion enhanced by surface wind confluences over Mexico City». *Aeolian Research*, 2: 143-157.
- EDMUNDS, W. M.; CARRILLO-RIVERA, J. J. & A. CARDONA. 2002. «Geochemical evolution of groundwater beneath Mexico City». *Journal of Hydrology*, 258: 1-24.
- ELIZONDO, C.; MÁRQUEZ-LINARES, M. A.; MARÍN, L. y P. J. GUTIÉRREZ-YURRITA. 2016. «Flora que Crece Naturalmente en Presas de Jale Minero Abandonadas Susceptibles de Ser Utilizadas en Reclamación, Zimapán, Hidalgo, México». *Interciencia*, 41(7): 492-498.
- FERNÁNDEZ-LUQUENO, F.; THALASSO, M. L.; LUNA-GUIDO, J. M.; CEBALLOS-RAMÍREZ, I. M.; ORDÓÑEZ-RUIZ, L. & L. DENDOOVEN. 2009. «Flocculant in wastewater affects dynamics of inorganic N and accelerates removal of phenanthrene and anthracene in soil». *Journal of Environmental Management*, 90: 2.813-2.818.
- FUNK, V.; RICHARDSON, K. & S. FERRIER. 2005. «Survey gap analyses in expeditionary research: where do we go from here?» *Biological Journal of Linnean Society*, 85: 549-567.
- GALVÁN, R. y R. SERRANO. 2008. Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México. *Memorias del Primer Congreso Nacional de Ordenamiento Ecológico del Territorio*. 1: 1-3.
- GÖTMARK, F. 1991. «Naturalness as an evaluation criterion in nature conservation; a response to Anderson». *Conservation Biology*, 6: 455-457.
- GUISAN, A.; EDWARDS, T. & T. HASTIE. 2002 «Generalized linear and generalized additive models in studies of species distribution: Setting the scene». *Ecological Modeling*, 157: 89-100.
- GUTIÉRREZ-CASTORENA, M.; STOOPS, G. y C. A. ORTIZ-SOLORIO. 1998. «Carbonato de Calcio en los suelos del Ex-Lago de Texcoco». *Terra*, 16(1): 11-19.
- GUTIÉRREZ-YURRITA, P. J. 2000. «Reflexiones sobre la gestión de los cuerpos de agua epicontinental y su papel en la cultura». *Zoología Informa*, 43: 27-57.
- GUTIÉRREZ-YURRITA, P. J. 2004a. «The use of the crayfish fauna in México: Past, Present...and future?» *Freshwater Crayfish*, 14: 45-51.
- GUTIÉRREZ-YURRITA, P. J. 2004b. «El Paradigma de la ecología integral en la gestión de los recursos naturales». *Sapere*, 1(1): 4-13.
- GUTIÉRREZ-YURRITA, P. J. 2009a. *¡A diseñar el futuro! El Holismo de la Tercera Cultura: hacia la integración científica y cultural*. Instituto Politécnico Nacional-Centro de Estudios Jurídico Ambientales. México.
- GUTIÉRREZ-YURRITA, P. J. 2009b. «Conceptos y aplicaciones de la ecología integral». En: R. CANTÚ CHAPA, Comp. *Los desafíos ambientales y el desarrollo en*

- México. pp. 85-95. Instituto Politécnico Nacional- Plaza y Valdés, Serie Ecología y Desarrollo Sustentable. México.
- GUTIÉRREZ-YURRITA, P. J. 2009c. «El desarrollo sustentable visto por un ecólogo: mitos, controversias y futuro. Tercera parte». *Derecho Ambiental y Ecología*, 31(5): 59-65.
- GUTIÉRREZ-YURRITA, P. J. 2011a. «How to restore riverbanks in natural ecosystems with many people using ecological services at the same time?» *Chemical Engineering and Applications*, 23: 15-20.
- GUTIÉRREZ-YURRITA, P. J. 2011b. «La hipótesis de los subrogados ecológicos». *Serendipia*, II (21): 15.
- GUTIÉRREZ-YURRITA, P. J. 2011c. «La Gestión y el Manejo Holístico de la Naturaleza en la era de la Tercera Cultura». En: E. CAMPUZANO & M. L. VALDERRÁBANO, Comp. *Medio ambiente, Sociedad y Políticas ambientales en el México contemporáneo: Una revisión interdisciplinaria*. pp. 9-40. Porrúa-IPN. México.
- GUTIÉRREZ-YURRITA, P. J. 2012. «A reflection on the importance of estimating environmental flows in seasonal rivers. The case of rivers in Central Mexico». *Environment, Energy and Biotechnology*, 33: 55-59.
- GUTIÉRREZ-YURRITA, P. J. 2013. «Hacia el diseño de una ciudad sustentable». *Pragma, espacio y comunicación visual*, 4(9): 2-18.
- GUTIÉRREZ-YURRITA, P. J. 2014a. «Holistic management of temporary watersheds in Central Mexico: an improved easy mathematical model for decision-makers». *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, 40(2): 95-110.
- GUTIÉRREZ-YURRITA, P. J. 2014b. «A socio-economical perspective for a holistic management of temporary watersheds in Central Mexico based on a simple mathematical model for decision-makers». *International Journal of Natural Sciences Research*, 2(10): 206-226.
- GUTIÉRREZ-YURRITA, P. J. 2014c. «Fuzzy logic applied into a holistic model to manage seasonal watersheds in México». *EnviroGeoChimica Acta* (special issue), 1(6): 352-374.
- GUTIÉRREZ-YURRITA, P. J. y M. A. LÓPEZ. 2011. «Reflexiones iusambientalistas sobre los criterios para proponer espacios naturales protegidos: hacia una nueva categoría de conservación, el Paisaje metafísico (o espiritual)». *Revista Aranzadi de Derecho Ambiental*, 20(2): 19-42.
- JÁUREGUI, E. 1990. «The dust storms of Mexico City». *International Journal of Climatology*, 9:169-180.
- LEATHWICK, J. R.; OVERTON, J. & M. MCLEOD. 2003. «An environmental domain classification of New Zealand and its use as a tool for biodiversity management». *Conservation biology*, 17(6): 1.612-1.623.
- LEY GENERAL DE EQUILIBRIO ECOLÓGICO y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE (LGEEPA). 2011. *Artículo 20 BIS 5, Fracción IV. Congreso de la Unión. Última reforma Diario oficial de la Federación 28-01-2011*. México.

- MAEDA, A. 1991. «Distribution of species of Anostraca, Notostraca, Spinicaudata and Laevicaudata in Mexico». *Hydrobiologia*, 212: 209-219.
- MARGULES, CH. y S. SARKAR. 2009. *Planeación Sistemática de la Conservación*. Cambridge University Press-CONABIO. México.
- MARGULES, CH.; PRESSEY, R. & P. WILLIAMS. 2002. «Representing biodiversity: data and procedures for identifying priority areas for conservation». *Journal of Biosciences*, 2(27): 309-326.
- MARTÍNEZ, A. & E. JÁUREGUI. 2000. «On the environmental role of urban lakes in Mexico City». *Urban Ecosystems*, 4: 145-166.
- MEDINA, E. E. y P. J. GUTIÉRREZ-YURRITA. 2016. «El ecoturismo en México. Análisis crítico y tendencias para su desarrollo». *Ide@s (Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato)*, 11(134): 27-47
- MUÑOZ, E.; ARUMÍ, J. L. & D. RIVERA. 2013. «Watersheds are not static: Implications of climate variability and hydrologic dynamics in modeling». *Bosque*, 34(1): 7-11.
- OSHRY, B. 2008. *Seeing Systems: Unlocking the Mysteries of Organizational Life*. Berrett-Koehler Pub. UK.
- PELÁEZ-GÁLVEZ, M. G.; BRAVO-DÍAZ, B. y P. J. GUTIÉRREZ-YURRITA. 2015. «Percepción ciudadana de la institucionalización de la política mexicana de cambio climático». *Revista Aranzadi de Derecho Ambiental*, 30(17): 521-541.
- PONCE, M.; VALLEJOS, O. y G. DANILUK. 2012. «Comparación de fórmulas chilenas e internacionales para valorar el arbolado urbano». *Bosque*, 33(1): 69-81.
- PRESSEY, R.; FERRIER, S.; HAGER, T.; WOODS, C.; TULLY, S. & K. WEINMAN. 2003. «Formulating conservation targets for biodiversity pattern and process in the Cape Floristic Region, South Africa». *Biological Conservation*, 112: 99-127.
- RAMOS, J. A.; NOYOLA, C. & F. C. TAPIA. 2010. «Aquifer vulnerability and groundwater quality in mega cities: case of the Mexico Basin». *Environmental and Earth Sciences*, 61: 1.309–1.320.
- RIERA, P.; GARCÍA, D.; KRISTRÖM, B. y R. BRÄNNLUND. 2005. *Manual de Economía ambiental y de los recursos naturales*. Paraninfo. España.
- ROMERO, J. R. 2003. *Los privilegios perdidos: Hernando Alvarado Tezozómoc, su tiempo, su nobleza y su crónica mexicana*. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Investigaciones Históricas. Libro consultado en la siguiente liga de internet desde el 14 de junio de 2011 (actualizada la visita el 19 de enero de 2017): <https://UAMkeWsc&oi=fnd&pg=PA13&dq=ROMERO,+J.+2003.+Los+privilegios+perdidos&ots=1T17yRQv0C&sig=zAgzVU3RjLGBQIXjmfuB3rpSf5A#v=onepage&q&f=false>
- SAN ROMÁN, J.; MUÑOZ, N.; GUTIÉRREZ-YURRITA, P. J.; RODRÍGUEZ, P. F. & M. A. LÓPEZ. 2011. «Survey of Pollution Sources into the Lake Texcoco Ecological Park, Central México». *Chemical Engineering and Applications*, 23: 10-14.
- SAN ROMÁN, J.; MUÑOZ, N.; LÓPEZ, M. A. & P. J. GUTIÉRREZ-YURRITA. 2012. «Using a geo-environmental index to diagnose and prevent environmental pollution by

- trace metals in the Texcoco Lake Ecological Park, Mexico». *Environment, Energy and Biotechnology*, 33: 86-90.
- SAN ROMÁN, J.; MARÍN-GARCÍA, L.; MUÑOZ, N.; LÓPEZ, M. A. & P. J. GUTIÉRREZ-YURRITA. 2013. «Ecological considerations for the management of a protected area with a strong urban pressure: the case of Lake Texcoco, México». *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, 39(1): 26-37.
- SARKAR, S.; PAPPAS, C.; GARSON, J.; AGGARWAL, A. & S. CAMERON. 2004. «Place prioritization for biodiversity conservation using probabilistic surrogate distribution data». *Diversity and Distributions*, 10: 125-133.
- SALAZAR, R.; SZIDAROVSKY, F. & A. ROJANO. 2010. «Water Distribution Scenarios in the Mexican Valley». *Water Resources Management*, 24: 2959-2970.
- SASSEN, S. 2007. «El reposicionamiento de las ciudades y regiones urbanas en una economía global: ampliando las opciones de políticas y gobernanza». *EURE*, 33(100): 9-34.
- SAVORY, A. 2005. *Manejo holístico. Un nuevo marco metodológico para la toma de decisiones*. SEMARNAT. México.
- SHELTON, D. 2005. *Global legal instruments and jurisprudente on landscape, nature and culture. Paisagem, Natureza e Direit*. Instituto O Direito por um Planeta Verde. Brazil.
- SODHI, N. S. & P. EHRLICH. 2010. *Conservation Biology for all*. Oxford University Press. USA.
- USFWS; CWS & SEMARNAT. 2004. *North American Waterfowl Management Plan: People conserving waterfowl and wetlands*. SEMARNAT. México.
- VANE-WRIGHT, R.; HUMPHRIES, C. & P. WILLIAMS. 1991. «What to protect? Systematics and the agony of choice». *Biological Conservation*, 55: 235-254.
- VIVEROS, H.; CAMARILLO, A.; SÁENZ, C. y A. APARICIO. 2013. «Variación altitudinal en caracteres morfológicos de *Pinus patula* en el estado de Oaxaca (México) y su uso en la zonificación». *Bosque*, 34(2): 173-179.
- YERENA, J. I.; JIMÉNEZ, J.; AGUIRRE, O. y E. TREVIÑO. 2012. «Contenido de carbono total en los componentes de especies arbóreas y arbustivas en áreas con diferente uso, en el matorral espinoso tamaulipeco, en México». *Bosque*, 33(2): 145-152.
- ZAMBRANO, L.; CONTRERAS, V.; MAZARI-HIRIART, M. & A. ZARCO-ARISTA. 2009. «Spatial Heterogeneity of Water Quality in a Highly Degraded Tropical Freshwater Ecosystem». *Environmental Management*, (43): 249-263.

Lugar y fecha de finalización:
Alicante (España); abril, 2016.
Se envió para su revisión:
julio del 2016