



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS SOBRE MEDIO
AMBIENTE Y DESARROLLO**

**Diagnóstico socio-ecológico de la microcuenca del Arroyo
Peña Gorda, Gustavo A. Madero, D.F. Elementos para el
manejo holístico**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS EN ESTUDIOS
AMBIENTALES Y DE LA SUSTENTABILIDAD**

P R E S E N T A:

ROCIO GRICEL ROJAS BRISEÑO



DIRECTOR DE TESIS:

DR. PEDRO JOAQUÍN GUTIÉRREZ YURRITA.

2015



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México, D.F., siendo las 12:00 horas del día 14 del mes de Julio del 2015 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIEMAD para examinar la tesis titulada:

"Diagnóstico socio-ecológico de la microcuenca del Arroyo Peña Gorda, Gustavo A Madero, D.F. Elementos para el manejo holístico"

Presentada por la alumna:

<u>ROJAS</u>	<u>BRISEÑO</u>	<u>ROCÍO GRICEL</u>							
Apellido paterno	Apellido materno	Nombre(s)							
		Con registro:	B	1	3	0	2	5	8

aspirante de:

Maestría en Ciencias en Estudios Ambientales y de la Sustentabilidad

Después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Director de tesis

DR. PEDRO JOAQUÍN GUTIÉRREZ YURRITA

DRA. MARÍA YOLANDA LEONOR ORDAZ GUILLÉN

M. en C. MARÍA DE LA LUZ VALDERRÁBANO ALMEGUA

M. en C. JAIME CASTRO CAMPOS

M. en C. GERMÁN RAÚL VERA ALEJANDRE

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DRA. ROSA LAURA MERAZ CABRERA





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México, D.F. el día 16 del mes de Julio del año 2015, la que suscribe Rocío Gricel Rojas Briseño alumna del Programa de Maestría en Ciencias en Estudios Ambientales y de la Sustentabilidad, con número de registro B130258, adscrita al Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo, manifiesta que es la autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Pedro Joaquín Gutiérrez Yurrita y cede los derechos del trabajo titulado “Diagnóstico socio-ecológico de la microcuenca del Arroyo Peña Gorda, Gustavo A. Madero D.F. Elementos para el manejo holístico”, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso de la autora y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes direcciones gricel_rb@hotmail.com y pedro_joaquin_gutierrez@yahoo.com.mx. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'RJB', is written above a horizontal line.

Rocío Gricel Rojas Briseño

Dedicatoria

Dedico como siempre, con todo mi amor este logro a mi familia.

A mi mamá Rosi, a mi hermana Sandra, a mis sobrinos Danae y Santi.

Este y todos mis logros, siempre serán por y para ustedes.

A mis tíos Sofía y Andrés, quienes han estado siempre cerca de mí, apoyándome y amparándome. En esta ocasión mi esfuerzo y amor va también dedicado a Aldo, que entre los ángeles es, muy seguramente, el más bello de todos.

A mis más cercanos amigos (confis) que me brindan siempre aliento y a Omar quien sin intentar cambiar nada, llegó a cambiarlo todo.

*“Vivir es separarnos del que fuimos para intentarnos en el que queremos ser”
(Octavio Paz., *El laberinto de la Soledad*)*

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó gracias a la ayuda otorgada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y al Instituto Politécnico Nacional quienes me brindaron todas las facilidades para llevar a término el posgrado.

Agradezco primordialmente al Dr. Pedro Joaquín Gutiérrez Yurrita, por su paciencia y apoyo en la realización del trabajo; por sus regaños, sus comentarios, sugerencias y aportaciones.

A mis compañeros de grupo (Toño, Mirelle, Marisol, Vero, Alfredo, Shona, Fátima) por ponerme en *jaque* durante las sesiones de seminario, sus comentarios fueron de lo más enriquecedor que tuve. Especialmente a Toño y a Mirelle que me apoyaron en la realización de las encuestas. Gracias además porque al final de todo me voy con algo más que un grado académico, ¡me voy con amigos!

Quiero agradecer al personal de la CORENA con quien tuve el agrado de llevar a cabo los recorridos de campo: Jesús Carlos Coca Soriano, Moisés Gutiérrez Venegas, Jesús Ricardo Fernández Reyes, Gerardo López Islas. Gracias por su siempre amable e incondicional atención.

Agradezco de manera muy especial a Itai Mijangos, amiga y colega, por ayudarme en toda la recolección de datos, de verdad gracias.

Y finalmente, gracias a la colaboración de Omar Vallejo, que en cada salida, en cada muestreo, en cada encuesta, en cada desvelo, en cada desespero, siempre estuvo. Gracias “pareja” sin ti no habría podido.

"Para este mundo sencillo de hoy, cómodo y satisfecho con tan poco eres tu demasiado exigente y hambriento. El que hoy quiera vivir y alegrarse de su vida no ha de ser un hombre como tú ni como yo. El que en lugar de ruido exija música, en lugar de placer alegría, en lugar de dinero alma, en vez de la loca actividad verdadero trabajo, en vez de jugueteo pasión, para ese no es hogar este bonito mundo que padecemos'

(Herman Hesse, El lobo estepario)

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN 1

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN..... 3

• Planteamiento del problema y justificación 3

• Objetivos 3

• Hipótesis..... 4

CAPÍTULO 1. ÁREA DE ESTUDIO Y PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

1.1 Ubicación 5

1.2 Geología y edafología 6

1.3 Hidrología 7

1.4 Clima 8

1.5 Vegetación y usos de suelo 9

1.6 Características socioeconómicas 11

1.7 Problemática ambiental 13

1.7.1 Asentamientos humanos irregulares (AHI)..... 14

1.7.2 Residuos sólidos..... 15

1.7.3 Deforestación e introducción de especies forestales 16

1.7.4 Contaminación de cuerpos de agua y escurrimientos 17

1.8 Manejo de los recursos naturales de la microcuenca del APG..... 18

CAPÍTULO 2. EL MANEJO INTEGRAL DE RECURSOS NATURALES: CUENCAS, ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y EL PLAN VERDE DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

2.1 El manejo integral de cuencas 23

2.2. Áreas naturales protegidas 26

2.2. El Plan Verde de la Ciudad de México 29

CAPITULO 3. MANEJO HOLÍSTICO DE LOS RECURSOS NATURALES

3.1 La ecología holística de los paisajes 32

3.2 Las cuencas como unidad operativa del paisaje 36

3.3 La cuenca y su dinamismo para la gestión 38

3.4 La gestión holística.....	42
-------------------------------	----

CAPITULO 4. LA INCLUSIÓN SOCIAL EN LA GESTIÓN HOLÍSTICA

4.1 La inclusión social y la participación.....	47
4.1.1 Niveles de participación social.....	49
4.1.2 El papel del conocimiento y la concientización en la conducta ambiental	51

CAPÍTULO 5. METODOLOGÍA

5.1 Diagnóstico de las condiciones ecológicas	54
5.1.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	54
5.1.2 Muestreo de macroinvertebrados acuáticos	57
5.1.3 Muestreo de vegetación.....	57
5.1.5 Índices de diversidad.....	59
5.2 Diagnóstico de las condiciones sociales.....	62
5.2.1. Diseño de la encuesta	62
5.3 Análisis estadístico.....	63
5.3.1. Prueba de Kruskal-Wallis	63
5.3.2. Análisis de correlación de Pearson	64
5.4 Revisión general de planes de Manejo y desarrollo	64

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

6.1 Diagnóstico de las condiciones ecológicas	65
6.1.1 Agua.....	65
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).....	65
Indicadores biológicos.....	66
6.1.2 Vegetación	69
Caracterización.....	69
Abundancia y frecuencia	71
Riqueza.....	72
Patrón de distribución.....	73
6.1.3 Observaciones adicionales	74
6.2. Diagnóstico de las condiciones sociales.....	79
6.3. Vacíos y deficiencias en el manejo de la microcuenca del Arroyo Peña Gorda	84

6.3.1 Manejo de la Zona sujeta a Conservación Ecológica “Sierra de Guadalupe”	84
6.3.2 Manejo del Agua	86
6.3.3 Acciones ambientales urbanas	89
CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN	92
CONCLUSIONES	106
RECOMENDACIONES	108
REFERENCIAS	110
ANEXO 1. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS SOCIO-ECONÓMICAS DE CUAUTEPEC	120
ANEXO 2. COORDENADAS	122
ANEXO 3. RELACIÓN ÍTEM – INDICADOR	123
ANEXO 4. ENCUESTA	124
ANEXO 5. DESCRIPCIÓN SITIOS DE MUESTREO DE AGUA	127
ANEXO 6. DESCRIPCIÓN SITIOS DE MUESTREO DE VEGETACIÓN	129

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Ubicación de la microcuenca del Arroyo Peña Gorda	6
Imagen 2. Hidrología de la microcuenca del APG.....	8
Imagen 3. Vegetación y uso de suelo.....	10
Imagen 4. Ubicación del Barrio de Cuautepec.....	12
Imagen 5. Zonas marginación DGAM.....	13
Imagen 6. Asentamientos humanos irregulares.....	15
Imagen 7. Tiradero clandestino en la ZCESG.....	16
Imagen 8. Plantación de Eucalipto.....	17
Imagen 9. Residuos sólidos arrastrados al vaso regulador.....	18
Imagen 10. Sierra de Guadalupe, zonas de administración.....	19
Imagen 11. Regiones hidrológico-administrativas.....	25
Imagen 12. Áreas Naturales Protegidas del DF	28
Imagen 13. Ejemplo de subsistemas y suprasistemas	33
Imagen 14. Ciclos de estabilidad de sistemas complejos.....	36
Imagen 15. Modificaciones a la dinámica hidrológica por efecto de la actividad humana.....	40
Imagen 16. Ubicación de puntos de muestreo de agua	55
Imagen 17. Disposición y tamaño de las parcelas circulares de muestreo.....	58
Imagen 18. Ubicación de los puntos de muestreo de vegetación.....	59
Imagen 19. Patrones de dispersión según el valor de I_d	62
Imagen 20. Cuerpo de agua permanente	68
Imagen 21. Desagües domésticos vertidos al APG.....	69
Imagen 22. a) Matorral; b) plantación de <i>Pinus</i> sp; c) plantación de <i>Quercus</i> sp; d) plantación de <i>Eucalipto</i> sp; e) plantación de <i>Cupressus lindleyi</i> ; f) vegetación secundaria.....	70
Imagen 23. a) Capillas religiosas; b) letreros que invitan al cuidado de la Sierra.....	75
Imagen 24. a) Animales de cría; b) nopaleras	76

Imagen 25. a) Centro de educación ambiental inhabilitado; b) Fosa para tratamiento de agua; c) entubamiento de agua; d) presa de gaviones	77
Imagen 26. Tiraderos clandestinos de basura.....	78
Imagen 27. Cruz en memoria de fallecido y foto de ejecutados	79
Imagen 28. Percepciones del medio ambiental. Actores involucrados en el manejo de recursos de la microcuenca del APG.....	101
Imagen 29. Modelo DPSIR para el caso de estudio de la microcuenca del AP	103

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Áreas de zonificación de la ZCESG	20
Cuadro 2. Fases del manejo integral de cuencas	24
Cuadro 3. Objetivos y estrategias del Plan Verde de la Ciudad de México.....	30
Cuadro 4. Características de los modelos de gestión de recursos naturales más importantes.....	43
Cuadro 5. Niveles de participación ciudadana propuestos por algunos autores.....	50
Cuadro 6. DBO para muestras de agua	65
Cuadro 7. Macroinvertebrados de la E1	66
Cuadro 8. Abundancia relativa y frecuencia relativa de organismos vegetales	71
Cuadro 9. Patrón de dispersión de organismos vegetales	74
Cuadro 10. Ocupaciones, problemáticas y lugares de origen.....	80
Cuadro 11. Moda de respuestas presentadas en el cuestionario.....	81
Cuadro 12. Coeficientes entre indicadores de la Matriz de correlación de Pearson	82
Cuadro 13. Correlación de Pearson entre ítems y características poblacionales.....	83

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Curva de dominancia-diversidad para macroinvertebrados	67
Gráfica 2. Abundancia y frecuencia relativa de organismos vegetales	72
Gráfica 4. Curva de dominancia-diversidad para organismos vegetales.....	73
Gráfica 5. Nivel de escolaridad	80

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

AHÍ	Asentamientos Humanos Irregulares
ANP	Área Natural Protegida
APG	Arroyo Peña Gorda
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
COTAS	Comités Técnicos de Aguas Subterráneas
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DF	Distrito Federal
DGAM	Delegación Gustavo A. Madero
DGCORENA	Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales del Distrito Federal
DN	Diámetro normal (1.30m)
GAM	Gustavo A. Madero
INE	Instituto Nacional de Ecología
INEGI	Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática
LAN	Ley de Aguas Nacionales
LGEEPA	Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
ONG	Organización No Gubernamental
PECC	Programa Estatal de Cambio Climático
PGDDGAM	Programa General de Desarrollo Delegacional Gustavo A. Madero
RHA	Región Hidrológico-Administrativa
SAGARPA	Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación
SCDF	Suelo de Conservación del Distrito Federal
SIDESO	Sistema de Información del Desarrollo Social
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SLANP	Sistema Local de Áreas Naturales Protegidas
TGS	Teoría General de Sistemas
ZCESG	Zona sujeta a Conservación Ecológica Sierra de Guadalupe

RESUMEN

En la región periurbana de la delegación Gustavo A. Madero, donde se alberga el Área Natural Protegida “Sierra de Guadalupe” y nacen los escurrimientos que conforman el Arroyo Peña Gorda, la sociedad representa un elemento crítico en el proceso de modificación y transformación del paisaje que ha propiciado su deterioro. Durante décadas muchas iniciativas para el manejo se han realizado bajo un pensamiento lineal y aislado sin mostrar buenos resultados, por ello es necesario empezar a entender a las cuencas como un sistema complejo y virar hacia la gestión holística de paisajes para comprender al sistema como un todo, y reconocer que trabajar con la naturaleza y con la sociedad es la clave para la conservación de largo plazo. A partir del diagnóstico que se realizó del estado ecológico (agua y vegetación) y las condiciones sociales de la microcuenca del Arroyo Peña Gorda se encontró que las personas del barrio de Cuauhtepac no presentan en términos generales conductas pro-ambientales debido al desconocimiento del medio natural periurbano que tienen en su localidad, por desconfianza hacia las autoridades y por tener carencias sociales que son más importantes para resolver su situación diaria de supervivencia. Este conjunto de situaciones ha llevado a una degradación del medio ambiente que se refleja en la mala calidad de la vegetación en la parte de los ecosistemas naturales de Cuauhtepac (particularmente la Sierra de Guadalupe) y la mala calidad de las aguas superficiales. Dar solución a la problemática ambiental requiere de un sistema de acciones igual de complejo para su solución, basado no sólo en impulsar la participación, sino en atender las causas que originan su ausencia para promover en usuarios y tomadores de decisiones la construcción de puentes de comunicación que faciliten la gestión del territorio.

ABSTRACT

In Gustavo A. Madero periurban region, is located the Protected Natural Area "Sierra de Guadalupe" and there is take origin the runoff that make up the Arroyo Peña Gorda. Here society represents a critical element in the process of modification and landscape transformation that has led to its deterioration. For decades many management initiatives has been performed under a linear and isolated thoughtful without showing good results, so it is necessary to begin to understand the basin as a complex system and turn to the holistic landscape management to recognize the system as a whole and appreciate that working with nature and society is the key to long-term conservation. From diagnosis of the ecological state (water and vegetation) and social conditions of the watershed of the Arroyo Peña Gorda we found that Cuauhtepac neighborhood don't present pro-environmental behavior due to ignorance of the suburban environment they have in your area, distrust of the authorities and have social needs that are most important to solve their daily survival situation. This set of circumstances has led to environmental degradation is reflected in the poor quality of the vegetation on the part of natural ecosystems Cuauhtepac (Sierra de Guadalupe) and poor quality of surface waters. To solve environmental problems requires a system of equal shares for complex solution, based not only on boosting participation but on addressing the root causes of his absence to promote users and decision makers to build bridges of communication to facilitate the management of the territory.

INTRODUCCIÓN

La región Norte de la delegación Gustavo A. Madero (DGAM) en el Distrito Federal, alberga Zona sujeta a conservación ecológica llamada Sierra de Guadalupe (ZCESG), donde se origina un sistema de escurrimientos que atraviesa la zona urbana que se conjugan formando el Arroyo Peña Gorda (APG). En este lugar la modificación del paisaje por acciones humanas y el mal manejo ha propiciado el deterioro del funcionamiento de los ecosistemas (Deason *et al.*, 2010; Burns *et al.*, 2012; Morlán, 2012; Shi & Yang, 2014; Pinto & Maheshwari, 2014).

La urbanización, el cambio de uso de suelo, los entubamientos de las escorrentías fluviales y otras actividades humanas modifican de manera significativa los procesos hidrológicos y favorecen algunas alteraciones en los factores meteorológicos que podrían desencadenar un cambio del microclima en el futuro (Bernhardt y Palmer, 2007; Fletcher *et al.*, 2013; Pinto & Maheshwari, 2014; Peláez-Gálvez *et al.*, 2015).

El conjunto de las acciones humanas más los cambios propios de un ecosistema por su dinámica natural son de relevancia por tener efecto directo en las condiciones ecológicas de toda la microcuenca (Gutiérrez-Yurrita, 2011; INE, 2010). No obstante la relevancia del tema, existen pocos estudios que enlazan los complejos componentes ecológicos y sociales de los sistemas fluviales y durante décadas, muchas iniciativas para el manejo de estos sistemas se han realizado bajo un pensamiento lineal (Vidal-Abarca *et al.*, 2014). Frecuentemente cuando no se toma en cuenta la complejidad de la naturaleza, los problemas suelen agravarse al resolverlos desde disciplinas aisladas; este tipo de problemáticas podrían corregirse con un cambio de enfoque que considere a todos los elementos como unidades de un sistema (Gutiérrez-Yurrita, 2014a). Bajo este contexto es necesario dejar de considerar a las cuencas como territorios con una red de drenaje superficial y empezar a entenderlas como un sistema complejo en el que los componentes ecológicos y biofísicos están inmersos y se fusionan con los sistemas económicos y sociales conservando un balance dinámico pero estable a largo plazo (Granados *et al.*, 2005; Moreno y Renner, 2007; Komínkova, 2012; Seminara y Bolla, 2012; Fletcher *et al.*, 2013). Esta característica convierte a las cuencas en una forma de regionalización apropiada para conformar las unidades sistémicas operativas de conservación y gestión de los paisajes (Cotler, 2007; INE, 2010.; Gutiérrez-Yurrita *et al.*, 2013; Gutiérrez-Yurrita, 2014b). Bajo la teoría de sistemas se tiene claro que la alteración de uno de los elementos puede afectar al sistema en su función como un *todo*, razón por la que el paradigma de la gestión integral de cuencas se transforma a gestión holística de paisajes (Gutiérrez-Yurrita, 2009; 2014a; Komínkova, 2012; Seminara y Bolla, 2012; Fletcher *et al.*, 2013).

En el presente estudio se considerará a la microcuenca del Arroyo Peña Gorda como una unidad sistémica del paisaje que incluye diversos subsistemas: los cauces hidrológicos del APG, la Zona sujeta a Conservación Ecológica Sierra de Guadalupe (ZCESG) y la zona urbana de Cuauhtepac que rodea al APG.

El manejo holístico, permite el entendimiento del sistema incluyendo de manera importante el componente humano, útil para el análisis y manejo de cuencas ya que permite obtener un panorama de la microcuenca del APG como un sistema complejo (Muñoz-Erickson *et al.*, 2007; Woodward, 2010; Krasny *et al.*, 2014). Dicha aproximación proporciona además un marco adecuado para identificar el potencial de sinergia entre los procesos de acción social y el balance ecológico (Shi & Yang, 2014).

La estabilidad y la preservación de la estructura y funciones de toda la microcuenca del Arroyo Peña Gorda están directamente relacionadas con el buen manejo y la conservación de sus zonas altas (Pretty, *et al.*, 2003; Bond y Lake; 2003). La inclusión social en la solución de problemas locales y la conservación de ecosistemas juega un papel primordial, porque la sociedad es parte del proceso de modificación y transformación que sufre el ambiente y determina las formas de relación con la naturaleza (Padilla y Luna, 2003). Se reconoce que trabajar con la naturaleza y con la sociedad es la clave en el diseño y la implementación de programas de rehabilitación o conservación, pues con ello se garantiza la supervivencia de las especies y la integridad del ecosistema en el largo plazo (Brierley *et al.*, 2010; Langhans *et al.*, 2014).

Esta forma de diagnosticar el estado actual y las tendencias de las condiciones ecológicas y sociales de la microcuenca es apropiada para describir la complejidad del sistema en términos de los procesos de participación social y su vinculación al estado ecológico de los ecosistemas (Muñoz-Erickson *et al.*, 2007). Brindar una perspectiva de este tipo faculta una visión que nos otorga un panorama de hacia dónde y en qué orden se deben encaminar los esfuerzos, haciendo énfasis en la conservación y el desarrollo comunitario para la planeación y gestión local orientadas hacia objetivos concretos (Scheffer *et al.*, 2015).

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

• PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

El manejo de los recursos en la microcuenca de AGP se lleva a cabo de manera aislada, lo que ha conducido a una serie incesante pero gradual de fenómenos de degradación socio-ambiental. La problemática de esta área de la ciudad radica en el claro contraste que existe entre los objetivos de sustentabilidad frente a las condiciones paisajísticas y las actitudes de la población presentes (Acosta, 2013).

Considerando que la microcuenca del APG alberga el último reducto de áreas naturales al Norte de la Ciudad de México, que es un área vulnerable a la degradación ambiental, y que la participación ciudadana ha permanecido excluida de la toma de decisiones que afecta la gestión del territorio, se hace necesario abordar el tema desde una perspectiva diferente a la tradicional por la complejidad que entrañan sus componentes históricos, sociales, ambientales, económicos y políticos. La perspectiva holística para el desarrollo de conocimientos y estrategias que fomenten la conservación ecológica de la región y el desarrollo de las comunidades que habitan este territorio puede ser más adecuado debido a que articula de manera balanceada los componentes del sistema, la ZCESG y la zona urbana incluidos el Arroyo Peña Gorda.

• OBJETIVOS

El presente es un estudio de tipo descriptivo y de corte transversal. El objetivo general de este trabajo fue elaborar un diagnóstico de las condiciones sociales y el efecto que tienen en el estado ecológico de la microcuenca del Arroyo Peña Gorda (APG). Esto puede promover a largo plazo la conservación y mejora de las condiciones paisajísticas de la microcuenca. Para ello los objetivos particulares que se plantean son:

1. Actualizar la información de la calidad ecológica (agua y vegetación) de la microcuenca del APG que permita detectar los vacíos de información que se necesita llenar.
2. Obtener información de las condiciones sociales de incidencia en la degradación de la microcuenca del APG y la voluntad participativa de los locatarios.
3. Realizar una revisión del manejo que se lleva del agua, la ZCESG, y el medio ambiente en la zona urbana.

4. Realizar una propuesta de estrategias que mejoren las condiciones de la cuenca con un enfoque holístico.

- **HIPÓTESIS**

Si la sociedad es el principal agente de deterioro del medio ambiente en la microcuenca del Arroyo Peña Gorda, integrar acciones que incidan en revertir esta causa permitirá tener efectos positivos en todos los elementos y procesos que mantienen el balance dinámico del paisaje.

CAPÍTULO 1

ÁREA DE ESTUDIO Y PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

1.1 Ubicación

La microcuenca del APG incluye la Zona sujeta a Conservación Ecológica “Sierra de Guadalupe” y las zonas colindantes de la demarcación geopolítica de Cuauhtémoc: la región 9 llamada Barrio bajo y la región 10 conocida como Barrio alto, mismas que albergan los escurrimientos que llegan al cauce del Arroyo Peña Gorda. La descripción de las características del área de estudio incluye datos disponibles para la ZCESG en particular, y datos generales de todas las colonias de Cuauhtémoc para describir a la zona urbana, los datos particulares por colonia se presentan en el ANEXO 1.

La zona periurbana¹ Cuauhtémoc - Sierra de Guadalupe, se localiza al Norte de la delegación Gustavo A. Madero (DGAM), en el D.F. En la imagen 1 se aprecian los dos tipos predominantes de aptitud del suelo: suelo urbano y suelo de conservación, de los cuales en la microcuenca del APG el uso de suelo urbano es el que se presenta en mayor proporción

¹ Territorios difusos existentes entre las áreas urbanas y rurales que llegan a ser extremadamente vulnerables a las presiones antropogénicas. En particular, los sistemas fluviales en zonas peri-urbanas se ven amenazados por las presiones de ambos paisajes urbanos y rurales (Pinto y Maheshwari, 2014).

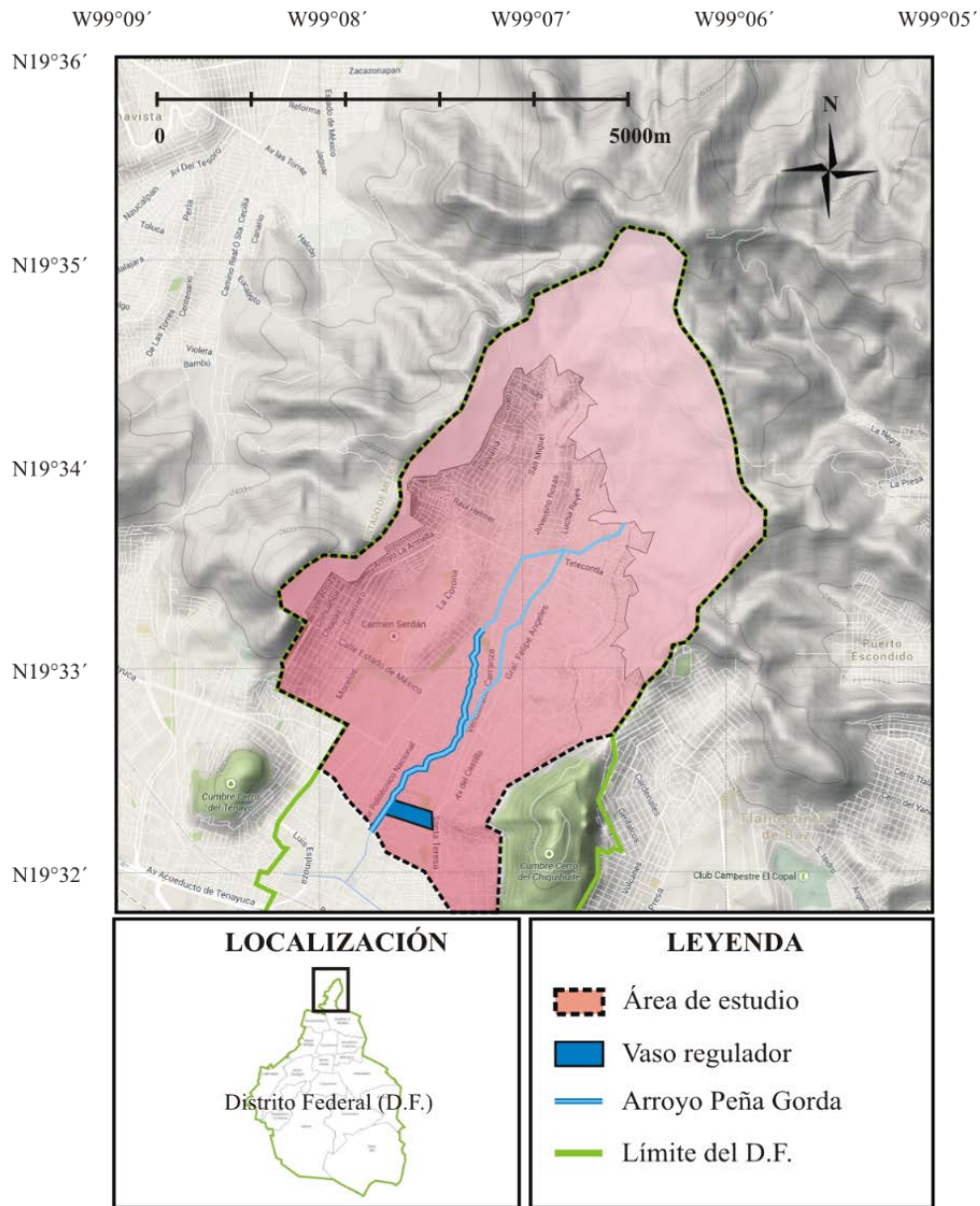


Imagen 1. Ubicación de la microcuenca del Arroyo Peña Gorda
(Modificado de Romero et al., 2002)

1.2 Geología y edafología

La microcuenca del APG se ubica dentro de la provincia del Eje Neo volcánico. En los cerros y las elevaciones altas se encuentran rocas ígneas extrusivas, donde predomina el tipo Andesita, cuya composición comprende generalmente plagioclasa y otros minerales ferro magnésicos como piroxena, biotita y hornablenda (Lugo y Salinas, 1996; Cedillo *et al.*, 2005).

Las formaciones de arcilla se hacen más delgadas desde la zona urbana hasta llegar a la zona de transición, la cual está constituida por intercalaciones de arena y limo (Cedillo *et al.*, 2005). En la

ZCESG predominan las lavas, culminación de la actividad volcánica de poca duración y extensión (Romero *et al.*, 2002). Sus unidades geológicas pertenecen al periodo terciario superior y cuaternario de la era Cenozoica (Lugo y Salinas, 1996). Los suelos son poco profundos y contienen gran cantidad de fragmentos de suelos originales, y son determinados como Phaeozem lúvicos y Phaeozem líticos, dominando estos últimos (Romero *et al.*, 2002; Cedillo *et al.*, 2005), lo que significa que los suelos de la ZCESG no son aptos para uso agrícola o de pastizal para ganado, y están erosionados debido principalmente a las actividades humanas (Romero *et al.*, 2002).

1.3 Hidrología

La microcuenca del APG, se ubica dentro de la Región Hidrológica RH26 denominada Pánuco, en la cuenca del Río Moctezuma (D) y dentro de la sub cuenca lago de Texcoco-Zumpango (p) (Cedillo, *et al.*, 2010; Escobar, 2012; PGDDGAM, 2013).

Este sitio se caracteriza por una red hidrológica de tipo exorreico y de carácter estacional, de bajo caudal y con un patrón de drenaje de tipo dentrítico; entre los afluentes principales están: La Armella, El Tejón, El Grande y El Panal, que se fusionan en la zona urbana y forman un sólo cauce denominado Arroyo Peña Gorda y posteriormente Arroyo Xochitlán, para desembocar en el Río San Javier, hasta el Río de los Remedios (Romero *et al.*, 2002; Cedillo *et al.*, 2010). Los escurrimientos principales se aprecian en la imagen 2

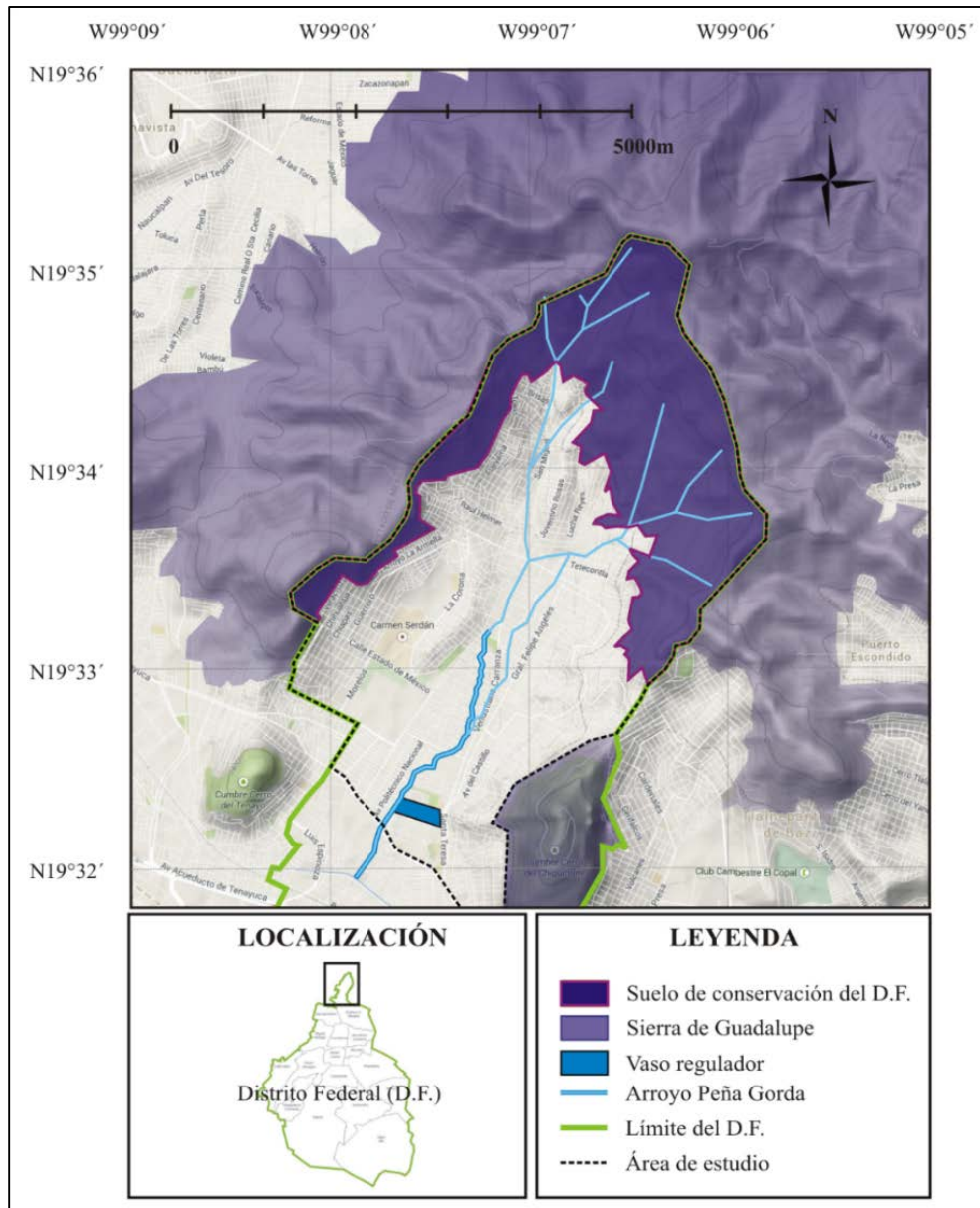


Imagen 2. Hidrología de la microcuenca del APG
 (Modificado de Romero et al., 2002)

El coeficiente de escurrimiento de la ZCESG es de 10 a 20%, lo que determina que el volumen disponible de agua sea escaso y se presente un alto porcentaje de infiltración (Romero et al., 2002).

1.4 Clima

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, modificada por E. García (1968), el clima toda esta zona de la microcuenca es C (Wo)(w)(i'), templado subhúmedo con lluvias en verano; con una precipitación media anual de hasta 733 mm, siendo enero el mes más seco, con 30 mm y julio el mes más húmedo con 152 mm, la temperatura media anual es de 16.7°C, siendo enero el mes el más frío

con 13.1°C y junio el más cálido con 18.8°C (Romero *et al.*, 2002). El gradiente de temperatura entre las temperaturas mínimas y máximas absolutas registradas varían de 32 a 37°C durante la temporada más cálida que comprende los meses de abril a mayo y de -1.0 a 11.5°C durante los meses enero y febrero respectivamente (Romero *et al.*, 2002).

Los vientos dominantes provienen del NO y NE, entre septiembre y diciembre y febrero a marzo con una velocidad máxima de 11 km hr⁻¹, la presencia de vientos alisios proviene del NW durante junio y octubre con velocidades de hasta 49 km hr⁻¹.

1.5 Vegetación y usos de suelo

En la microcuenca del APG se distinguen dos usos de suelo urbano y suelo de conservación, tal como se ha mencionado, el suelo urbano es el que se presenta en mayor cantidad y su vegetación se limita a algunos árboles urbanos colocados en banquetas o jardineras. La vegetación que se describe a continuación es exclusivamente la localizada dentro del suelo de conservación particularmente en la Zona Sujeta a Conservación Ecológica “Sierra de Guadalupe”, la cual fue decretada como ANP en 2002. El Plan de Manejo (2002) reporta que parte de la vegetación que actualmente ocurre en el área ha sido introducida y traslocada deliberadamente por las actividades humanas que se han desarrollado. Predomina la vegetación de matorral inerme-pastizal con 79.62% del total del área y encino con 14.65%, además se presentan pastizales inducidos y plantaciones forestales. En total se han registrado 319 especies de plantas. La vegetación y el uso de suelo se presentan en la imagen 3.

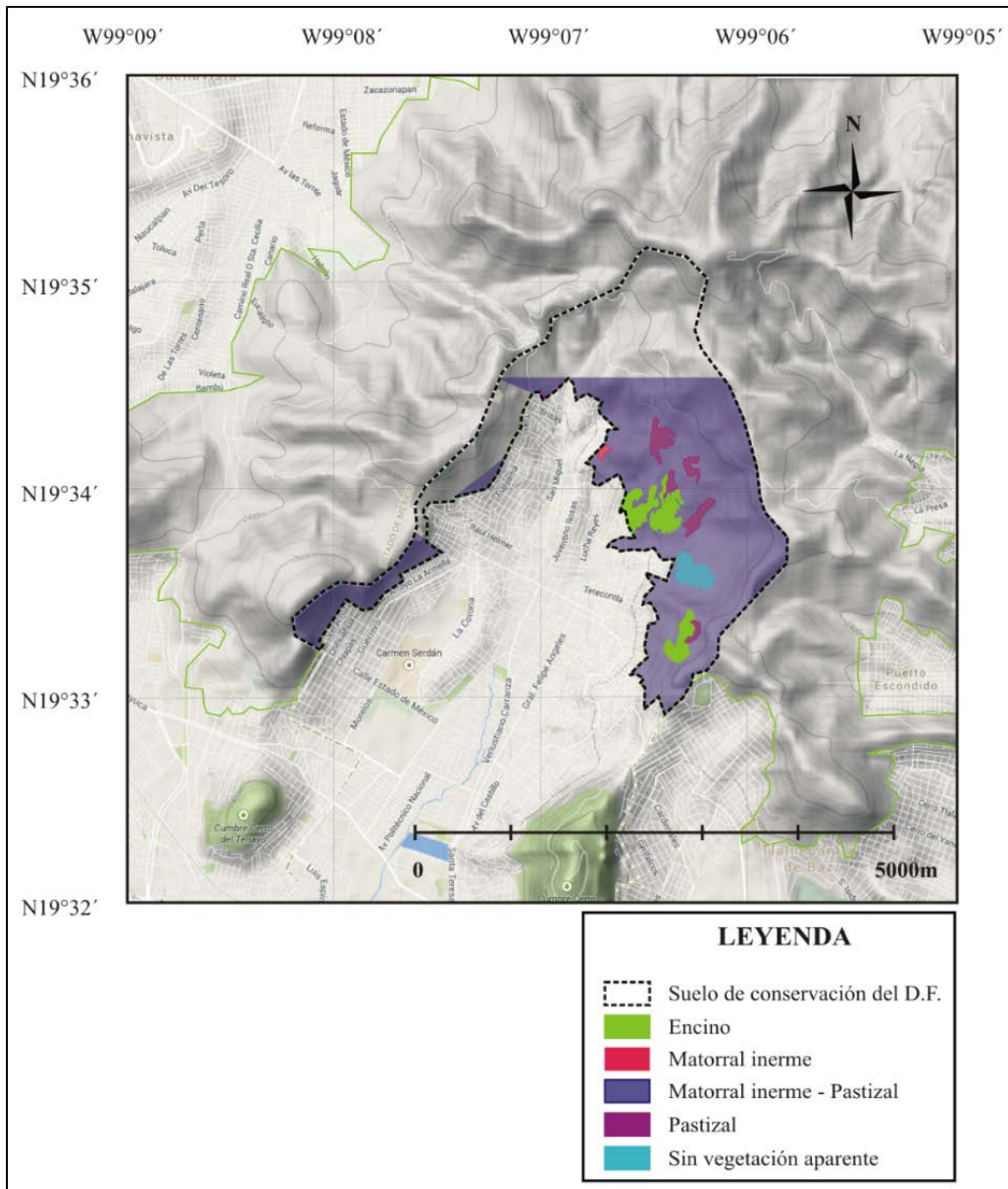


Imagen 3. Vegetación y uso de suelo
(Modificado de Romero et al., 2002)

El registro de vegetación indica que en la zona protegida de la microcuenca del APG se encuentran diversas zonas de plantaciones de especies forestales, sembradas con fines de revegetación y conservación, entre ellas el eucalipto *Eucalyptus sp*; casuarina *Casuarina equisetifolia*; cedro blanco *Cupressus lindleyi*; ciprés panteonero *Cupressus sempervirens* y especies de pinos como el *Pinus cembroides*, *P. montezumae*, *P. patula* y *P. radiata*. También es posible encontrar *Schinus molle* o pirul y algunas especies de Agaves (Romero et al., 2002).

La vegetación primaria (nativa) aún se mantiene en algunos sitios de la ZCESG, albergando especies nativas como los encinos de las especies *Quercus rugosa*, *Q. deserticola*; palo dulce o palo cuate *Eysenhardtia polystachya*; cuajilote amarillo *Bursera sp*; casahuate *Ipomea sp*; mezquite *Prosopis juliflora*; huizache *Acacia farnesiana*; sangregado o torote *Jatropha spathulata*; tepozán *Buddleia americana*; palo de muerto *Ipomea murucoides*, yerba del negro *Gaudichaudia cynanchoides*, chilillo *Poligonum glabrum*, cholla *Puntia cholla*; biznaga *Mammillaria sp*; nopales como *Opuntia streptacantha*, *O. lasiacantha* y *O. imbricata*; yuca *Yucca filifera*; y membrillo cimarrón *Cotoneaster sp* (Romero *et al.*, 2002). La familia mejor representada es Compositae con 68 especies, seguida por Leguminosae con 20 y Graminae con 18 (Romero *et al.*, 2002)

La fisonomía de la ZCESG ha sido considerablemente modificada en algunas partes por la inclusión de sembradíos de maíz y el pastoreo, que han desplazado a la vegetación nativa y ha favorecido el desarrollo de gramíneas como *Cynodon dactylon*, *Bouteloa bromoides* *Muhlenbergia alamosae* y *M. elata*, *Chloris virgata*, *Triodia atenacea*, *Hordem vulgare* y *Avena fatua* (Romero *et al.*, 2002).

1.6 Características socioeconómicas

El barrio de Cuauhtepic destaca al Norte de la ciudad por su cercanía a las zonas de conservación donde tiene origen los cauces de primer y segundo orden de la microcuenca del Arroyo Peña Gorda.

Las características demográficas y socioeconómicas de la zona urbana que corresponde al pueblo originario de Cuauhtepic por donde se extienden varios escurrimientos superficiales, adquieren relevancia debido a que pueden tener implicación en la voluntad y capacidad ciudadana para participar en el manejo del territorio, y otras formas de apropiación y reconocimiento del mismo.

La demarcación de Cuauhtepic se localiza concretamente entre la Sierra de Guadalupe y el Cerro del Chiquihuite, constituyendo la punta más septentrional del D.F. Limita al Norte con los municipios de Coacalco, Ecatepec y Tultitlán del Estado de México; al oriente y poniente con el municipio de Tlalnepantla, también del Estado de México y al sur con el anillo Periférico Norte-Acueducto de Guadalupe en el mismo D.F. Al estar en las faldas de la sierra su intervalo altitudinal es muy amplio en un trayecto muy corto, de 2,200 a 2,900 msnm. Sus coordenadas centrales son: 19°33'26.87 Latitud Norte y 99°08'07.73 Longitud Oeste.

Cuauhtepic tiene una superficie de 2,222 ha; cuenta con una población aproximada de 300,000 personas distribuidas en 56 colonias, esta población constituye una densidad media alta. Su delimitación geopolítica se presenta en la imagen 4.

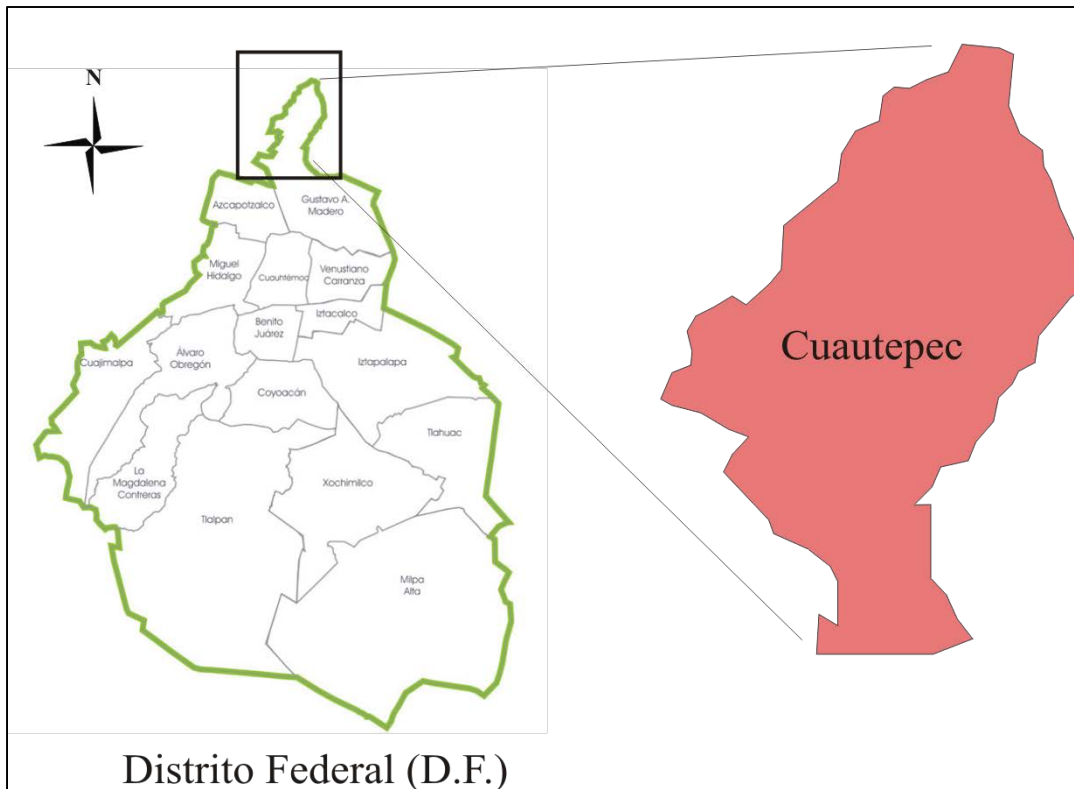


Imagen 4. Ubicación del Barrio de Cuauhtémoc
(Modificado de Acosta, 2013)

El Sistema de Información del Desarrollo Social, presenta datos sociodemográficos del año 2000 para cada unidad territorial del DF, mientras que el INEGI no presenta los datos disgregados de ese modo.

Los datos proporcionados por el SIDESO (2000), indican que en las colonias que corresponden a Cuauhtémoc el grado de escolaridad es de 7.8, lo que significa que en promedio la población mayor de 15 años cuenta con poco más que el primer grado de secundaria.

La actividad económica predominante en la población de Cuauhtémoc es como empleado u obrero, no obstante la actividad terciaria o comercial representa la segunda actividad económica más ejercida.

En Cuauhtémoc el 76.2% de las personas habitan en vivienda propia y sólo el 47.2% tiene acceso a servicios de salud. Estos datos por cada colonia se presentan en el ANEXO 1.

Es importante destacar que el 44% de la población de la delegación GAM, se encuentra en condiciones de marginación altos o muy altos, según indica el PGDUGAM (2013) y la mayoría de

esta población se concentra al Norte, precisamente donde se circunscribe la demarcación Cuautepec (Alcérreca *et al.*, 2009) tal como se aprecia en la imagen 5.

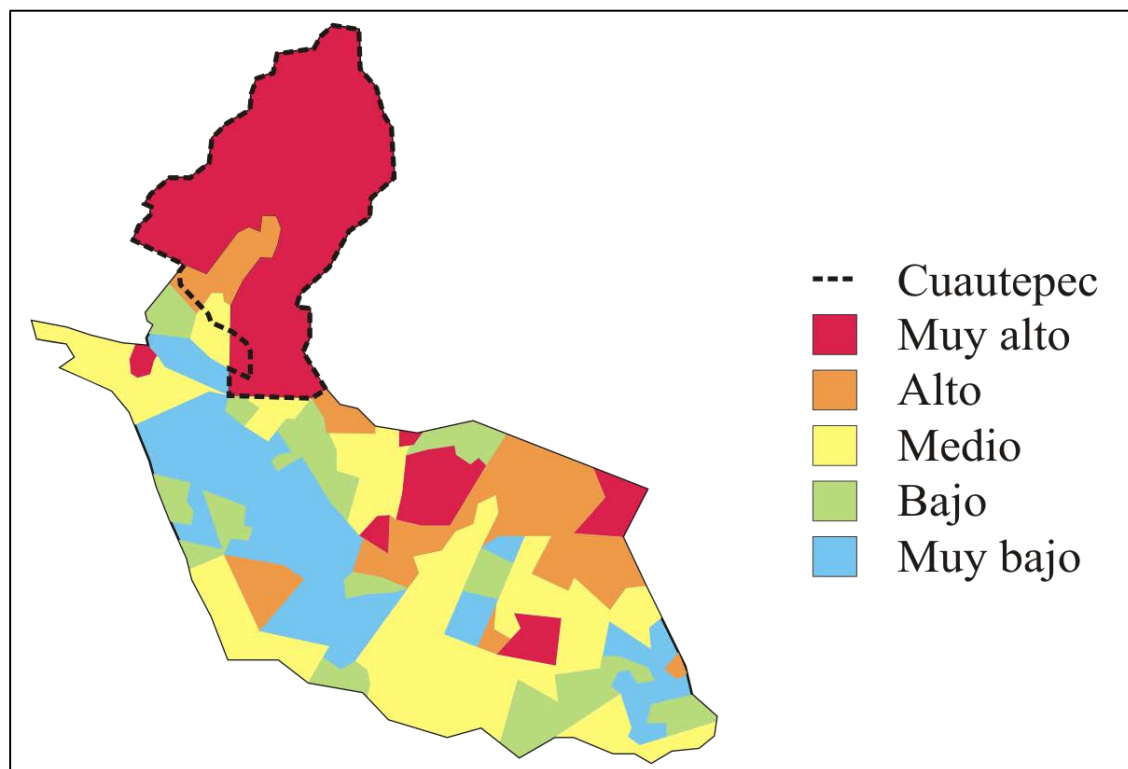


Imagen 5. Zonas marginación DGAM
(Modificado de Acosta, 2013)

La población asentada de manera irregular se caracteriza por el hecho de que posee un ingreso bajo, ingreso que se obtiene en su mayoría por la realización de actividades del sector terciario y que está por debajo del promedio de la delegación. Se presenta una tasa de analfabetismo del 9.25% mientras que para el resto de la delegación asentada es de 3.04% (PDDUGAM, 2013).

1.7 Problemática ambiental

La microcuenca del APG presenta varias problemáticas de carácter ambiental, entre las que están: la presencia de basura, los asentamientos ilegales, introducción de especies forestales no adecuadas, fragmentación por senderos, actividades recreativas desordenadas, tala clandestina, incendios provocados, la acumulación de materia arrastrada hacia la Laguna de regulación, señales de erosión del suelo de la serranía, la desaparición de los ríos intermitentes, la desecación de manantiales, inundaciones, azolve de presas, y obras públicas deterioradas que también representan una amenaza a este recinto natural de la ciudad.

1.7.1 Asentamientos humanos irregulares (AHI)

La microcuenca del APG está localizada en el centro de una de las regiones más pobladas del mundo, por lo que su zona natural (ZCESG) se encuentra ante una presión demográfica superior a los 5 millones de habitantes (Gutiérrez-Yurrita y López, 2011) y la convierte en una zona natural del territorio con alta vulnerabilidad a perderse o degradarse. El crecimiento urbano desorganizado ha ocasionado un deterioro² considerable sobre tres elementos del balance ecológico: el suelo, la vegetación y el agua. De acuerdo con Escobar (2012) la presencia de asentamientos humanos irregulares es uno de los principales problemas que afecta a las zonas naturales de la microcuenca, la ZCESG.

La microcuenca del APG es donde se presenta la mayor cantidad de este tipo de colonizaciones hacia el Norte de la Ciudad, contando la mayoría de ellos con los servicios básicos de manera legal o clandestina (Romero *et al.*, 2002). Esta condición engendra un problema añadido a los AHI, ya que las personas fabrican sus propias tomas de luz y de agua, sin construir drenajes por ser costosos, lo que genera riesgos a la población.

Las colonias que han contribuido importantemente a la modificación del uso de suelo son principalmente las que conforman el barrio de Cuauhtepc: Cuauhtepc el Alto, La Forestal, Forestal II, La Lengüeta, Juventino Rosas, Verónica Castro, Ampliación Malacates, Malacates, La Casilda, Arboledas, Ampliación Forestal I y Ampliación Forestal II, Cocoyotes, Compositores mexicanos, General F. Barriozábal, La poderosa, Lomas de San Miguel, Palmatitla, San Miguel Cuauhtepc el Alto, Tlacaale, Tlacaale II, Tlalpexco y Lomas de Cuauhtepc Malacates (Romero *et al* 2002).

Aunque con el decreto del ANP en 2002 y la construcción de varios muros de contención se puede pensar que el avance urbano debió detenerse, la realidad es que los bajos ingresos y el crecimiento demográfico, así como la falta de aceptación social a este tipo de instrumentos de conservación y la falta de conocimiento acerca de su importancia han hecho difícil contener este tipo de asentamientos (imagen 6).

² Los términos “deteriorado” y “saludable” son conceptos establecidos bajo la percepción humana, es decir, surgen de la interpretación que hace el hombre de su entorno. Un ecosistema saludable – no deteriorado – se define como una unidad socio-ecológica que es estable y sostenible, que mantiene su estructura, organización y función en el tiempo (Muñoz-Erickson *et al.*, 2007; Wiegand *et al.*, 2010; Shi & Yang; 2014).



Imagen 6. Asentamientos humanos irregulares
(Tomado de Romero *et al.*, 2002)

De acuerdo con lo reportado en el Plan de Manejo se han identificado al menos 250 familias instaladas en el interior de la zona protegida, aunque existen otros asentamientos fuera del polígono de conservación que albergan a 280 familias, y que representan también una amenaza potencial por su posible expansión. Cabe mencionar que el 28% de las personas ubicadas dentro de la ZCESG sufren de inundaciones, lo que representa un costo social y económico para la comunidad (Escobar, 2012).

1.7.2 Residuos sólidos

La presencia de residuos sólidos urbanos es un elemento que afecta negativamente a la biota de la ZCESG, especialmente la flora, asimismo es común que se generen plagas o que los residuos sean incinerados causando incendios y son un foco de infecciones para las personas (imagen 7). El incremento de la densidad poblacional aledaña a la microcuenca y la falta de cultura y educación ambiental promueven este tipo de depósitos de basura. Las áreas más grandes afectadas por este problema corresponden a Cuauhtepac en la zona de colindancia con la ZCESG, el área donde se arrojan asciende hasta 2000m² (Romero *et al.*, 2002) en 10 tiraderos clandestinos de tamaño considerable.

No obstante el problema también se presenta a lo largo del cauce del APG, donde existe una gran cantidad de residuos que son arrastrados por la corriente y en las calles de la zona urbana.



Imagen 7. Tiradero clandestino en la ZCESG
(Tomado de Romero et al., 2002)

Entre los principales residuos que se presentan están: papel, plásticos, desechos de materiales de construcción (cascajo), pañales, unicel y otros materiales no degradables.

1.7.3 Deforestación e introducción de especies forestales

Particularmente en la serranía de la microcuenca, la carencia de vegetación en las áreas cuyos suelos son vulnerables a los procesos de escurrimiento laminar, las partículas que se mueven en trayectorias paralelas han generado erosión hídrica y formación de cárcavas (Lugo y Salinas, 1996). Se estima que a la tasa de deforestación actual, para 2040 habrá una pérdida de 31.7% del total de la Sierra de Guadalupe (D.F. y Edo. de Méx) (Escobar, 2012).

Por esta razón el plan de Manejo de la ZCESG (2002) incluye un proceso de reforestación. Entre las especies que se han plantado se encuentran algunas propias del lugar como *Acacia retinoides*, *Quercus sp*, *Crataegus mexicana*, *Opuntia sp.*, aunque también se han introducido especies como *Eucaliptus globulus*, *E. camaldulensis* (imagen 8), *Shinus molle*, *Casuarina equisetifolia*, *Pinus radiata*, *Cupressus lusitánica* y otras (Romero et al., 2002).

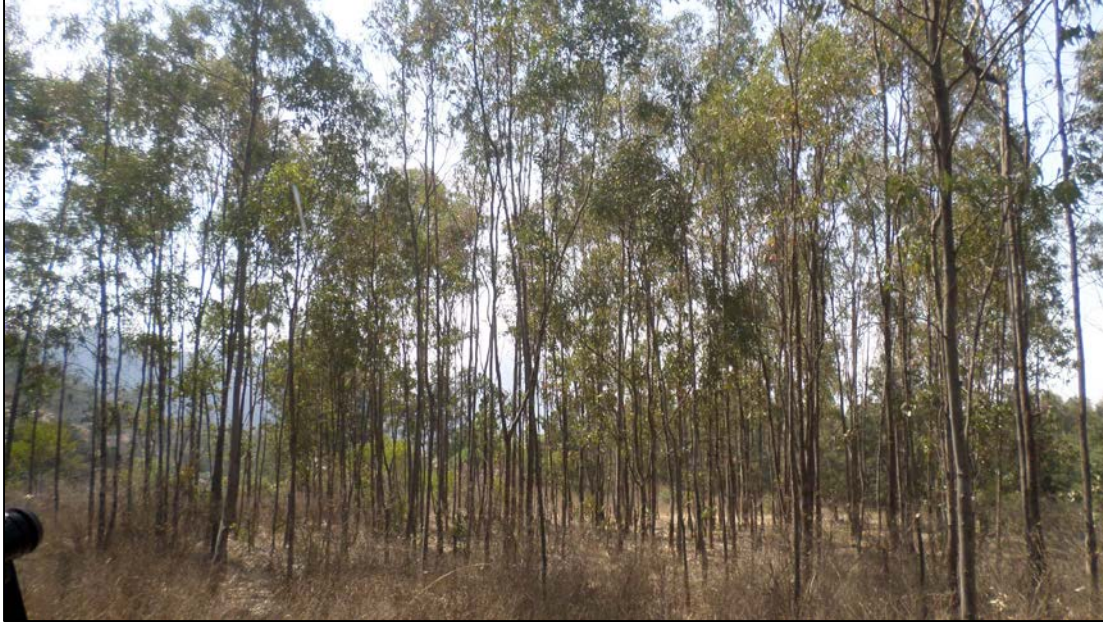


Imagen 8. Plantación de Eucalipto
(Autor: Rocío G. Rojas Briseño)

No es coincidencia que las zonas de reforestación sean las que presentan mayor incidencia de plagas en individuos de especies no nativas del sitio (Romero *et al.*, 2002), debido a que no ofrecen resistencia ante los organismos parásitos que se presentan, ante los cuales las plantas autóctonas tienen mejores oportunidades de sobrevivencia. Recientemente se han planeado estrategias para reemplazar a este tipo de vegetación por especies originarias de la región.

1.7.4 Contaminación de cuerpos de agua y escurrimientos

Cuautepec alberga una serie de escurrimientos superficiales de agua que son llevados por cauces artificiales que dirigen el agua hacia el Arroyo Peña Gorda para posteriormente desembocar en el Río de los Remedios o desviarse hacia el vaso regulador³, también llamado por los habitantes Laguna reguladora, Laguna de Cuautepec o Laguna Dos Árboles.

Los problemas de contaminación del Río de los Remedios son ampliamente reconocidos, no obstante con frecuencia se olvida el origen de esta contaminación, que si bien se nutre de los desechos sólidos y líquidos que se vierten directamente a él, son también resultado de los contaminantes que arrastran los cauces que lo conforman en zonas más altas como el APG. La contaminación que se genera en la

³ Los vasos reguladores son áreas aledañas a un cuerpo de agua, en este caso un arroyo, que durante la época de lluvias funcionan como espacios inundables hacia los cuales se desbordan los excesos de agua. Su función es concentrar o amortiguar toda la carga de agua excedente.

zona urbana de Cuatepec se alimenta principalmente de residuos sólidos plásticos, y algunas descargas domésticas. Esta contaminación es evidente dada la presencia de malos olores, turbidez, azolvamiento, y eutroficación. Un claro ejemplo es la basura que se arrastra por los cauces menores y es transportada por el Arroyo Peña Gorda hasta llegar al vaso regulador (imagen 9).



Imagen 9. Residuos sólidos arrastrados al vaso regulador
(Tomado de Romero et al., 2002)

1.8 Manejo de los recursos naturales de la microcuenca del APG

Los sistemas que componen la microcuenca del APG son administrados desde esferas distintas que no trabajan de manera colaborativa.

Por un lado el área geográfica de la Sierra de Guadalupe es muy extensa; comprende la zona Norte de la Delegación Gustavo A. Madero del Distrito Federal, y los municipios mexiquenses de Tlalnepantla de Baz, Cuautitlán Izcalli, Tultitlán, Coacalco y Ecatepec. Como se aprecia en la imagen 10, la Sierra de Guadalupe está decretada como área de conservación bajo 4 diferentes categorías: como ANP estatal del Estado de México bajo la categoría de Parque estatal (decretado en 1976), en 2 ANP estatales del D.F. con categoría de Zona sujeta a Conservación Ecológica (Sierra de Guadalupe, en 2002) y Zona de Conservación ecológica (la Armella, decretada en 2006) y como Suelo de Conservación del D.F. (SCDF). Este conjunto de demarcaciones se muestra en la imagen 10.

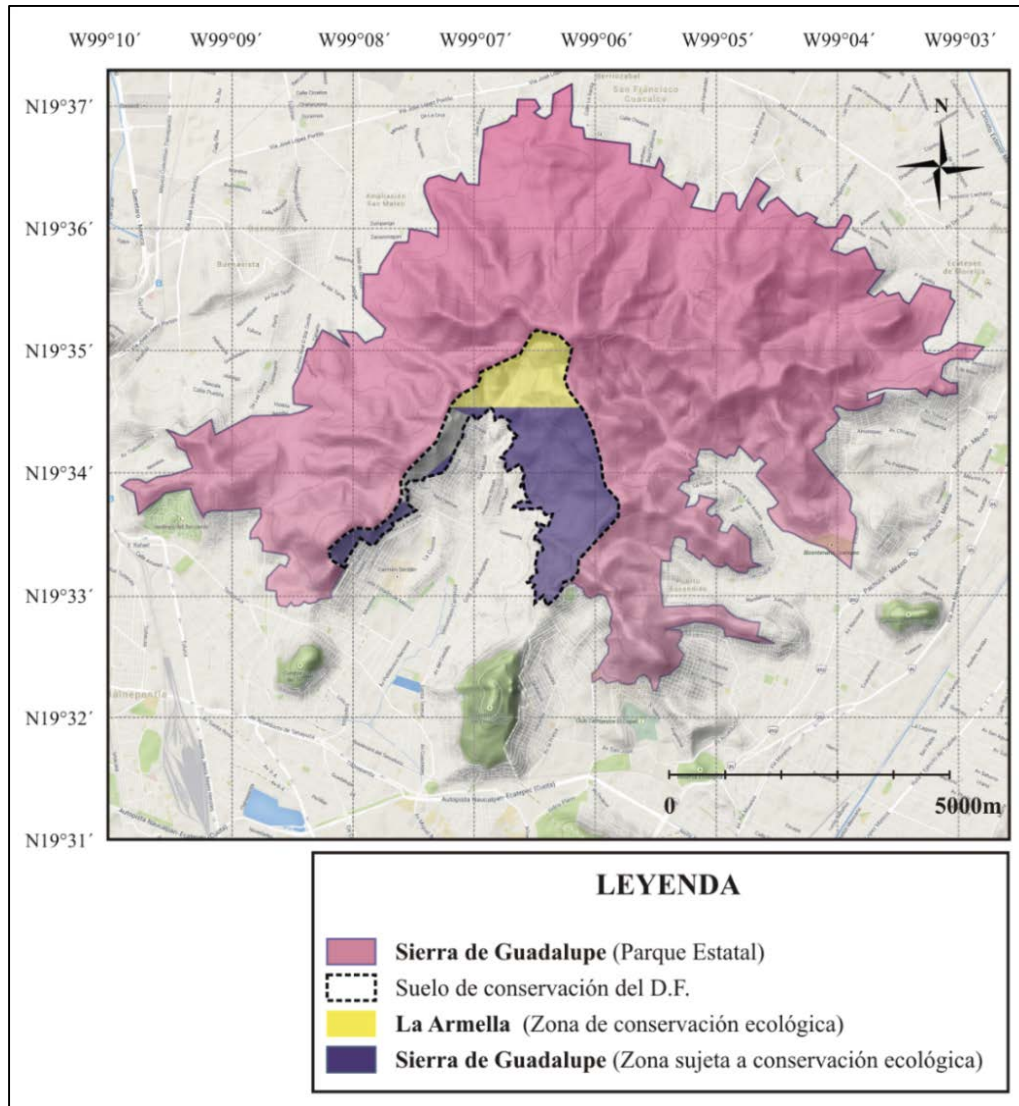


Imagen 10. Sierra de Guadalupe, zonas de administración
 (Modificado de Romero *et al.*, 2002)

Actualmente la Zona sujeta a Conservación Ecológica⁴ Sierra de Guadalupe, es manejada por la Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales del DF (DGCORENA) y posee un plan de manejo, donde se plantean 17 estrategias que incluyen reforestaciones, tratamiento de plagas, prevención y control de incendios, banco de plasma germinal, vigilancia, remoción de residuos sólidos, establecimiento de áreas de recreación, sistemas de cobro, entre otras (Romero *et al.*, 2002).

⁴ Categoría de manejo de área natural protegida con el objetivo de proteger ecosistemas cercanos a asentamientos urbanos para preservar los elementos naturales indispensables para el equilibrio ecológico y el bienestar general (LGEEPA, 2012).

Asimismo se ha establecido una zonificación⁵ de la ZCESG con fines de establecer el tipo de actividades que pueden realizarse al interior de ella. El cuadro 1 presenta la superficie de cada zona del ANP. Se aprecia que el área de uso público es la más pequeña.

Cuadro 1. Áreas de zonificación de la ZCESG

Clasificación	Superficie (ha)
I. Zona de uso público	32.27
II. Zona de recuperación	506.62
III. Zona de conservación	94.79
Total	633.38

Fuente: Romero et al, 2002

Por otro lado dentro de la parte urbana, el manejo del agua se lleva a cabo dirigido por una administración distinta en manos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y el gobierno de la delegación a cargo de Nora Arias Contreras. Si bien el trabajo de estos dos actores es mucho más estrecho, no se ha logrado una sinergia con la gestión de la parte alta. En suma, actualmente los elementos naturales que conforman el área de estudio se administran desde diferentes instrumentos de gestión: el manejo integral de cuencas y las áreas naturales protegidas, mismos que no han cumplido con los objetivos de un manejo de recursos que garantice la provisión de bienes y servicios ecosistémicos que incrementen la calidad de vida de las personas. Las acciones de cuidado y restauración se realizan sectorialmente, llevando a cabo acciones que no compaginan entre sí. Esta condición fragmenta el área natural, separa la parte natural de la parte urbana y no garantiza la conservación y provisión de recursos en el largo plazo.

En la microcuenca del APG adquiere gran valor la ZCESG por ser el último reducto de recursos naturales y áreas cubiertas de vegetación para el Norte Distrito Federal y los municipios colindantes del Estado de México (Alcérreca *et al.*, 2009; Escobar, 2012), los esfuerzos para conservarla, restaurarla y generar obras dirigidas a su resguardo serán determinantes en la disminución de

⁵ Las ANP son subdivididas en 3 zonas principales que ayudan a identificar y delimitar el territorio que la conformarán y las actividades que se pueden realizar: las zonas núcleo o zonas de uso restringido, cuyo objetivo es la protección de los ecosistemas y donde se prohíben las actividades de aprovechamiento; las zonas de amortiguamiento, áreas más degradadas con necesidad de protección y restauración, en las cuales se permiten actividades de bajo impacto y aprovechamiento sustentable y por último, las zonas de transición en las cuales se pueden ubicar asentamientos humanos, se practican actividades agrícolas y otras formas de explotación de los recursos naturales (UNESCO, 2010).

conflictos por la escasez de agua, contaminación hídrica y en la provisión de otros servicios vitales a la sociedad (Dungumaro y Madulu, 2003; Cedillo *et al.*, 2007).

Es imperativo mencionar que los programas ambientales y de desarrollo social parecen tener objetivos no compatibles, los primeros tienen por objeto garantizar la provisión de bienes y servicios por medio de la conservación de los recursos, pero por otro lado los segundos no incluyen como elemento de desarrollo social al medio ambiente. Esta separación entre el desarrollo social por un lado con sus secretarías y programas y por el otro el manejo del medio ambiente como si se tratara de un elemento independiente pone de manifiesto que la no colaboración entre actores se da en todas las escalas.

Es por ello que virar hacia nuevas visiones y paradigmas para preservar la calidad de los recursos en este espacio sensible ubicado en la zona periurbana, se convierte en una cuestión de sobrevivencia para la Ciudad de México y particularmente para los poblados del Norte del D.F y significa un desafío en el que la sociedad y el Gobierno del Distrito Federal a través de la gestión ambiental, deberán asumir importantes compromisos en los próximos años.

El panorama de este primer apartado nos ayuda inicialmente a notar que en lo que se refiere a la información disponible para la microcuenca del APG, los datos se encuentran reducidos, desactualizados y segmentados. No obstante estos datos proporcionan una primer aproximación a conocer de modo general las características del sitio y como poder abordar su estudio desde otra perspectiva diferente a como se ha venido realizando.

CAPÍTULO 2

EL MANEJO INTEGRAL DE RECURSOS NATURALES: CUENCAS, ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y EL PLAN VERDE DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

Antiguamente, hace más de 100 años, la naturaleza era vista desde dos perspectivas: la naturaleza orgánica y la naturaleza como creación divina. La segunda, creada por mandato divino era percibida como un entorno ordenado y estable. Cuando su estabilidad era alterada, la naturaleza volvía a su condición constante, que era deseable y buena. Esta idea de aparente orden en la naturaleza fue expresada por George P. Marsh en 1896 cuando dijo que *«en las regiones no pisadas por el hombre, las proporciones y posiciones relativas de la tierra, el agua y demás elementos naturales, así como la vida vegetal y animal, están sujetas al cambio sólo por influencias geológicas, tan lentas en su funcionamiento que pueden considerarse constantes»*. Esta afirmación ha sido una creencia frecuente en la historia occidental y ha sido la perspectiva predominante de la conservación biológica durante los últimos 50 años (Gutiérrez-Yurrita, 2007).

Aunque la postura de la naturaleza orgánica y cambiante siempre ha existido, la perspectiva antagonista ha sido la más defendida. Sin embargo, hacia mediados del siglo pasado se reconoció de manera amplia que la capacidad del ser humano para transformar los ecosistemas va de la mano con los cambios inherentes al funcionamiento ecológico. El conocimiento de las consecuencias de esta transformación y las amenazas potenciales que podía tener nuestro acelerado ritmo de expansión sobre el entorno natural generó la necesidad de modificar los esquemas de desarrollo económico y social basados en la explotación y deterioro de los recursos naturales hacia esquemas más sustentables (Paniagua y Moyano, 1998; Maass y Cotler *et al.*, 2007). Bajo este escenario se llevó a cabo la implementación de herramientas y mecanismos para el manejo y cuidado de los ecosistemas, entre ellos el manejo integral de cuencas, el establecimiento de áreas naturales protegidas y otros programas de índole más local como el Plan Verde de la Ciudad de México.

2.1 El manejo integral de cuencas

El reconocimiento de los ecosistemas como una intrincada red de procesos ligados entre sí y la adopción de la sustentabilidad⁶ como objetivo fundamental del desarrollo llevó a establecer la imposibilidad de hacer un manejo de los recursos naturales de manera aislada y que el manejo debe ir más allá hacia un manejo integrado (Maass y Cotler *et al.*, 2007). Para cumplir con estos objetivos, se consideró a las cuencas hidrográficas como unidades fundamentales para el manejo de recursos y servicios ecosistémicos debido al reconocimiento del agua como un elemento clave en el desarrollo de las sociedades humanas (Maass y Cotler *et al.*, 2007).

El enfoque integral se aplica a la gestión hídrica considerando el agua como el vínculo entre el desarrollo humano y la naturaleza, en una compleja interrelación de factores físicos y biológicos que conforman las espirales hidrológicas, y los factores antrópicos influyentes en su cambio. El objetivo de la implementación del manejo integral al manejo de recursos hídricos, consiste fundamentalmente en reemplazar el manejo sectorial por un nuevo esquema coherente con los planes del desarrollo urbano, social, económico y tecnológico (FAO, 2007; Perevochtchikova, 2008).

En México, es a partir de finales del siglo pasado que el gobierno contempla como un problema de interés nacional a los problemas ya reconocidos de contaminación del agua por un lado, y por otro la ineficiencia en infraestructura para la distribución del recurso hídrico (Carabias y Landa *et al.*, 2005). Asimismo, se reconoce su valor estratégico como fuente de bienestar económico, ecológico y social, haciendo un llamado a la implementación de algunas acciones dirigidas al abastecimiento de agua en cantidad y calidad suficiente (SEMARNAT, 2010). Esta visión se refleja con la creación de la CONAGUA en 1989 y la Ley de Aguas Nacionales en 1992, donde se considera a la cuenca como unidad básica de administración del agua (Perevochtchikova, 2008), elevando el acceso al agua a rango constitucional desde la reforma del 26 de febrero del 2013 en el Art. 4:

Artículo 4: Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable

⁶ El concepto de sustentabilidad ha sido ampliamente debatido desde su publicación en el Informe Brutland. De acuerdo con Solórzano (2002) *El desarrollo sustentable es un proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida, fundado en la conservación y protección del medio ambiente, minimizando costos sociales y económicos, sin comprometer las expectativas de las generaciones futuras.* La Semarnat establece al desarrollo sustentable como su objetivo en la LGEEPA, dicho objetivo requiere que las acciones tomadas por los diferentes niveles de gobierno, para promover el desarrollo y reducir la pobreza no resulten en degradación ambiental ni en exclusión social hoy ni mañana.

de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines.

El manejo integral de cuencas se lleva a cabo por medio de un proceso de planeación, diagnóstico, implementación y evaluación de acciones y medidas dirigidas a la conservación de los ecosistemas, así como el control y prevención de los procesos de degradación ambiental (Cotler y Caire, 2010), la descripción de este proceso se presenta en el cuadro 2.

Cuadro 2. Fases del manejo integral de cuencas

Etapa	Definición
Planeación	Se definen objetivos, metas y estrategias, se seleccionan áreas prioritarias de atención, se diseñan los mecanismos de inclusión social y la estructura organizacional, se reúne la información acerca de la cuenca.
Diagnóstico	Definición de la problemática causas y efectos, delimitación de la unidad de gestión adecuada.
Implementación	Se especifican presupuestos, tiempos, acciones y estrategias de manejo, personal requerido.
Evaluación	Medición y comparación de indicadores y retroalimentación para fortalecer las capacidades sociales y técnicas

Fuente: Elaboración propia con información de Cotler y Caire, 2010

Esta forma de manejo de cuencas es el enfoque que ha prevalecido en América Latina y el resto del mundo a lo largo de las últimas tres décadas (FAO, 2007; Cotler y Caire, 2010). En este sentido, el manejo busca la integración de los actores y procesos involucrados en una sola problemática, y constituir los cimientos de una gestión adecuada donde se garantice la provisión del recurso hídrico y su buena calidad (Cotler, 2007).

Para fines de investigación y manejo la CONAGUA, el INEGI y el INE, han delimitado 13 regiones hidrológico-administrativas⁷ (RHA) que se muestran en la imagen 11, que a su vez se subdividen en 37 regiones hidrográficas, las cuales contienen dentro de sí en total 1,471 cuencas.



Imagen 11. Regiones hidrológico-administrativas

(Tomado del portal http://www.conagua.gob.mx/atlas/mapa/07/index_svg.htm)

A fin de abordar el manejo de las cuencas de manera integral, resulta preciso incorporar en esta regionalización a las comunidades locales en la evaluación y solución de sus problemas, pues son ellos los que interactúan directamente en la cuenca y llevan a cabo las actividades que la impactan (Dungumaro y Madulu, 2003). En la búsqueda de alcanzar los objetivos de la gestión integral del recurso hídrico fue alrededor de los 70's que algunas organizaciones a nivel mundial formaron las primeras comisiones dentro de este concepto. Este esquema se replica en México y se establecen las gerencias regionales y estatales de la CONAGUA, así como los primeros consejos de cuenca, y en 1997 se abre el espacio a la participación de los usuarios en estos consejos mediante asambleas (Perevochtchikova, 2008), convirtiéndose así en el mecanismo principal de participación social en el manejo de cuencas. Hacia 2004 la reforma a la Ley de Aguas Nacionales (LAN) refuerza la inclusión

⁷ Formadas por agrupaciones de cuencas, consideradas las unidades básicas de gestión de los recursos hídricos, sus límites respetan los municipales para facilitar la administración e integración de la información socioeconómica. La Conagua, órgano administrativo, normativo, técnico y consultivo encargado de la gestión del agua en México, desempeña sus funciones a través de estos 13 organismos de cuenca (CONAGUA, 2012).

de la sociedad organizada al establecerse que los representantes de usuarios y ONG's deberán conformar al menos 50% del total de participantes en el consejo de cuenca.

Desafortunadamente este logro de la sociedad mexicana, siguió siendo manejado por el gobierno, perdiéndose así la parte medular del mismo: su independencia gubernamental y la democratización del agua, que permitían que un bien indispensable y escaso fuera bien manejado. Los desatinos gubernamentales también se manifiestan en que si bien para 2004 se presenta la reforma a la Ley de Aguas Nacionales (LAN) permanecen sin reformarse sus reglamentos de operación, por lo que desde ese momento y hasta el día de hoy, es inconstitucional su aplicación en muchos casos.

Al margen de esta fatídica reforma en la LAN, actualmente existen 26 consejos de cuenca cuyo funcionamiento se auxilia de organizaciones a niveles subcuenca, micro-cuenca y acuífero, denominadas respectivamente: Comisiones de Cuenca, Comités de Cuenca y COTAS (LAN, 2004; Perevochtchikova, 2008). De acuerdo al artículo 13 de la LAN, los consejos de cuenca son la *“instancia coordinación y concertación entre representantes del gobierno, sector privado y usuarios con objeto de mejorar la administración de las aguas nacionales, desarrollar la infraestructura hidráulica y sus servicios, y coadyuvar en la conservación y restauración de las cuencas hidrológicas”*

Como se aprecia, en México los cambios se han venido dando de un enfoque sectorial y centralista hacia uno más integral (FAO, 2007; Cotler y Caire, 2010), no obstante algunos obstáculos como las deficiencias institucionales y la ausencia de consensos entre las instituciones aún frenan el avance hacia el conocimiento y la gestión adecuada de las cuencas (Cotler y Caire, 2010; INE, 2010).

2.2. Áreas naturales protegidas

En la sociedad actual los problemas ambientales se abordan mediante el enfoque de la biología de la conservación (Allen y Hoekstra, 1992). La biología de la conservación surge como una ciencia multidisciplinaria que se desarrolla en respuesta a la crisis que enfrenta la diversidad biológica. Esta puede contribuir a integrar las complejidades ecológicas y sociales involucradas en las prácticas de manejo y comercialización de algunas especies y a elaborar una perspectiva general para la protección de la diversidad biológica y cultural en el largo plazo (Primack, 1995). Esta disciplina busca mantener tres aspectos importantes de la vida: la diversidad biológica, la integridad ecológica (composición, estructura y funcionamiento de los sistemas vivos) y la salud ecológica (resiliencia y capacidad de persistir en el tiempo) (Callicott *et al.* 1999).

En casos particulares cuando el crecimiento de las ciudades se realiza a costa de la desaparición áreas naturales se genera la necesidad de implantar mecanismos de conservación, para rescatar parte del patrimonio natural creando Áreas Naturales Protegidas (ANP) o fortaleciendo las existentes. En este trabajo entendemos por Áreas Naturales Protegidas el concepto oficial desarrollado para México por la CONANP (2007), que las considera formas de conservación *in situ*, constituidas por porciones terrestres o acuáticas de nuestro planeta, donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado y que producen beneficios ecológicos cada vez más reconocidos y valorados, sujetas además a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo.

La LGEEPA (2012) en su artículo 45 menciona que las ANP tienen el propósito de “*salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres, particularmente las endémicas amenazadas o en peligro de extinción*”, aunque cada ANP presenta funciones específicas y objetivos de preservación biológica de acuerdo con la categoría jurídica que le es asignada.

Estas áreas juegan un papel fundamental en la preservación de la riqueza natural de cada país por lo que deben ser efectivamente representativas de los ecosistemas y de la biodiversidad existente (De la Maza, *et al.*, 2003); y aunque pueden ser consideradas como tierras ociosas por no estar destinadas a un uso (agrícola, pecuario, silvícola, industrial, o urbano), es necesario resaltar que no solo constituyen un mecanismo de conservación de especies sino que son una modalidad de uso de suelo indispensable para promover el bienestar y el progreso a través de la provisión de servicios ecosistémicos⁸ que fomentan el mejoramiento de la calidad ambiental y que influyen favorablemente en la calidad de vida (Ordóñez y Flores, 1995).

De acuerdo con la Secretaria de Medio Ambiente del D.F. (SMA, 2012) 23 ANP se encuentran en el D.F., la mayoría bajo la categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica y localizadas al sur de la entidad. Estas ANP, incluida la ZCESG actualmente se encuentran bajo la administración de la Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales (DGCORENA).

De las 23 ANP del D.F. presentadas en la imagen 12 solamente nueve cuentan con programas de manejo publicados oficialmente; esto significa que 39% de las ANP están sujetas a un esquema de

⁸ Los servicios ecosistémicos se definen como un conjunto de condiciones y procesos naturales cuya existencia brinda beneficios a la sociedad, que los aprovecha de diferentes formas y que les permiten cubrir sus necesidades básicas para subsistir. Estos servicios son generados por un complejo número de ciclos biogeoquímicos que operan a diferentes escalas. Los servicios ecosistémicos pueden clasificarse en 4 grandes categorías: de provisión, de regulación, de mantenimiento y culturales (Daily *et al.*, 1997).

planeación, mientras que el 61% no cuenta con instrumentos de planificación y normatividad (SMA, 2012), lo que sugiere que no hay instituciones gubernamentales, o sociales que estén llevando a cabo acciones de evaluación y ejercicio del cumplimiento de los objetivos de conservación y provisión de servicios ecosistémicos para los que fueron creadas (Acosta, 2013). Este incumplimiento las hace completamente vulnerables ante el deterioro (SMA, 2007).

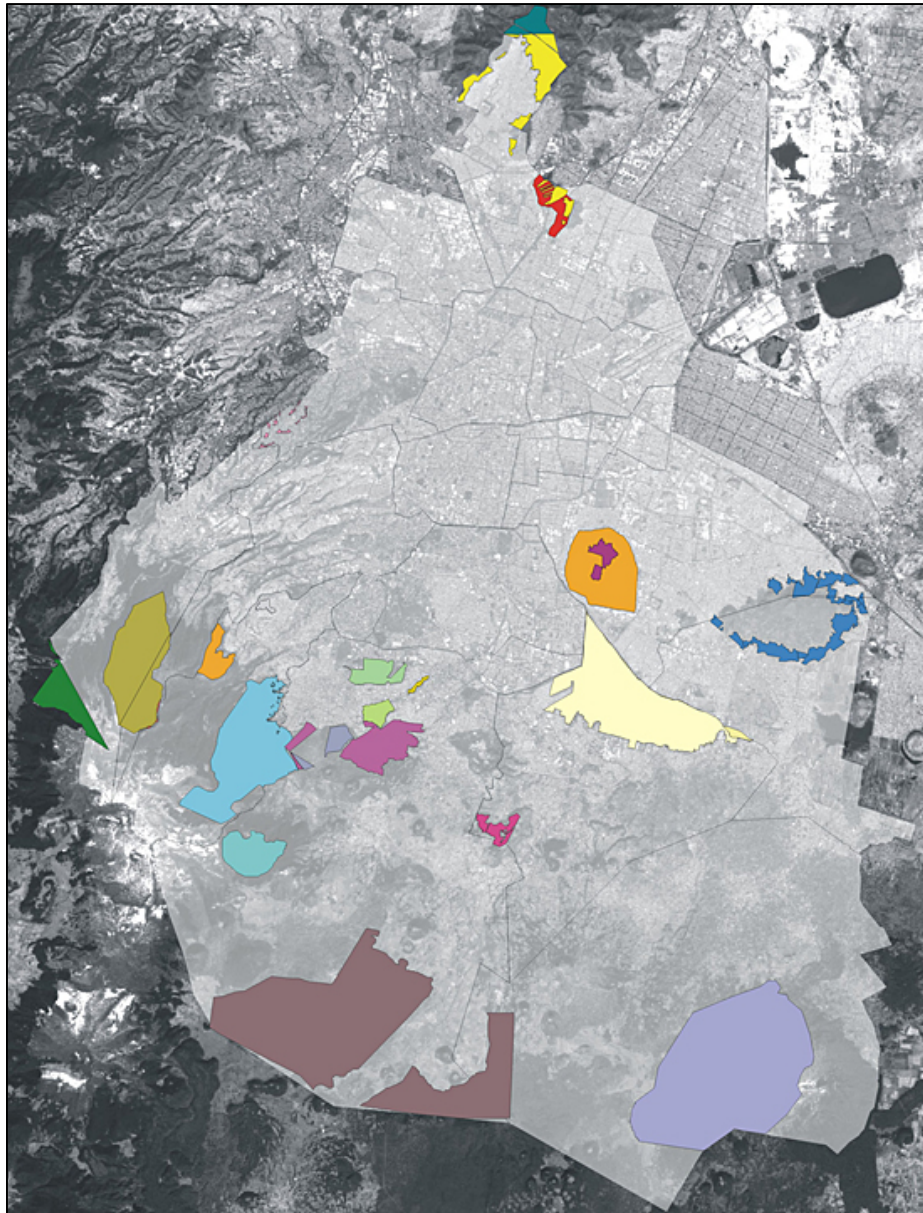


Imagen 12. Áreas Naturales Protegidas del DF
(Tomado del Plan Rector de ANP SMA, 2012)

Bezaury (2009) menciona que las zonas de usos restringidos en las ANP limitan el desarrollo de actividades económicas gracias al establecimiento de restricciones sujetas al uso sustentable de los recursos naturales. En estas partes del territorio, cuando la tierra es propiedad social, comunitaria o

privada y no del Estado frecuentemente se generan desacuerdos entre los diferentes actores, ubicándose las posiciones de quienes tienen por objetivo la conservación y quienes requieren o pretenden su explotación, por lo que continuamente se recurre a la expropiación de los terrenos imponiendo modalidades de uso que en muchos casos suponen un impedimento al desarrollo local (De la Maza, *et al.*, 2003).

Las modalidades de uso, de acuerdo con la constitución mexicana (Art. 27), deben ser de interés social y en ello radica la importancia de contar con alternativas económicas y beneficios para los habitantes locales con el objeto de convertir a las áreas naturales en oportunidades para el desarrollo regional sustentable (De la Maza, *et al.*, 2003). El reglamento de la LGEEPA en materia de ANP (2014) en su artículo 17 y 18 establece que para el manejo y administración de las áreas naturales protegidas se podrán constituir Consejos Asesores, que tendrán entre sus facultades fomentar la participación directa de las organizaciones de ciudadanos y personas físicas que habiten dentro y en las zonas de influencia. En su artículo 73 también expresa que en la formulación del programa de manejo de las ANP se deberá promover la participación.

Por su parte el Sistema Local de Áreas Naturales Protegidas (SLANP), de acuerdo con lo dispuesto en la Ley Ambiental del Distrito Federal, contempla en su Plan Rector (SMA, 2012) la inclusión social como uno de los ejes de trabajo bajo los cuales debe desarrollarse la gestión. Sin embargo en la realidad, la participación ciudadana figura como un elemento aún impreciso en este tipo de instrumentos de gestión ambiental.

2.2. El Plan Verde de la Ciudad de México

A nivel local, en la Ciudad de México la Agenda Ambiental se ha convertido en una de las más atendidas en los últimos años. Esto como resultado de la creciente demanda de la sociedad para atender los, cada vez más apremiantes, problemas ambientales derivados del crecimiento de las sociedades modernas (Martínez y García, 2008). Los problemas de salud pública asociados a la contaminación del aire, agua y suelos, el incremento en la severidad de los fenómenos meteorológicos y el agotamiento de muchos recursos naturales contribuyeron, sin duda, a marcar la necesidad de considerar el componente ambiental en las políticas de desarrollo urbano (SEMARNAT, 2012).

En el Distrito Federal, se estableció en 2007 el Plan Verde de la Ciudad de México, con estrategias y acciones dirigidas hacia el desarrollo sustentable. De acuerdo con el sitio web oficial del programa (http://www.om.df.gob.mx/programas/plan_verde), es un plan a mediano plazo (15 años) que

involucra a diversos sectores sociales y mejora la interacción de los ciudadanos con su medio ambiente propiciando el cuidado y el uso racional de los recursos naturales, además de funcionar como un mecanismo de comunicación para que los ciudadanos conozcan las labores del gobierno en temas de relevancia ambiental, los objetivos que se propone alcanzar y cuáles son las estrategias y acciones directas para lograrlo. Los ejes temáticos que maneja este plan las estrategias de cada eje de acción y el objetivo general de cada uno, se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Objetivos y estrategias del Plan Verde de la Ciudad de México

Eje de acción	Objetivo	Estrategias
Suelo de Conservación	Rescatar el suelo de conservación como espacio clave para el equilibrio ecológico de la ciudad	<ol style="list-style-type: none"> 1. Crecimiento cero de los AHI 2. Restauración y conservación de ecosistemas de alto valor ambiental 3. Pago por servicios y bienes ambientales 4. Impulso a los agroecosistemas y manejo sustentable de recursos
Habitabilidad y espacio público	Rescatar y crear espacios públicos para hacer de la ciudad u lugar de integración social que ofrezca mejor habitabilidad, confort y equidad	<ol style="list-style-type: none"> 1. Implementar proyectos ordenadores con espacios públicos amplios, sustentables, y habitables 2. Rescatar y consolidar espacios públicos existentes con vocación recreativa y ambiental 3. Incrementar las áreas verdes y dotar de infraestructura, mobiliario urbano y elementos de accesibilidad los espacios públicos
Agua	Lograr autosuficiencia hídrica y gestión integral del agua en el DF	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alcanzar equilibrio del acuífero 2. Reducir el consumo doméstico 3. Reducir las fugas 4. Incrementar la reutilización y el tratamiento 5. Crear parques lacustres en Tláhuac y Xochimilco
Movilidad	Recuperar las vialidades para el transporte colectivo eficiente menos contaminante y de calidad, y promover la movilidad no motorizada	<ol style="list-style-type: none"> 1. Privilegiar el transporte colectivo eficiente, no contaminante y de calidad 2. Reducir el número de vehículos e circulación 3. Incentivar la movilidad no motorizada 4. Agilizar la movilidad vial 5. Fortalecer la cultura vial
Aire	Controlar los contaminantes atmosféricos de mayor presencia y afectación a la salud y consolidar la reducción de las emisiones de contaminantes tóxicos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reducir las emisiones de contaminantes 2. Incrementar la eficiencia pasajero o carga transportados 3. Apoyar las acciones de los planes de movilidad y energía y monitorear la calidad del aire

Cuadro 3. Objetivos y estrategias del Plan Verde de la Ciudad de México (Continuación)

Residuos	Instrumentar un sistema integral y sostenible de manejo de residuos sólidos urbanos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Impulsar la regulación de los materiales de empaque y embalaje 2. Fortalecer el programa de separación de la basura desde su origen para incrementar el reciclaje 3. Crear y promover las oportunidades de mercado para incrementar el aprovechamiento de los materiales reciclados 4. Modernizar los métodos de recolección, concentración, transferencia, tratamiento, y disposición final de residuos
Cambio climático y energía	Reducir las emisiones de gases efecto invernadero impulsar y fortalecer el mercado de las energías renovables y realizar acciones de adaptación al cambio climático	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elaborar el Plan de Acción Climática de la Ciudad de México 2. Apoyar las acciones de planes que reeditúan en la disminución de emisión de gases de efecto invernadero 3. Reducir la vulnerabilidad de la Ciudad de México ante el cambio climático y contar con medidas de adaptación

Fuente: Elaboración propia con información del Plan verde de la Ciudad de México (http://www.om.df.gob.mx/programas/plan_verde)

En 2012, se presentó el primer informe de avances de este Plan, donde se expone un progreso de hasta el 80% con 30 metas cumplidas y una inversión de 32,527 mdp. Entre los logros está el Programa de recuperación del Río Magdalena y Eslava, la publicación del Plan Rector de ANP, la restauración de monumentos nacionales y plazas públicas, el metrobus, la línea 12 del metro, el programa Eco-bici, la recolección separada de residuos, entre otros.

En síntesis, esto nos permite observar que este conjunto de mecanismos de gestión ambiental que parecen tener objetivos y acciones en común, frecuentemente trabajan de manera aislada, lo que produce resultados infructuosos y genera nuevos problemas ambientales y sociales derivados de la discrepancia entre quienes se encargan de tomar las decisiones y administrar los recursos, así como por la ausencia de participación ciudadana y académica en dicha gestión. Es de notar que los instrumentos de gestión ambiental que aquí se presentan trabajan de manera separada de aquellos que procuran el desarrollo social, como si se tratara de dos condiciones independientes. Ante este tipo de situaciones que se replican en todo el mundo han surgido nuevas alternativas para el abordaje y solución de los problemas ambientales, como la gestión holística.

CAPITULO 3

MANEJO HOLÍSTICO DE LOS RECURSOS NATURALES

En años recientes ha surgido la necesidad de abordar teorías alternativas que incluyan un planteamiento nuevo de las relaciones entre los distintos medios (físico, social y económico) involucrados en la problemática ambiental, incorporando aportes de las diferentes ramas y disciplinas científicas, tecnológicas, sociales y naturales para transformar la ideología hacia el enfoque holístico (Gutiérrez-Yurrita, 2009; Seminara y Bolla, 2012).

3.1 La ecología holística de los paisajes

La orientación positivista de la ciencia que prevaleció durante casi tres siglos, consideraba que sólo lo estrictamente verificable sería aceptado como conocimiento científico y el estudio de las realidades complejas se llevaba a cabo de manera reduccionista, es decir, identificando sus componentes aislados fragmentado los campos de la ciencia (Naveh, 2000; Li *et al.*, 2000; Martínez, 2011).

La investigación de diversos fenómenos en ciencias como la física, e incluso en la biología tuvieron efecto en un cambio radical acerca de nuestra concepción del universo, y volvió necesaria una nueva visión de la realidad (Naveh, 2000). En palabras de Bohm (1980) si contemplamos un bosque a través de una mirada reduccionista sólo veremos un conjunto de árboles junto a otros organismos y otros elementos, tales como suelo, agua y aire juntos como agregados no estructurados. Bajo el nuevo argumento se estableció que los enfoques analítico- reduccionistas y sus principios mecánico-causales resultaban insuficientes para explicar el funcionamiento de fenómenos y procesos naturales complejos (Arnold y Osorio, 1998). Era necesario un nuevo paradigma para poder comprender la naturaleza como un conjunto de interconexiones a nivel global.

Así surgió la primera formulación de la "Teoría General de Sistemas" (TGS) que se atribuye al biólogo Ludwig von Bertalanffy quien acuñó que debería constituirse un mecanismo de integración entre las ciencias naturales y sociales a través de una teoría sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad, que invitara a una nueva forma de trabajo interdisciplinaria para superar la segmentación del conocimiento que reflejaban las disciplinarias particulares (Martínez, 2011). La TGS no niega el valor de las ciencias exactas y sus aportaciones, pero deja ver su insuficiencia en la investigación de fenómenos asociados sobre todo a los seres vivos, ya que en las ciencias de la vida están insertados conceptos que incluyen, variación, evolución y cambio (Li, 2000; Martínez, 2011). De este modo la TGS abrió el camino para el desarrollo sucesivo de los conceptos contemporáneos de la totalidad y la complejidad (Naveh, 2000).

La TGS está estrechamente relacionada con la teoría de jerarquía según la cual Laszlo (1972) menciona que la naturaleza presenta “*todos*” ordenados, estratificados en multiniveles de tiempo y espacio. En este nuevo paradigma todos los fenómenos son recíprocamente interdependientes y cada sistema incluye a su vez a otros subsistemas y forma parte de un sistema mayor (Naveh, 2000; Martínez, 2011). Una clara muestra de esta estructura de los sistemas se encuentra en la imagen 13.

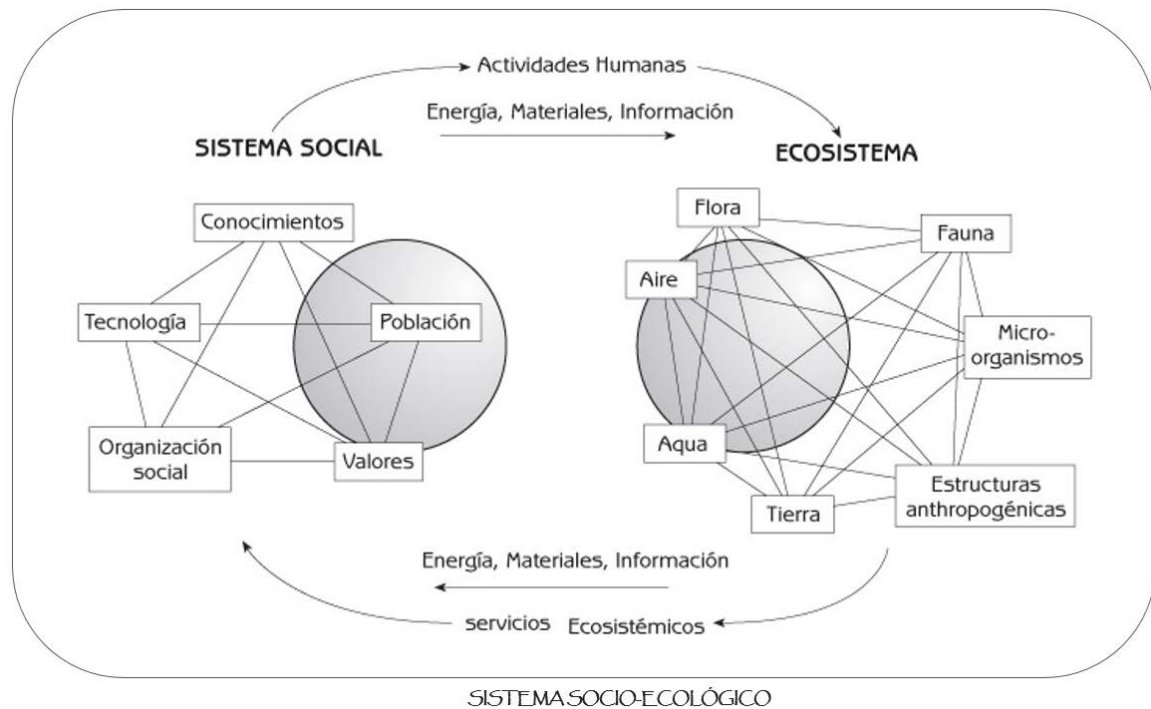


Imagen 13. Ejemplo de subsistemas y suprasistemas
(Tomado de Marten, 2001)

De este modo los niveles más altos organizan a los niveles inferiores; esta organización es funcionalmente y espacialmente constante en el tiempo y la función de cada sistema está dada por su subsistema más bajo y las tendencias de su suprasistema (Laszlo (1972). Koestler (1969) utiliza el término ‘Holon’ como una composición del griego: *holos*-todo y *proton*-parte para reconocer la naturaleza de los niveles jerárquicos (sistemas) como *partes* y *todos* al mismo tiempo. Esto significa que cada sistema es un *todo* en sí mismo teniendo a sus subsistemas subordinados y a la vez es una *parte* dependiente del suprasistema que lo contiene. Él mismo sugiere usar el término Holarquía para referirse a esta la jerarquía del Holon en la naturaleza.

Se preparaba el escenario para un cambio de paradigma que enfrentara los nuevos retos de integrar el conocimiento para hacer que la sociedad avanzara de modo coordinado y no que sólo algunas ramas crecieran a costa de otras, había de conjuntar el conocimiento científico, social y filosófico (Smuts,

1926). Bajo esta mirada Jan Smuts, incorpora el término holismo como: "*la tendencia en la naturaleza para formar todos que son mayores a la suma de las partes*" (Savory, 2005). Tras esta importante premisa se gesta una revolución científica que pretende un cambio de enfoque de lo convencional reduccionista y mecanicista hacia enfoques holísticos y orgánicos para entender la integridad, la conectividad y la complejidad de los sistemas naturales y sociales (Palang *et al.*, 2000; Naveh, 2000).

La ecología holística surge fundada dentro de la TGS considerando que en la naturaleza no existen partes individuales, ni límites, sino *todos* (subsistemas y suprasistemas) (Savory, 2005). Tal revolución científica va acompañada de la aparición de un nuevo campo del conocimiento, la ciencia de la complejidad, que se ha habilitado por el importante cambio del modelo de pensamiento cuyo principio clave es la noción de la *totalidad* (Arnold y Osorio, 1998; Naveh, 2000). Los sistemas analizados bajo este enfoque, se consideran de carácter complejo toda vez que por efecto de la interconexión de sus partes se crean propiedades adicionales no visibles cuando se analizan a los elementos aislados, dichas propiedades se denominan emergentes (Li, 2000; Martínez, 2011; Seminara y Bolla, 2012; Gutiérrez-Yurrita, 2014a).

Si tenemos un elemento – suelo, por ejemplo –, al analizarlo de manera aislada parece borroso, difícil de interpretar; entonces es posible agregar sucesivamente otras capas de información geológica, hidrológica, humedad, vegetación, hasta obtener una visión más nítida (Naveh, 2000; Savory, 2005). Pero en este caso la funcionalidad del sistema sigue siendo incomprensible, puesto que sólo se transponen capas estructurales y se hace necesario incluir capas transversales que conecten a las primeras a través de flujos de energía y de materia que lo hagan coherente. Se requiere que los sistemas sean permeables a la transferencia de información y retroalimentación, homeostáticos (capaces de auto-regularse) y reostáticos (capaces de cambiar de un estado a otro de acuerdo a las necesidades del momento) simultáneamente (Mrosovsky, 1990). De esta forma se alcanza un modelo donde por un lado se representa de manera clara lo que sabemos y de manera incierta lo que creemos que sabemos y nos faculta para realizar proyecciones sobre lo que deberíamos de saber (Gutiérrez-Yurrita, 2011). En este punto es posible medir la incertidumbre, modificar variables y apreciar propiedades emergentes del sistema, como la homeostasis y la resiliencia, o en otro contexto actividades económicas, movimientos sociales, etc. (Naveh, 2000).

La resiliencia de los sistemas complejos es la capacidad de recuperarse de los disturbios y reorganizarse mientras el sistema se somete a un cambio para mantener esencialmente su función, estructura, identidad y retroalimentación (Folke, 2006). Los sistemas interconectados provocan que cuando un elemento se ve afectado, todos los demás se afecten también (Naveh, 2000). En sistemas

vulnerables las perturbaciones aun por pequeñas que éstas nos parezcan pueden causar consecuencias dramáticas, por lo que en términos de resiliencia la capacidad de recuperación es equivalente a la reorganización y abre paso al proceso fundamental de adaptación (Folke, 2006). La resiliencia de los sistemas complejos se dibuja en los conceptos del ciclo adaptativo de Holling (1986)⁹, ya que focaliza las respuestas de los sistemas a cambios a través de la adaptación y la transformación (Holling, 1986; Krasny *et al.*, 2014).

Los sistemas complejos se mueven de un estado estable – homeostático - a otro de manera paulatina como resultado de la dinámica estocástica continua – reostásis - donde el orden y el desorden se hallan en estrecha relación (Holling, 1973; Bohm, 1980; Naveh *et al.*, 2000). A medida que nos alejamos del régimen cíclico o lineal (lejos del equilibrio), la no linealidad del sistema cobra relevancia y se vuelve inestable produciéndose una fase de transición o de no equilibrio; el sistema luego cambia a un nuevo estado de “*equilibrio*” que exhibe una nueva estructura distinta e irreversible de la que existía en el estado de equilibrio anterior (Bohm, 1980; Li, 2000; Naveh, 2000; Palang *et al.*, 2000). De acuerdo con Hollig (1973) y Bohm, (1980) hay estados múltiples de “*estabilidad*”, es decir, formas no lineales de las respuestas funcionales. Según estos autores los cambios del sistema hacia nuevos estados constituye una serie de espirales o estructuras disipativas y permite al sistema conservar su resiliencia en un ambiente cambiante, desarrollándose así la teoría de que no puede haber equilibrio en la naturaleza, sino simplemente balances estables en un periodo determinado pero con tendencia al cambio (Gutiérrez-Yurrita, 2004). Estos cambios pueden darse de manera acelerada cuando existe algún disturbio de tipo catastrófico (Thom, 1993; Li, 2000). La intensidad de los eventos de perturbación, la frecuencia con que ocurren y la heterogeneidad espacial hacen que cada trayectoria de respuesta y recuperación sea única, esto aunado a la complejidad propia del sistema combinada con efectos imprevistos imposibilita la predicción de dichas las trayectorias (O’Neill *et al.*, 1989). La imagen 14 muestra cómo un ecosistema o un sistema social, considerados como sistemas complejos cambian de un dominio de estabilidad a otro en el transcurso del tiempo.

⁹ Después de sus investigaciones sobre el comportamiento de diferentes sistemas socio-ecológicos Holling (1973) declaró que dichos sistemas fluyen a través de ciclos irregulares de organización, crecimiento, colapso y renovación. El ciclo de renovación adaptativa es un intento de capturar las propiedades no-lineales observadas durante el estudio de sistemas complejos socio-ecológicos. El análisis de este proceso ha ayudado a aclarar el significado de "desarrollo sostenible".



Imagen 14. Ciclos de estabilidad de sistemas complejos
(Tomado de Marten, 2001)

En este contexto los paisajes toman especial relevancia como sistemas de interacción entre lo “humano” y lo “natural” debido a la inclusión de componentes culturales y a que también soportan introducciones físicas artificiales (construcción de humedales, desviación de ríos, construcción de viviendas y caminos, introducción de especies exóticas, creación de áreas agrícolas y pecuarias, etc.) que terminan por generar escenarios en donde la sociedad y la autoridad acaban por completo inmersas y contribuyen a crear una la visión holística del paisaje (Naveh, 2000; Gutiérrez-Yurrita y López, 2009). Los paisajes son por lo tanto más que ecosistemas tradicionales. Comprenden los diversos aspectos ecológicos, sociales, económicos, psicológicos, espirituales, estéticos y funcionales que atañen a un territorio y un tiempo. Esta acepción resalta la relación de la actividad humana con el entorno, los procesos y el cambio. Tal vínculo crea una relación mutuamente sinérgica y recíproca, entre el bienestar de las personas y el entorno (Palang *et al*, 2000). El paisaje integra los seres humanos y su medio ambiental, las entidades de la biosfera y la tecnosfera de forma tangible (Naveh, 2000) considerando sus variaciones en estructura y función a escalas multidimensionales de tiempo-espacio (Tang *et al.*, 2015). La ecología holística del paisaje podría contribuir a la integración estructural y funcional (biósfera y tecnosfera) en una ecosfera más coherente y con ello a la creación de un equilibrio sostenible, o sea, un balance duradero (Naveh, 2000).

3.2 Las cuencas como unidad operativa del paisaje

Tradicionalmente se considera a la cuenca hidrográfica como una zona drenada por una corriente de agua que se precipita, dando origen a cauces y escurrimientos que conforman una unidad funcional (Granados *et al.*, 2005; Carabias y Landa *et al.*, 2005; FAO, 2009), homogénea en términos de

hidrodinámica, pero que se puede considerar heterogénea en términos de sus interacciones (Maass, 2007; Ruiz, 2012; Gilver *et al.*, 2013). Sin embargo, esta concepción clásica de las cuencas hace poco hincapié en las interacciones mutuas entre los paisajes y los seres humanos, sus implicaciones climatológicas, termodinámicas, ecológicas, sociológicas, económicas, políticas etc., por lo que ha sido necesario trasladar el concepto hacia un estado interdisciplinar mucho más conveniente (Palang *et al.*, 2000). Es posible conceptualizar a la cuenca como la unidad mínima operativa del paisaje, toda vez que establece interacciones con los subsistemas económicos, los patrones demográficos y las dinámicas socioculturales y socioeconómicas de la población que las habita (Bonilla y Gutiérrez-Yurrita, 2007; Maass, 2007; Cotler, 2007; FAO, 2007).

Esta manera de concebir la cuenca permite distinguir las formas en que se desenvuelve la relación sociedad-ecosistema, y sus respectivos impactos (Garrido *et al.*, 2007; Ruiz, 2012), por lo que constituye un espacio que provee un buen criterio de regionalización del territorio (Granados *et al.*, 2005; Cotler, 2007, FAO, 2007). La cuenca se ha convertido, de esta forma, en la unidad operativa ideal para el impulso de la conservación y gestión del paisaje (INE, 2010; Gutiérrez-Yurrita, 2000). Es importante señalar que bajo las metas del manejo holístico la cuenca constituye una buena forma delimitar el *todo* a estudiar, es decir, representa adecuadamente la unidad sistémica mínima susceptible de ser administrada desde este enfoque. Definir los límites de este sistema incluye no solo establecer las fronteras geográficas, sino además identificar con claridad a los actores y sus áreas de responsabilidad (Savory, 2005).

El enfoque de sistemas proporciona una alternativa teórica (Maass, 2007; Margules y Sarkar, 2009) que permite la comprensión de esta problemática y el diseño de políticas y programas orientados a la conservación y el desarrollo sustentable de la región a estudiar (Muñoz-Erickson *et al.*, 2007; Orozco *et al.*, 2010; Jin *et al.*, 2010; Wiegand *et al.*, 2010). El análisis y manejo de cuencas desde el paradigma holístico, considera los procesos ecológicos como claves para el funcionamiento de los ecosistemas que intervienen en la región e incluye de manera importante el componente humano en el funcionamiento ecológico a través de la gestión participativa y adaptativa (Muñoz-Erickson *et al.*, 2007; Woodward 2010; Krasny *et al.*, 2014).

En la actualidad el análisis y diseño de estrategias de conservación y manejo de recursos naturales debe ser abordado bajo una visión donde sean considerados los elementos que inciden en forma directa e indirecta (INE, 2010; Sodhi y Ehrlich, 2010). De esta forma por un lado se debe tener en cuenta que hay que conservar la función y estructura ecológica, pero por el otro, no debe cuestionarse que es necesario el desarrollo económico de las comunidades que la habitan (Casado y Del Olmo,

1995). Una adecuada gestión de recursos naturales requiere la comprensión de las interacciones y la aplicación de nuevos enfoques que consideren las actividades contaminantes presentes y los actores involucrados, sus objetivos, incentivos y necesidades, y constituir las bases de una gestión adecuada (Savory, 2005).

Cabe mencionar que el manejo holístico de los sistemas socio-ecológicos, solo adquiere significado y relevancia gracias a que está en función de la definición de una meta enfocada a la mejoría de la calidad de vida y la calidad de los recursos y servicios ecosistémicos a los que se aspira (Martín-López *et al.* 2011; San Román *et al.*, 2013; Gutiérrez-Yurrita *et al.*, 2014a).

3.3 La cuenca y su dinamismo para la gestión

Para poder estudiar la complejidad del sistema mayor que sustenta a los sistemas menores, es necesario contemplar cuatro procesos fundamentales (Savory, 2005):

1. Ciclo del agua ¹⁰
2. Ciclo de los minerales
3. Flujo de energía
4. Dinámica de comunidades

Para fines del presente estudio solo nos centraremos en aquellos relacionados con el agua y la vegetación, teniendo en consideración que en las cuencas apreciadas como sistemas complejos, por efecto de la recursividad cada acción tomada en cualquiera de estos procesos afectará de manera positiva o negativa al resto (Granados *et al.*, 2005; Komínkova, 2012; Fletcher *et al.*, 2013).

La cuenca como un sistema ambiental complejo, integra una gran diversidad de elementos biogeofísicos y socioeconómicos, que si bien son interdependientes entre sí, conservan un balance a largo plazo, donde la alteración de una de las partes puede afectar al sistema en su totalidad (Granados *et al.*, 2005; Komínkova, 2012; Fletcher *et al.*, 2013).

En general las cuencas o sistemas fluviales desde la perspectiva holística han sido consideradas de las más importantes dada su capacidad para proporcionar servicios ecosistémicos (Vidal-Abarca *et al.*, 2014), y esta capacidad radica principalmente en los procesos asociados las espirales hidrológicas

¹⁰ Es necesario entender que más que un ciclo del agua y los minerales, existen espirales. El agua y los minerales que hay año tras año en un mismo sitio no es la misma ni en cantidad ni en calidad, su distribución y aparición tampoco es igual, por lo que sabemos cuál puede ser el punto de partida al inicio (definido por los humanos a través de la administración pública del recurso) pero no cuál es el punto de retorno al terminar un periodo circual (Gutiérrez-Yurrita, 2009).

y la calidad del agua (Quijas *et al.* 2012; Martín-López *et al.*, 2013). Ampliar o mantener los caudales de cada estación (seca o de lluvias) es importante para mantener la humedad del sistema, y con ello la fauna y la flora silvestre, el buen estado de las zonas ribereñas en general y otras funciones ecológicas (Savory, 2005; INE, 2010; Gutiérrez-Yurrita 2014b).

En estos sistemas las funciones ecológicas están en gran medida reguladas por el hidroperiodo (fluctuación estacional del sistema hidrológico) y régimen hídrico (cantidad y calidad del agua disponible), debido a que el agua funciona como vía de transporte de nutrientes de un componente a otro. Estos flujos de materiales afectan a la cantidad y calidad de las funciones de los ecosistemas y de los seres vivos como el crecimiento y la reproducción (Gutiérrez-Yurrita, 2011; Shi & Yang, 2014) y su alteración puede tener efecto en los medios aéreos, terrestres y en todo el funcionamiento de los cauces conectados en red (Pander y Geist, 2013; Shi y Yang, 2014; San Román *et al.*, 2014). Además el movimiento de agua en el sistema consume y libera enormes cantidades de energía; por ello la disponibilidad de agua es uno de los factores más determinantes en la capacidad productiva de los ecosistemas (Mass, 2007; Brierley *et al.*, 2010). Entre los aportes energéticos más importantes asociados a las aguas de la cuenca está la fuerza gravitacional y la radiación solar (Savory, 2005; Granados *et al.*, 2005). Además los elementos químicos disueltos en el agua o liberados de las rocas, son incorporados por la vegetación desde el aire o el suelo, y también constituyen entradas al sistema (Granados *et al.*, 2005; Komínkova, 2012).

Los elementos de una cuenca están interconectados entre sí, y presentan entradas y salidas. Del agua que se recibe en las precipitaciones (Burns *et al.*, 2012), una parte se infiltran por los suelos a los sistemas subterráneos, y otra fluye formando corrientes superficiales que dependen de las formas del terreno, el tipo de suelo, la vegetación, el mantillo y otros factores; una cantidad vuelve a la atmósfera por evapotranspiración, y una parte más es interceptada por la vegetación desde donde también se evapora (Granados *et al.*, 2005; Cedillo *et al.*, 2010; Martín-López *et al.*, 2013; Fletcher *et al.*, 2013).

Es necesario destacar que el mantenimiento de los periodos de recarga hídrica y desecación dependen del mantenimiento de procesos ecológicos que se originan, frecuentemente, en áreas adyacentes a su ubicación, (Pretty, *et al.*, 2003; Bond y Lake; 2003; Shi & Yang, 2014). Por ello las cuencas que se encuentran rodeadas de áreas sometidas a diferentes tipos de alteraciones se vuelven vulnerables a recibir efectos indirectos (Seminara y Bolla, 2012; Gilver *et al.*, 2013). La actividad humana tiene un papel trascendente en la modificación del paisaje (cambios de uso de suelo, deforestación, construcción de canales, caminos pavimentados, entubamientos y drenajes) que puede tener efectos en la cuenca (Braud *et al.*, 2013; Burns *et al.*, 2013; Muñoz, *et al.*, 2013). Diversos autores (Burns

et al., 2012; Komínkova 2012; y Fletcher *et al.*, 2013) coinciden en que estas modificaciones al paisaje propias de las zonas urbanas y periurbanas ocasionan:

- Incremento en la frecuencia, magnitud y volumen de los flujos en las superficies pavimentadas.
- Aumento de la superficie y velocidad de escurrimiento.
- Disminución la filtración hacia el subsuelo por acción del pavimento.
- Elevación del volumen de agua disponible para evapotranspiración
- Reducción de la oferta y acumulación de agua en el sistema, debido a que se acelera la escorrentía.
- Intensificación de la frecuencia de flujos de baja magnitud.
- Acentúa la contaminación del agua.
- Promociona la pérdida de especies sensibles, y favorece el desarrollo de especies tolerantes.
- Alteración de la temperatura del aire (altera el punto de rocío, la absorción de radiación y calor)

Esta serie de modificaciones y efectos se representa en la imagen 15.

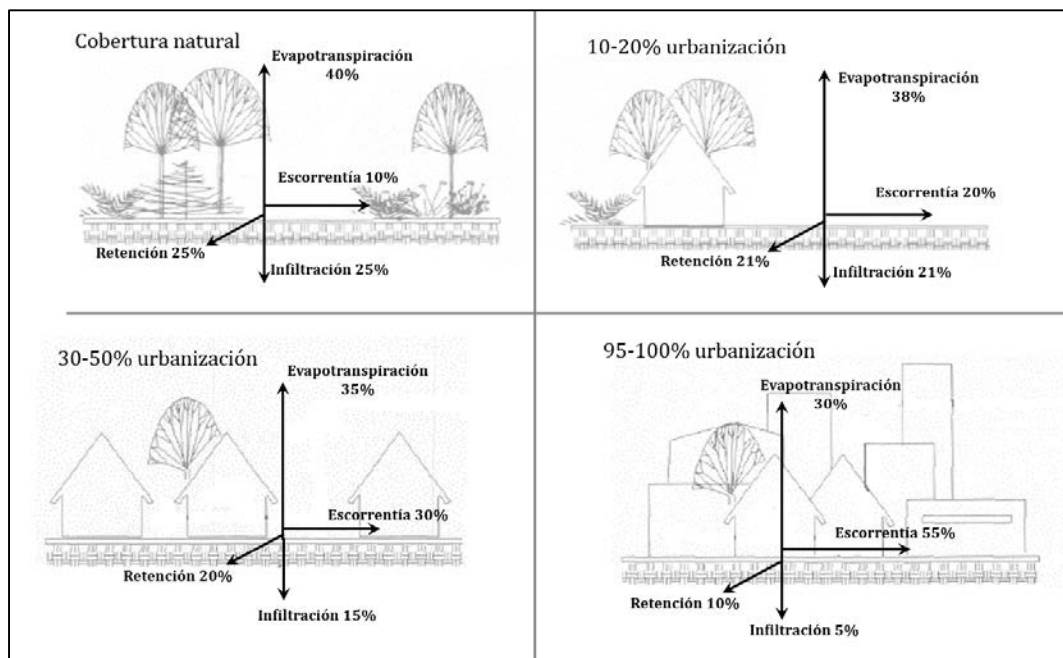


Imagen 15. Modificaciones a la dinámica hidrológica por efecto de la actividad humana
(Tomado de Arnold y Gibbons. 1996)

Adicionalmente cuando las actividades humanas propician la pérdida de cubierta vegetal, una parte crítica de la humedad se evapora desde la superficie o escurre, los manantiales se secan, las represas ríos y canales se azolvan y la cantidad de agua disponible para filtración disminuye, mientras que se favorecen procesos erosivos y pérdida del suelo. Por estos motivos el estudio de las dinámicas hidrológicas y ecológicas debe estar basado en la integración, observación y análisis del sistema como

una entidad compleja, con el fin de no fomentar una simplificación excesiva de los procesos hidrológicos (Muñoz *et al.*, 2013).

Las espirales hidrológicas, y otros flujos de energía y materia no pueden llevarse a cabo de manera efectiva si no es por la presencia de las comunidades bióticas (Savory, 2005). En concreto cuando se habla de sistemas mexicanos, esto resulta particularmente importante dada la estacionalidad y temporalidad de nuestras cuencas centrales (García *et al.* 2013; Morales *et al.* 2013).

Las comunidades bióticas poseen cierta complejidad *per se*, y a medida que esta complejidad aumenta las fluctuaciones en su dinámica de poblaciones son menores y la comunidad tiende a regularse con una fluctuación más o menos constante (balance estable), aumentando la red de interdependencia entre las especies. Si este balance estructural y funcional se mantiene en las épocas de lluvia y sequía se presentan menos explosiones demográficas y existe menos fluctuación de la biomasa (Savory, 2005; García-Trejo *et al.*, 2013). La presencia de vegetación también colabora en la retención del suelo reduciendo la erosión y el azolvamiento con ayuda de las raíces y contribuye a la filtración de al agua hacia los mantos freáticos, además favorece la aireación con lo que promueve el desarrollo de los organismos descomponedores que hacen más eficiente el flujo de energía (Savory, 2005).

A la luz de incrementar la eficiencia en la transferencia del flujo de energía en un sistema socioecológico, es necesario reestructurarlos, hacer más compleja su dinámica y potenciar más interacciones entre sus elementos (Arthington *et al.*, 2010). Así el sistema deteriorado puede recuperarse si se sabe el tiempo y el funcionamiento del sistema antes del disturbio (Mijnsbrugge *et al.*, 2010). La calidad del flujo central de energía en los ecosistemas es fundamental para mantenerlos *saludables*, y para ello es primordial establecer estrategias para incrementar la densidad de la vegetación, el área foliar y el tiempo de crecimiento al mantener una buena calidad del suelo, así como crear buenas condiciones de drenaje y humedad, favorecer una buena estructura edáfica, riqueza de materia orgánica y una cubierta vegetal con biodiversidad adecuada (Savory, 2005).

Entre las alteraciones más importantes a la vegetación en las cuencas urbanas y periurbanas está la introducción de especies de manera accidental o deliberada y la migración de fauna nociva y fauna feral. Las comunidades nativas no adaptadas a un nuevo depredador son eliminadas rápidamente y con ellas desaparecen el resto de las especies con las que establecían relación (Savory, 2005). En estos casos es posible que exista riesgo de perder vegetación natural cuando la fauna feral desplaza a los herbívoros encargados de la dispersión de semillas y producción de abonos que nutren el suelo y favorecen el desarrollo de organismos descomponedores (Zacarias y Zamparas, 2010).

Las propuestas de manejo deben incluir tanto los paisajes rurales y naturales como los urbanos y periurbanos por cuanto se relacionan con los procesos de actividad económica y desarrollo humano (Sassen, 2007; Bifani, 2009; Deng, *et al.*, 2013) lo cual contribuye a mejorar en gran medida la eficacia de los proyectos en términos de recuperación o conservación de las comunidades (Gutiérrez-Yurrita, 2011; Hermoso *et al.*, 2012).

Es imperativo reconocer que los problemas de las cuencas no se derivan siempre de la falta de conocimientos técnicos y de las limitaciones físicas, sino que las determinaciones de su aprovechamiento se encuentran en las estructuras económicas, políticas y sociales existentes. El éxito del desarrollo de un propósito de conservación o rehabilitación depende de la voluntad política, de la participación ciudadana y de un plan de manejo que pueda fortalecer estas condiciones implantando soluciones adecuadas, que a largo plazo proporcionen el mayor beneficio para la sociedad (Granados *et al.*, 2005; FAO, 2007; San Román *et al.*, 2014).

3.4 La gestión holística

Gutiérrez-Chaparro (2013) establece: *“Si el territorio es considerado como un sistema, debemos reconocer que todos los sistemas territoriales tienden a convertirse en sistemas complejos y en esa medida, reconocer también la necesidad de un cambio paradigmático porque desde la perspectiva positivista, encontramos serias limitaciones para aprehender la realidad socio-territorial en su complejidad”*. Esta nueva perspectiva en la planificación territorial conduce a entender al territorio más allá de espacio físico y la actividad humana que en él sucede, y llevó a concebirlo como un paisaje multifuncional, en constante cambio.

En las visiones anteriores de gestión de los recursos naturales resultaba común el afán por controlar una variable con la que se creía poder tener efectos positivos y resolver el problema de manera inmediata. Pero el éxito en el control de una variable, que a menudo fluctúa, conduce a cambios en variables que operan en otras escalas temporales y espaciales (Folke, 2006; Tang *et al.*, 2015). En el establecimiento de las espirales puede dar paso a perder resiliencia, lo que a su vez puede dar lugar a una disminución de los servicios ecosistémicos. Por ello resulta importante dar seguimiento a la revisión de los objetivos de manejo en un marco de gestión adaptativa (Rozdlisky *et al.* 2001; Muñoz-Erickson *et al.*, 2007).

Casos reportados por Palang y colaboradores (2000) destacan la aplicación del enfoque holístico para el análisis de las interacciones de las actividades de las personas y los gestores dentro de un gradiente

de la estructura del paisaje, útil en el intento por capturar las relaciones recíprocas entre seres humanos y medio ambiental como un *todo*. Estas aproximaciones trajeron consigo un cambio en la actitud de los usuarios de la tierra hacia emociones más positivas para la conservación de la naturaleza y crearon una base para acuerdos de gestión instaurando una sinergia favorable entre las personas y su entorno. En este sentido el holismo dibuja la posibilidad de liberar la tensión habitual entre los planificadores–tomadores de decisiones y los usuarios o beneficiarios.

Estas conclusiones reiteran la necesidad de aprender a gestionar el cambio en lugar de simplemente reaccionar al mismo y resaltan el papel clave que los individuos y pequeños grupos o equipos de personas juegan en este contexto (Folke, 2006). En el cuadro 4 se muestran las principales características de los modelos de gestión ambiental más importantes, lo cual sirve a su vez, para resaltar sus diferencias

Cuadro 4. Características de los modelos de gestión de recursos naturales más importantes

Paradigma/ Característica	Manejo De Recursos	Gestión Integral	Gestión Holística
Medio Ecológico			
Realización	Recursos naturales (bióticos y abióticos)	Cuencas hidrográficas	Paisajes
Modelo	Antropocéntrico	Ecosistémico	Ecléctico
Fundamento	Conservación Biológica	Teoría de sistemas	Teoría de sistemas / biocentrismo
Enfoque	Protagonismo de las especies	Procesos y funciones ecológicas	Ecología de socio-sistemas
Nivel organizativo	Población / comunidad	Cuenca / ecosistema	Ecosfera
Referente básico	Organismo como unidad evolutiva	Organismo como unidad funcional	“Todos” formando un todo
Visión de la vida	Mecanicista	Evolucionista	Organísmico
Soporte teórico	Leyes del azar y la necesidad	Principios de la Termodinámica	Teoría de Sistemas complejos
Claves	Equilibrio ecológico	Balance ecológico	Sistemas Auto-organización crítica
Episteme	Reduccionista	Sintética	Holista
Dominio	Uso de los recursos	Preservación de procesos ecológicos	Conservación de la vida
Aproximación	Lógica determinística	Lógica boleana	Lógica difusa
Filosofía	Hermenéutica	Heurística	Sinergia

Cuadro 4. Características de los modelos de gestión de recursos naturales más importantes (Continuación)

Propiedades	Físicas	Emergentes	Meta-Emergentes
Ideal	Clímax ecológico	Clímax edáfico-climático	Clímax crítico
Procesos	Progresión ecológica	Sucesión ecológica	Paisajes en red
Medio Social			
Sociedad	Intrínseca	Reconocida	Involucrada
Importancia de la sociedad	Individuos. Apropiación personal de los recursos	Necesidades, conocimientos, proximidad con los RN	Creencias, actitudes, valores, vivencias
Activistas	Protectores de recursos	Propulsores de iniciativas	Puente de vinculación social
Autoridad	Reguladores (permisos/licencias)	Tomadores de decisiones (gestores)	Facilitadores (gobernanza)
Economía	Valoración económica	Rescata valores indirectos	Economía ecológica
Política	Principios económicos	Principios sociales	Principios ecológicos

Fuente: Elaboración propia con información de Cotler, 2007 y Naveh, 2000

Podemos observar que en las primeras dos aproximaciones al manejo de los recursos prevalece la visión lineal, que considera que para resolver un problema es suficiente atacar la causa inmediata, basándose en principios reduccionistas.

El manejo de recursos centra su atención en garantizar que los recursos no se agoten, con el fin de que pueda seguir generándose ganancia económica, sin considerar a la calidad de vida y otras condiciones de bienestar como objetivos últimos. Al mismo tiempo echa mano de conocimiento de las ciencias exactas en las que difícilmente puede involucrarse cualquier persona, por lo que los actores involucrados en este tipo de manejo se restringen a las autoridades quienes toman las decisiones y a los científicos quienes pueden proveer información aunque no sea necesariamente tomada en cuenta. Las ventajas que han contribuido a la prevalencia de esta aproximación son que ha favorecido la activación de la economía y la generación de riqueza, además que por otorgar prioridad a la conservación de especies carismáticas – no de ecosistemas – ha permitido la sensibilización de algunos sectores de la población hacia temas de índole ambiental, al mismo tiempo su fundamento teórico-biológico es el mayormente difundido y asimilado.

Por otro lado la gestión integral en su intento por ser incluyente y participativa logra incorporar a la sociedad como un elemento importante de la gestión, no obstante sigue siendo completamente sectorial. Este tipo de gestión continua sin apuntar a las raíces y vertientes de los problemas ambientales, y sin establecer vínculos entre la ciencia y los tomadores de decisión, además de dejar fuera componentes significativos del sistema en virtud de concentrar los esfuerzos y las atenciones para la provisión y mantenimiento de un solo elemento que se considera el más importante, el agua. No obstante entre sus méritos está que en su ánimo por preservar el recurso hídrico se favorece la conservación de los ecosistemas y especies clave asociados a ella, al mismo tiempo es una forma operativa de trabajo dada su cualidad cartografiable, accesible y comprensible.

Finalmente en contraste con la ecología convencional el holismo hace hincapié en el valor de la lógica difusa para enfrentar la toma de decisiones ante a las incertidumbres que son mayores cuando nos ocupamos de los paisajes influidos y modificados por el ser humano (Gutiérrez-Yurrita, 2014c). También al incorporar la posibilidad de una re-planeación permite al sistema caminar hacia la adaptación en respuesta a las acciones de manejo que se incorporen. Gracias a su cualidad jerárquica espacial y temporal lo que encontramos en los paisajes son estructuras intermedias en una serie de niveles de complejidad ascendente, de aquí que un reto importante en la investigación del paisaje sea capturar los órdenes jerárquicos implicados en los paisajes (Naveh, 2000). La naturaleza holística de los paisajes requiere el esfuerzo de trascender hacia una ciencia de tipo inter y transdisciplinaria (Palang *et al.*, 2000). La esencia conceptual y teórica de la ecología holística del paisaje se ha vuelto clara y reconocida, toda vez que une de manera efectiva las ciencias naturales con las disciplinas sociales y humanas relacionadas. Para tal efecto la corriente holística procura el traslado de conocimientos y metodologías de una disciplina a otra, en virtud de avanzar en la comprensión del mundo a través de un lenguaje común (Li, 2000; Palang *et al.*, 2000; Seminara y Bolla, 2012; Gutiérrez-Yurrita, 2014a).

Incluso ahora, cuando la importancia del papel de los seres humanos, su comportamiento, sus deseos, sus aspiraciones y sus impactos culturales sobre paisajes se aprecian más que nunca, muchos científicos evitan "holismo" y lo consideran erróneamente sólo como filosofía ideológica o incluso mística para la que no hay lugar en el mundo de las ciencias duras. El salto de paradigma aún presenta obstáculos, pues no es fácil superar los condicionamientos tácitos de la infraestructura rígida del pensamiento científico clásico (Naveh, 2000). Los científicos aún no se aventuran a trascender de la ecología (biológica) tradicional hacia la ecología holística (Palang *et al.*, 2000).

Boisier (2003) explica que este retraso en aceptar el cambio de paradigma se debe a que estamos sobreentrenados psicológicamente para la constancia y evitar los cambios mentales, en especial cuando atentan a conceptos que nos hacen replantear todo nuestro esquema actual e histórico de vida. En palabras de Bohm (1980) *“existe una tendencia de los científicos a aferrarse rígidamente a las ideas familiares de orden para mantener un sentido habitual de control y seguridad, y no frenar los viejos patrones de pensamiento, bloquear a la mente de su libre juego creativo”*.

El cambio de paradigma se puede lograr sólo si estamos dispuestos a liberar nuestras mentes de los compromisos rígidos y fieles a estas nociones familiares de orden, sólo si estamos dispuestos a reconocer los límites del conocimiento científico desarrollado hasta ahora y la necesidad de una visión contextual de la realidad que haga frente a las incertidumbres. El holismo podría servir para aceptar que aunque parezca que existen equilibrios, los cambios son una cualidad ineludible en la naturaleza a la cual no podemos simplemente menospreciar y puede servir de catalizador para entender y establecer la simbiosis urgente entre la naturaleza y la sociedad humana.

CAPITULO 4

LA INCLUSIÓN SOCIAL EN LA GESTIÓN HOLÍSTICA

Las prácticas ambientales de la sociedad ante su entorno natural son reflejo del contexto en el cual se desenvuelve, lo cual no siempre se traduce en conductas sustentables. En una sociedad consumista (con un apego excesivo hacia lo efímero), caracterizada por la desigualdad, sumida en la marginación, la pobreza, la inseguridad, con un modelo educativo sesgado en objetivos y diferenciado en calidad, la falta de empleo y oportunidades de desarrollo orientadas al bienestar de unos pocos, las prácticas frecuentemente se oponen a los objetivos de conservación del patrimonio natural (Lipovetsky 1996). Cambiar estas prácticas requiere de la participación de los gobiernos y de la sociedad, en donde el conocimiento constituye un elemento clave para conseguir estos objetivos (Acosta, 2013). La gestión de cuencas supuso la inclusión social en sus nociones de adaptación y participación, lo cual resultó congruente con el concepto de “medio ambiente” señalado por la Organización de Naciones Unidas que incorporó la unión de los elementos naturales y artificiales de la tierra en un solo sistema terrestre. En este concepto holístico las afectaciones son recíprocas, una alteración a la naturaleza necesariamente perjudican el medio humano y el medio humano irremediablemente necesita del medio natural para su subsistencia (Gutiérrez-Yurrita, 2015).

4.1 La inclusión social y la participación

Reconocer a las cuencas como la unidad sistémica de gestión de los recursos naturales, requiere de una visión holística, multisectorial, participativa, y democrática, con instrumentos y mecanismos capaces de administrar sobre dichas unidades (Savory, 2005; Muñoz-Erickson *et al.*, 2007; Burkhard *et al.*, 2008; Wiegand *et al.*, 2010; INE, 2010; Shi & Yang, 2014; Pinto & Maheshwari, 2014).

Para fines del manejo holístico es estrictamente necesario considerar dentro de los objetivos finales a la calidad de vida, determinada siempre por las personas incluidas dentro del sistema, sean estas tomadoras de decisiones o con capacidad para influir en ellas (Savory, 2005).

La rapidez con que cambian los sistemas, el alto nivel de incertidumbre y su complejidad, invalidan una gestión ambiental basada sólo en sistemas naturales, centrándola más bien hacia el comportamiento humano bajo un escenario con recursos limitados – un lugar determinado con cultura y administración pública particulares –, donde puede desarrollarse un mecanismo que prevenga la aparición de conflictos (Mitchell, 1999). De acuerdo con Mitchell (1999) las causas más frecuentes de aparición de conflictos socio-ambientales son:

- El control de un recurso escaso y su forma de gestión;
- Diferencias de entendimiento y conocimiento entre los tomadores de decisiones, la sociedad que usa los recursos y la que recibe los productos;
- Diferencias de valores y percepciones sobre el recurso entre quienes tienen acceso a él, los que buscan cómo utilizarlo o beneficiarse de sus atributos y los que lo gestionan y limitan su acceso;
- Diferencias en la distribución de beneficios y costos y de acceso al recurso;
- Diferencias por personalidad o circunstancias que rodean a las partes interesadas

Así, el manejo de los recursos hídricos no se encuentra solamente condicionado a las características ecológicas y biogeofísicas, sino que está fuertemente determinado por la naturaleza y el alcance de las relaciones sociales, así como por la interacción entre los usuarios y los tomadores de decisiones (Dungumaro y Madulu, 2003). La resolución de los problemas ambientales no puede llevarse a cabo exclusivamente desde la esfera administrativa, política, científica o técnica (FAO, 2007; Knoepfel *et al.*, 2007). En este sentido, la mayoría de los fracasos son debidos a que los habitantes locales no poseen suficiente conocimiento o información, y no trabajan en conjunto con la comunidad científica y las instancias públicas (Dungumaro y Madulu, 2003; Nadeem y Fisher, 2011).

En primer lugar, el derecho a la participación social en la toma de decisiones tiene como base el ejercicio del derecho a la información y el cumplimiento de la democracia (SEMARNAT, 2008; Martínez, *et al.*, 2008). No obstante si no se promueven procesos participativos más incluyentes además del proceso de información y consulta, la participación carece de contenido y efecto (Martínez, *et al.*, 2008).

El manejo de los recursos requiere de un proceso participativo de construcción social crítica y aprendizaje para la acción colectiva, dirigida a mejorar radicalmente el horizonte de posibilidades que ofrecía el modo de actividad previo; de este modo la labor de retroalimentación en el sistema es indispensable para mejorar el entendimiento de la cuenca, así como para informar, adaptar y transformar las prácticas de manejo (FAO; 2007; Muñoz-Erickson *et al.*, 2007; Krasny *et al.*, 2014). Adicionalmente la ciudadanía participante y corresponsable puede a bien contribuir a vigilar el cumplimiento de los objetivos de sustentabilidad por parte de los actores sociales (SEMARNAT, 2008).

Para ello es necesario poner atención en las actitudes, comportamientos y elecciones de los individuos a largo plazo, pero sobre todo en cómo se hacen las prácticas, cómo las reproducen, las mantienen, las estabilizan, las cambian o las aniquilan; en cómo esas prácticas repercuten en el mantenimiento o

fortalecimiento de los recursos naturales a través del tiempo y como los practicantes pueden adoptarlas para tener más y mejores prácticas sustentables (Krasny *et al.*, 2014).

Esto resalta la importancia de dotar de poder a las comunidades locales con las herramientas necesarias para cuidar su bienestar y sus recursos naturales dando fuerza a sus voces y a sus intereses (Dungumaro y Madulu, 2003; FAO, 2007). La participación ciudadana nos impulsa a identificar en qué medida la sociedad está habilitada para contribuir de manera activa y significativa a la toma de decisiones (Nadeem y Fisher, 2011) y llevar a cabo una co-responsabilidad en las consecuencias de planes, programas y políticas y establecer el vínculo hacia una gobernanza ambiental¹¹ duradera con iniciativas de compromiso cívico (SEMARNAT, 2008; Martínez *et al.*, 2008; Krasny *et al.*, 2014).

4.1.1 Niveles de participación social

Las formas de participación social pueden ser variables, desde la información de las autoridades a los usuarios, la consulta a los interesados, la invitación a la deliberación sobre las opciones a seguir hasta la decisión conjunta sobre los cursos de acción. Es decir, que existen diferentes formas en que la ciudadanía puede incidir en la toma de decisiones de la política ambiental, en una escala de participación que va desde lo más elemental como informarse respecto a decisiones tomadas en torno a la microcuenca, hasta participar activamente para tomar decisiones conjuntas (Torregosa, 2006). La eficacia de la participación social puede fomentarse a través de difusión de los procedimientos de consulta, así como a través de la comunicación de las decisiones que se toman, lo cual contribuye a fundar la confianza pública en las autoridades competentes, y sus representantes. (Guillen *et al.*, 2009; Nadeem y Fisher, 2011).

Algunos autores como Brager y Specht (1973) retomados por Shand y Arnberg (1996), y la Asociación Internacional para la Participación Pública (AIPP) han propuesto diferentes escalas para describir los diferentes niveles de involucramiento del Estado y la sociedad en el ejercicio de la participación. Todas estas escalas incluyen el nivel básico que es la información, hasta el control de

¹¹ La gobernanza ambiental implica la asignación de recursos, el ejercicio del control y la coordinación, en donde los actores gubernamentales no son necesariamente los únicos participantes ni los más importantes, e incorpora los medios que las instituciones gubernamentales utilizan de forma tradicional para asegurar el cumplimiento de normas formalmente establecidas. La gobernanza ambiental deben fomentar de manera proactiva la participación de la sociedad civil en la toma democrática de decisiones para ampliar su legitimidad. La ética, la transparencia y la eficiencia administrativa son otras condiciones necesarias para llevarla a cabo (Brenner, 2010).

las decisiones que serán tomadas para la solución de problemas. Las diferentes escalas se presentan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Niveles de participación ciudadana propuestos por algunos autores

Autor	Escala	Definición
Brager y Specht (1973)	Control	Las instituciones dirigen a la comunidad para identificar un problema, tomar decisiones y elaborar plan de acción para solucionarlo
	Control por delegación	La institución identifica y expone el problema a la comunidad y la incorpora en un plan de acción aceptable para todos
	Planificación	La institución presenta un plan sujeto a modificación por parte de la comunidad
	Asesoría	Las instituciones presentan un plan abierto a propuestas, que se modificará solo si éstas presentan motivos contundentes
	Consulta	La institución intenta promover el plan para que sea aceptado por la comunidad
	Información	Las instituciones elaboran un plan y lo presentan a la comunidad
Shand y Arnberg (1996)	Control	Incluye referendos y parlamentos comunitarios
	Delegación	Se hacen cuestionamientos públicos, estudios de aceptación y preferencia ciudadana
	Participación	Se fomentan los comités de asesoría a instituciones, redes y comunidades de política
	Consulta	Involucra grupos de interés en reuniones grupales, actores clave y procesos de consulta ciudadana
	Información	Se refiere a la publicación de la información por medio de campañas, audiencias públicas.
AIPP	Empoderamiento	Traspasa el poder de la toma decisiones directamente a los ciudadanos
	Colaboración	Interacción de grupos sociales con el Estado para la búsqueda de soluciones
	Participación	El Estado involucra a los ciudadanos en la elaboración de políticas públicas
	Consulta	No existe diálogo, pero la comunicación se da cuando el ciudadanos solicita información al Estado y este le responde específicamente
	Información	No se presenta el diálogo con los ciudadanos, el Estado solo presenta la información en un solo sentido.

Fuente: Elaboración propia con información de Guillen, 2009

Para poder avanzar en este esquema y generar acciones participativas verdaderamente eficientes que se reconozcan en la toma de decisiones, resalta la importancia de fortalecer en primera instancia la información y el conocimiento que poseen las personas.

4.1.2 El papel del conocimiento y la concientización en la conducta ambiental

La actitud y la conducta ambiental de los individuos no se desarrolla de forma aislada, sino que se produce en un medio social y físico con el que se relacionan de manera dinámica (Berenger *et al.*, 2002). Frecuentemente los problemas ambientales pueden estar presentes y no ser percibidos por la sociedad como asuntos relevantes, por lo que resulta necesario el reconocimiento social y político de estos problemas (Lezama, 2004; Muñoz-Erickson *et al.*, 2007), en virtud de avanzar en la modificación de los esquemas de apropiación del paisaje (Alcérreca *et al.*, 2009; Acosta, 2013).

Se ha establecido que la conducta y la conciencia ambiental dependen de una serie de factores entre los que destacan: el conocimiento de temas ambientales y de estrategias de acción, compromiso verbal, presión social, habilidad y el sentimiento de obligación personal (Berenger *et al.*, 2002; Real-Ferrer, 2013).

Considerar la opinión de la ciudadanía o asumir el compromiso de escucharla resulta un ejercicio limitado cuando esa opinión no está fundamentada en información veraz, oportuna y precisa (SEMARNAT, 2008). Manifestar actitudes sustentables, una vez adquirido el conocimiento necesario, está ligado a reconocer y ejercer nuestro derecho a tener un medio ambiente sano y adecuado para nuestro desarrollo personal y colectivo, así como a aceptar el compromiso y las obligaciones que este derecho conlleva, y conformar un ciudadano ambiental (Alcérreca *et al.*, 2009)

Es posible apreciar que algunas acciones como son: la demanda de leyes, edificación de bardas de protección, reforestaciones, remoción de especies exóticas, huertos caseros, y otras como movimientos sociales, asociaciones de vecinos, asociaciones ecologistas, asociaciones de usuarios de recursos naturales, etc., se llevan a cabo por parte de las comunidades con una base limitada de conocimientos técnicos y científicos (Lebel *et al.*, 2006; Martínez, *et al.*, 2008; INE, 2010; Krasny *et al.*, 2014). Asimismo si la acción del ser humano y de los sistemas sociales y culturales subyacen a la gran mayoría de los problemas ambientales actuales, esto justifica y requiere la intervención social y educativa sobre las interacciones que las personas desarrollan con su ambiente (Flores y Herrera, 2010; Acosta, 2013).

En este contexto de la participación en el manejo holístico, cobra especial relevancia la educación y sensibilización ciudadana sobre las consecuencias dañinas o peligrosas que un problema ambiental representa para la población y para el medio ambiente; lo cual favorece en lo sucesivo una mayor integración, mayores demandas y capacidad de introducirse en la agenda política (Martínez y García, 2008), por lo que el acceso a la información y a la educación son derechos trascendentes que representan un segundo reto para los gobiernos en el rompimiento de esta barrera (FAO, 2007; Sartori, 2008; Flores y Herrera, 2010) para disponer una conciencia ambiental que sirva de base a la participación y el camino hacia la gobernanza (Acosta, 2013).

De esta manera las experiencias y el conocimiento tradicional de las personas locales que usan, aprovechan y conviven con la cuenca y sus recursos naturales, en conjunto con la aportación del conocimiento científico, se convierten una herramienta valiosa y poderosa para la solución de problemas (Lebel *et al.*, 2006; FAO, 2007; SEMARNAT, 2008; Martínez y García, 2008; Nadeem y Fisher, 2011).

Es fundamental considerar que la participación ciudadana no sólo se concibe como un derecho que los gobiernos deben respetar y fomentar, sino como un elemento clave para la transformación social (Guillen, *et al.*, 2009). Para alcanzar este objetivo la población tiene que prepararse y educarse en el afán de adquirir una cultura de la participación basada en el conocimiento, la conciencia y la acción, ya que la voluntad de las personas a participar no se da de manera espontánea, sino que tiene que ser motivada (SEMARNAT, 2008). Una motivación que emane de las estructuras de poder y de confianza a las personas para creer es posible cambiar las cosas, en especial al tratarse de zonas periurbanas (Acosta, 2013).

Debido a la compleja naturaleza de las regiones periurbanas, la planificación y la gestión eficientes de los recursos naturales requiere no sólo examinar los aspectos biológicos, físicos, químicos sino también la satisfacción de la población en la cuenca, ya que los factores bióticos y abióticos actúan como los factores determinantes de la salud del ecosistema con una entrada de los valores socio-económicos y las percepciones de los paisajes urbanos y peri-urbanas (Pinto & Maheshwari, 2014).

En suma, ahora podemos entender que los sistemas social y ecológico guardan relaciones de causalidad estrechas, que bien pueden ser directas por ejemplo cuando se trata de mayor educación que promueva una mayor participación social, o inversas como cuando una alta modificación al paisaje por acción humana genera una menor estabilidad en el sistema. La sociedad como elemento del paisaje es uno de los menos atendidos cuando se trata de gestionar los recursos, y es por ello que

es necesario saber cómo puede incluirse, las fortalezas que deben impulsarse y los obstáculos que deben atenderse cuando se trata de incluirla como parte de la gestión. Entender este tipo de vínculos entre subsistemas permite apreciar que cuando uno de los elementos se altera o se mejora pueden presentarse consecuencias positivas o negativas en el *todo* según el tipo de relación que se establezca.

CAPÍTULO 5 METODOLOGÍA

La metodología del presente estudio incluye una exploración del estado de las comunidades bióticas en términos de distribución y abundancia relativa de los individuos, así como de la descripción fisiográfica de cada sitio de muestreo que aporta información sobre el estado general de la microcuenca del Arroyo Peña Gorda, incluida la ZCESG. Se hizo un análisis de la calidad del agua que escurre por la microcuenca en el cauce principal, en función de la demanda bioquímica de oxígeno. Finalmente para atender a las causas de las modificaciones del sistema, se hará una aproximación al subsistema social con el fin de obtener información acerca de su capacidad para reducir la degradación ambiental.

5.1 Diagnóstico de las condiciones ecológicas

Descripción de los indicadores de calidad ecológica (agua y vegetación) en la microcuenca del Arroyo Peña Gorda por las actividades humanas. Las técnicas en extenso para medición de las variables se encuentran contenidas en las Normas Mexicanas NMX-AA-003-1980 (toma de muestras) y NMX-AA-028-SCFI-2001 (DBO).

5.1.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

La DBO es un parámetro que mide el oxígeno empleado al degradar la materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos en una muestra líquida, disuelta o en suspensión y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO_2/L). El método de ensayo se basa en medir el oxígeno consumido por la población microbiana contenida en la muestra, mantenida bajo condiciones en las que se ha inhibido el proceso fotosintético de producción de oxígeno. Esta medida es útil para medir el grado de contaminación porque muestra la cantidad de materia orgánica presente en el agua, representa la cantidad de oxígeno que se consumiría si las bacterias y los protozoos oxidaran toda la materia orgánica existente en un litro de agua.

Los recipientes usados para las muestras de agua fueron de materiales inertes al contenido de las aguas (polipropileno). Las tapas proporcionaron un cierre hermético en los recipientes con capacidad de 300 mL cada uno. Se etiquetaron los frascos, y se registró en la etiqueta: punto de muestreo, número de muestra, fecha y hora de muestreo, observaciones de olor, color, espumas o residuos sólidos y nombre de la persona que efectuó el muestreo.

Se obtuvieron 5 muestras compuestas derivadas de la mezcla de muestras simples, el volumen de cada muestra fue de 1 L. Se tomaron las muestras en el centro del canal o colector en lugares con el mayor flujo a fin de asegurar un buen mezclado. El recipiente muestreador se enjuagó tres veces con el agua por muestrear antes de efectuar el muestreo final, se introdujo en el agua residual completamente y se extrajo la muestra. Las muestras se preservaron durante el transporte por medio de un baño de hielo dentro de una hielera a una temperatura de 4°C. Se anotó en la bitácora de campo las coordenadas geográficas obtenidas con GPS, Garmin 60CSx. En la imagen 16 se observan los sitios donde se tomaron las muestras de agua para análisis de DBO (E1, E2, E3, E4, E5).

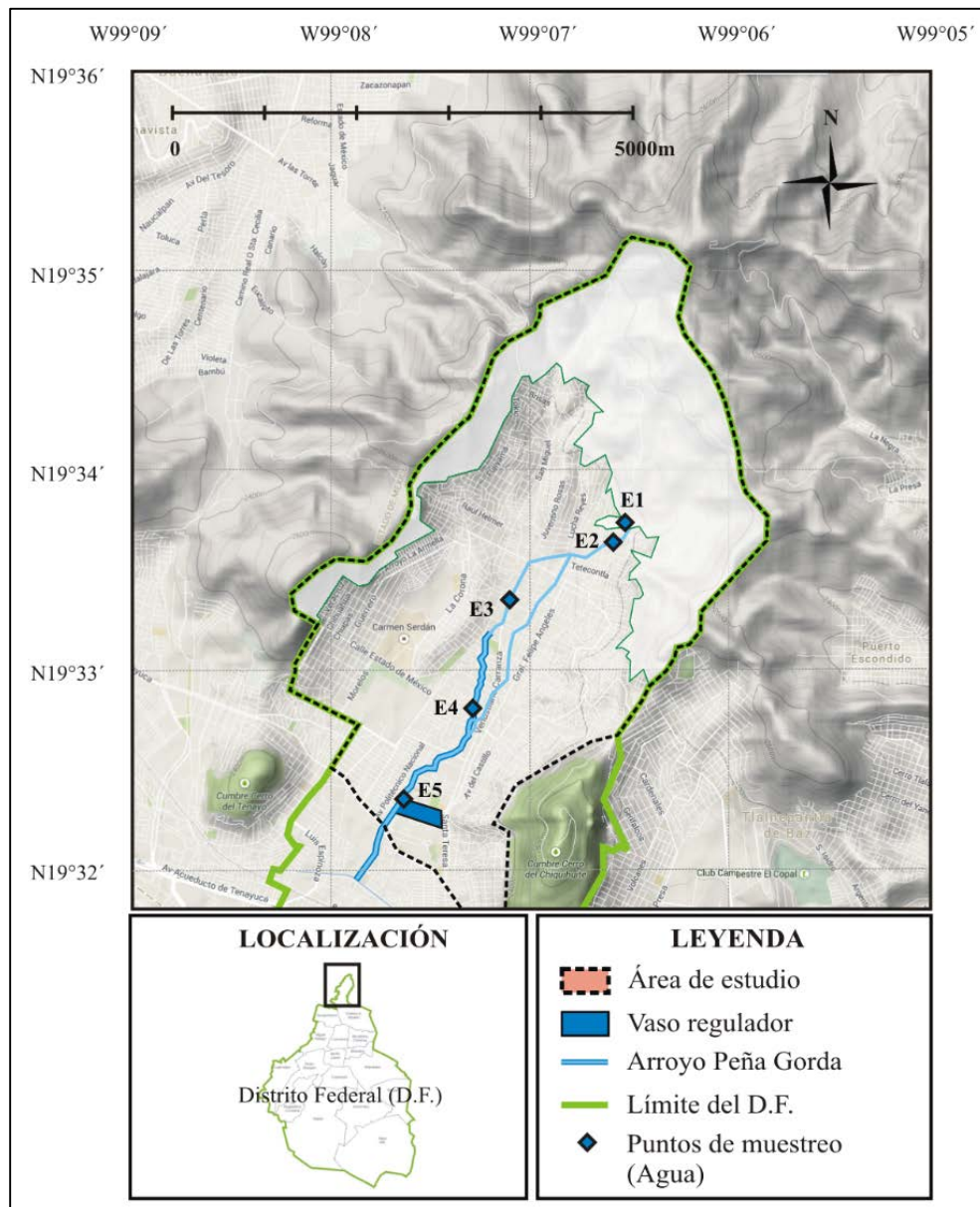


Imagen 16. Ubicación de puntos de muestreo de agua
(Elaboración propia con base en Google Earth)

Para el procedimiento de medición de la DBO según lo descrito en la norma NMX-AA-028-SCFI-2001, se necesita una disolución amortiguadora de fosfato, disolución de sulfato de magnesio, disolución de cloruro de calcio, disolución de cloruro férrico, disolución de ácido sulfúrico (0.1N), de hidróxido de sodio (0.1N), de sulfito de sodio, disolución patrón de glucosa-ácido glutámico y una solución de cloruro de amonio. La preparación y reactivos necesarios para todas estas soluciones se encuentran descritos en la norma.

Es necesario contar con botellas Winkler, equipo de aireación con difusor, incubador, forma de eliminar toda la luz para evitar la posibilidad de producción fotosintética de oxígeno disuelto, balanza analítica con precisión de 0.1 mg y medidor de oxígeno disuelto. Cada equipo debe ser limpiado siguiendo las instrucciones establecidas. Se prepara agua de dilución colocando el volumen requerido de agua en un frasco y añadiendo por cada litro de agua 1 mL de cada una de las siguientes disoluciones: disolución de sulfato de magnesio, disolución de cloruro de calcio, disolución de cloruro férrico y disolución amortiguadora de fosfatos. Preparar el agua de dilución diariamente. Asegurar un agua de calidad con consumo no mayor a 0.2 mg/L y preferiblemente no menor a 0.1 mg/L en 5 días.

Se debe comprobar en cada lote analítico la calidad del agua de dilución, la efectividad del inóculo y la técnica analítica mediante determinaciones de la DBO₅ en muestras estándar de concentración conocida de glucosa-ácido glutámico. Determinar la DBO₅ de una disolución al 2% de la disolución de control patrón de glucosa-ácido glutámico con una siembra control del inóculo.

Utilizando una pipeta volumétrica, se añade el volumen de muestra deseado a frascos Winkler individuales de 300mL. Llenar los frascos con suficiente agua de dilución, sembrada si es necesario, de forma que la inserción del tapón desplace todo el aire, sin dejar burbujas. Determinar el OD inicial en uno de los frascos de cada una de las diferentes diluciones. Ajustar herméticamente el tapón, poner un sello hidráulico y la contratapa e incubar durante 5 días a 20°C.

El procedimiento determinado en la norma se llevó a cabo en los laboratorios IDEACA, acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación, A.C., No. AG-10-154/12 con vigencia al 2016-09-03 como Laboratorio de Ensayos de acuerdo a los Requisitos establecidos en la Norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 (ISO/IEC 17025:2005) para las actividades de evaluación de la conformidad en la rama agua.

5.1.2 Muestreo de macroinvertebrados acuáticos

El uso de los macroinvertebrados acuáticos, especialmente los insectos como bioindicadores de la calidad del agua es una técnica ampliamente replicada en todo el mundo, ya que estos organismos presentan cambios estructurales en sus comunidades cuando se presenta alguna perturbación al ecosistema, cambios que son proporcionales a la intensidad del disturbio (Prat, *et al.*, 2009; Hahn-vonHessberg *et al.*, 2009), y responden sensiblemente a las variaciones ambientales, por lo que suelen ser un buen indicador del grado de integridad ecológica del sistema (Alonso *et al.*, 2002; Hurtado *et al.*, 2005; Langhans *et al.*, 2014), incluso nos permiten hacer inferencias a escalas de tiempo más amplias (Alba, 1998).

Entre las ventajas de usar estos bioindicadores están: que se encuentran en una amplia variedad de ambientes, presentan diversidad de respuestas a gradientes ambientales, son sedentarios, tienen ciclos de vida que permiten identificar efectos de la contaminación en largo tiempo, pueden ser muestreados de forma sencilla, y se conoce relativamente bien su taxonomía y su sensibilidad a diferentes tipos de contaminación (Prat, *et al.*, 2009).

Para los macroinvertebrados se realizó un muestreo aleatorio simple sin reemplazo el 7 de marzo de 2014 en el único cuerpo de agua que se encontró en el límite de la ZCESG, con ayuda de una red de arrastre entomológico. Los organismos fueron colectados y fijados en alcohol al 70% en campo. Durante el trabajo de gabinete se lavaron y se conservaron en frascos con alcohol al 50% para ser observados al estereoscopio (Olympus SZ30) y se utilizaron las claves de identificación de Merritt y Cummins para insectos acuáticos de Norteamérica el 8 de marzo del mismo año. Las coordenadas de los sitios de muestreo se presentan en el ANEXO 2.

5.1.3 Muestreo de vegetación

La visita a la ZCESG constó de 4 recorridos durante los días 7, 8, 9 y 12 de enero de 2015. Para tal efecto se tuvo el apoyo del personal de la Comisión de Recursos Naturales del D.F. (CORENA) y otros acompañantes que colaboraron en la elaboración de las parcelas.

Para la toma de datos de la vegetación se utilizaron parcelas circulares con una superficie de 500 m² (12.62 m de radio). Este tipo de parcelas (imagen 17) que suelen usarse muy frecuentemente para mediciones forestales presenta varias ventajas, entre ellas: menor tiempo para su replanteo sobre el terreno, minimiza las posibilidades de error por selección de elementos de borde, inexistencia de

direcciones privilegiadas dada la disposición radial, localización por medio de un solo punto (centro), y reduce el error causado por la pendiente (CONAFOR, 2012).

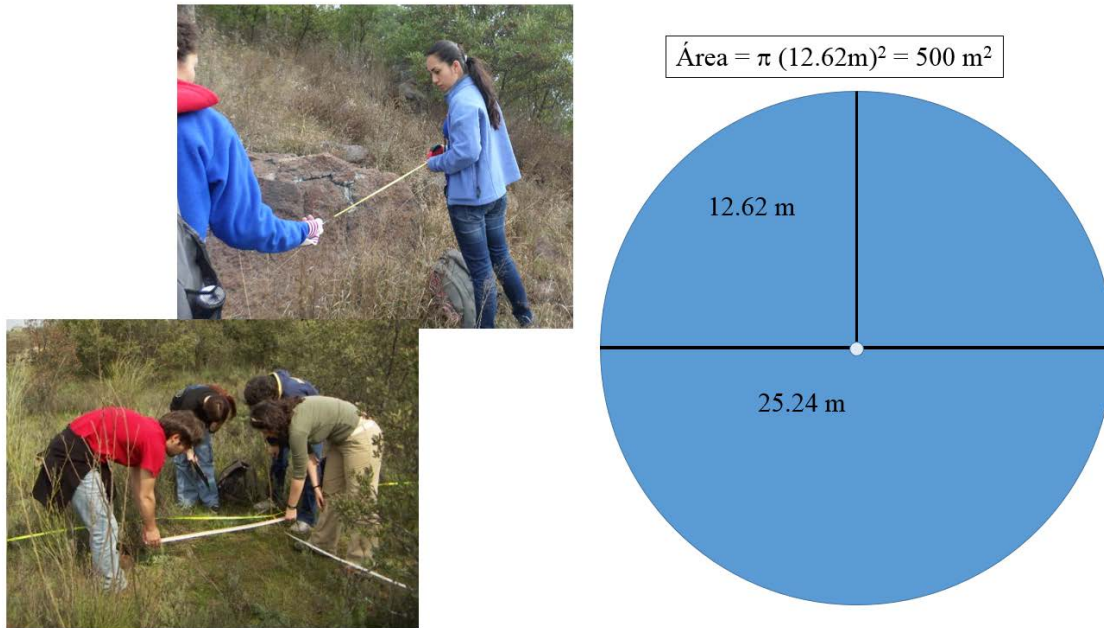


Imagen 17. Disposición y tamaño de las parcelas circulares de muestreo

(Autor: Rocío G. Rojas Briseño)

Las parcelas fueron localizadas mediante un geoposicionador marca Garmin, modelo eTrex 30, con un error menor a 10 m. El procedimiento de muestreo en la vegetación consistió en contar los árboles o arbustos con altura mayor a 1.3 m y diámetro normal (DN) mayor o igual a 7.5 cm (Hutyra *et al.*, 2011; CONAFOR, 2012) que se encontraron dentro de la circunferencia. Los datos de temperatura y humedad atmosféricas fueron obtenidos por medio de una estación meteorológica portátil de la marca Kestrel modelo 3000.

Para cada uno de los 12 puntos de muestreo se registró: el tipo de vegetación, la altitud sobre el nivel del mar, la pendiente, número de individuos por especie, número de especies, individuos totales, las especies dominantes, estado fitosanitario, si se trataba de especies nativas o introducidas. La ubicación geográfica de los puntos de muestreo se presenta en la imagen 18. Se utilizaron 12 puntos de muestreo seleccionados al azar, con distancias variables entre ellos.

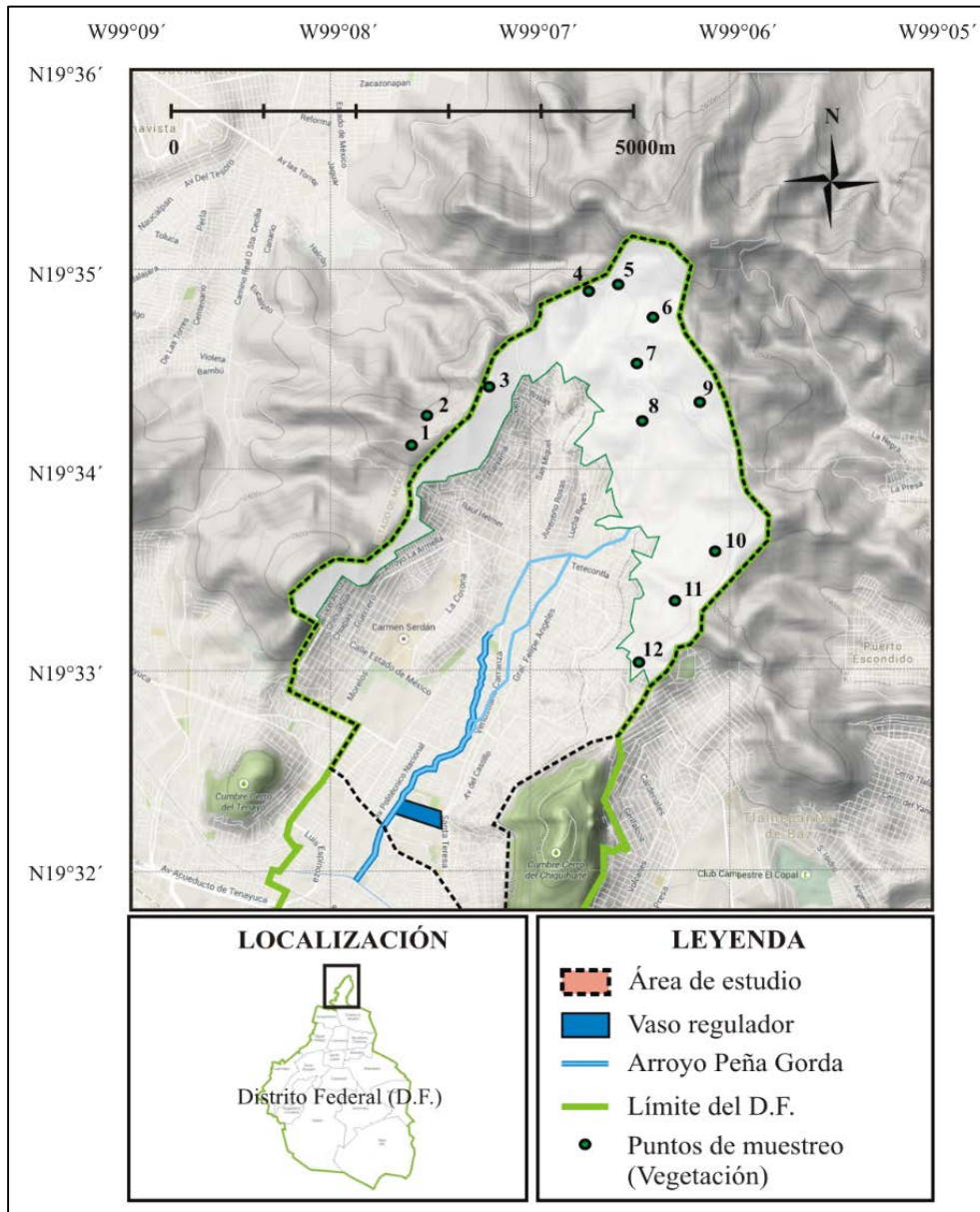


Imagen 18. Ubicación de los puntos de muestreo de vegetación
(Elaboración propia con base en Google Earth)

Las coordenadas de cada punto de muestreo se presentan en el ANEXO 2.

5.1.5 Índices de diversidad

La diversidad biológica, particularmente la diversidad específica, es un indicador biológico cuantificable de las comunidades ecológicas que se relaciona con la estabilidad del ecosistema, debido a que son dependientes de la calidad ambiental (Tang, *et al.*, 2015). Se calcularon índices tanto para la vegetación como para los macroinvertebrados.

Los índices clásicos de diversidad de biológica tienen dos componentes principales: la riqueza (número de especies) y la equitatividad (abundancia de individuos de una sola especie). Generalmente para hacer estas evaluaciones se usan índices de diversidad, los más usados son: el de Shannon-Wiener, el de Simpson y Margaleff (Magurran, 2004).

De acuerdo con Brower y Zar (1984) existen 6 características en la vegetación importantes por afectar la estructura de las comunidades, a saber, las especies dominantes, las formas de vida, la estratificación, la densidad, la cobertura y la dispersión. En este estudio solo se observaron: dominancia, estratificación y dispersión, que pueden darnos información sobre la estructura general de la comunidad. Al mismo tiempo los índices de diversidad, son valores que miden una característica clave de la comunidad que responde de forma clara a la perturbación (Prat *et al.*, 2009) como son: los índices de Margaleff, Shannon y Simpson resultan útiles por proveer información acerca de: la riqueza, la distribución y la abundancia de las especies, variables convenientes para establecer las condiciones de la vegetación, de acuerdo con Brower y Zar (1984) estos índices se describen a continuación.

- Para determinar la estructura horizontal y vertical de la vegetación se calcularon los valores relativos de los siguientes parámetros estructurales: La abundancia (número de individuos de una especie en relación con el número total de individuos), y la frecuencia (número de parcelas en las que se presenta una especie). En donde:

$$\text{Abundancia relativa} = \frac{\# \text{ Individuos por especie}}{\text{Total de individuos}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia de la especie}}{\text{Frecuencia de todas las especies}} \times 100 \quad (2)$$

- El índice de Margaleff es una medida muy útil utilizada en ecología para estimar la riqueza específica ya que los inventarios de especies no son siempre suficientes para caracterizar la diversidad puesto que no permite identificar aquellas especies que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales (Moreno, 2001). El índice de Margaleff convierte el número de especies por muestra a una proporción en la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra a través de una medida basada en la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies y el número de individuos existentes.

$$d = (S - 1)/\ln N \quad (3)$$

Donde S es el número de especies y N el número total de individuos. Con ello se puede medir el número de especies por unidad de muestra de manera simple sin necesidad de conocer el valor de importancia de cada especie. Este índice confiere que valores inferiores a 2 son considerados como zonas de baja diversidad (en general resultado de efectos antropogénicos) y valores superiores a 5 son considerados como indicativos de alta biodiversidad biológica.

- El índice de Shannon-Weaver es un índice muy popular para medir la diversidad con base en la abundancia relativa de las especies y su relación con la riqueza específica. Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, es decir, ayuda a predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar. La fórmula del índice de Shannon-Weaver:

$$H' = - \sum p_i \log p_i \quad (4)$$

Donde:

p_i = abundancia relativa = proporción de individuos de la especie (n_i) / respecto al total de individuos (N). Estimador de máxima verosimilitud. En la mayoría de los ecosistemas este índice varía entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos en diversidad.

- El índice de Simpson se basa en la dominancia de las especies, dando una idea de la homogeneidad general de la distribución de las especies, partiendo de la base de que un sistema es más diverso cuanto menos dominancia hay, y la distribución es más equitativa. representa la probabilidad de que dos individuos, dentro de un hábitat, seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie.

$$I = \frac{\sum n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \quad (5)$$

Donde:

N= número de individuos totales y n_i = número de individuos por especie. El valor va de 0 a 1, donde 1 indica que no hay diversidad ya que la dominancia es alta.

Adicionalmente es posible también obtener la distribución de los organismos mediante diferentes aproximaciones, la mejor es el índice de Morisita:

$$I_d = n \frac{\sum x^2 - \sum x}{[\sum x]^2 - \sum x} \quad (6)$$

Donde X^2 es el cuadrado del número de individuos por cuadrante, n el número de cuadrantes muestreados y N el número total de individuos en todos los cuadrantes. Si la dispersión de los individuos es aleatoria $I_d = 1$, si es perfectamente uniforme $I_d < 1$ y si es agregada $I_d > 1$.

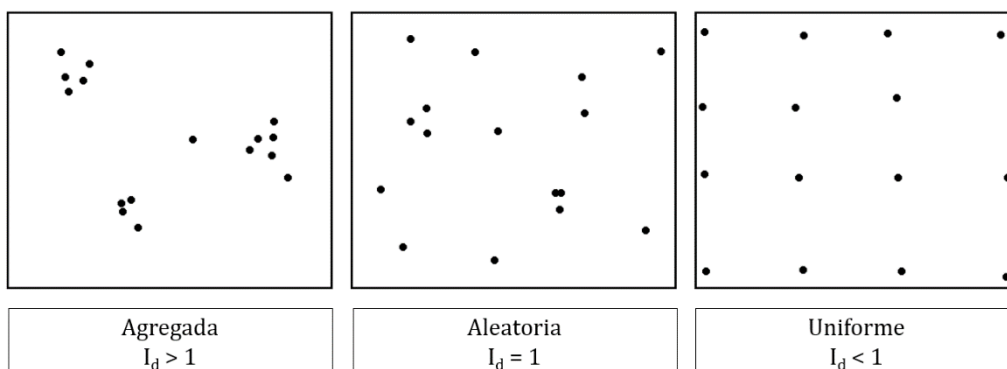


Imagen 19. Patrones de dispersión según el valor de I_d
(Tomado de Brower y Zar, 1984)

El índice de Morisita puede ayudar a interpretar posteriormente los indicadores de Poisson para describir el patrón de dispersión de los individuos en un sistema (imagen 19). Entender la disposición espacial es importante para la descripción fenológica puesto que nos da indicios del tipo de competencia intra e inter-específica (Hurtado *et al.* 2005).

5.2 Diagnóstico de las condiciones sociales

Para indagar acerca del conocimiento ambiental, la prioridad de los problemas ambientales y la voluntad a participar de los actores de la sociedad civil, se utilizó un cuestionario de escala tipo Likert, ya que es un tipo de escala útil para medir el grado en que se da una actitud o disposición de los individuos en un contexto social particular. En esta escala, la medición se realiza por un conjunto de ítems relacionados con la variable o variables a medir, frente a los cuales los sujetos de investigación deben responder en diferente grado según las alternativas que se les presentan (Malave, 2007).

5.2.1. Diseño de la encuesta

De acuerdo con la FAO (2007) hay 4 categorías sociales de relevancia en el análisis de cuencas, a saber: la dinámica de la población local, sistemas locales de vida, intereses, normas y leyes, cuya interacción determina en gran medida las condiciones ambientales de una cuenca hidrográfica. En

función de esto se seleccionó un esquema sencillo, cuyo objetivo era detectar los indicadores: labores de participación, disposición a participar, conocimiento de la problemática ambiental, uso y aprovechamiento de áreas naturales, y conocimiento de la ZCESG, cuyo contenido se sustentó sobre visitas exploratorias, donde se identificó la necesidad de caracterizar el conocimiento ambiental, identificar los problemas que más resaltan y la disposición a incorporarse a acciones cuidado del medio ambiente. La relación indicador – ítem y la estructura final de la encuesta se presenta en el ANEXO 3 y 4 respectivamente.

El cuestionario se desarrolló en gabinete y mediante una prueba piloto con un grupo de habitantes padres de familia del barrio de Cuauhtepac se midió su eficacia para ajustarlo. Por último se aplicó el cuestionario a 99 personas mayores de edad residentes de Cuauhtepac. La aplicación se realizó de manera individual a transeúntes de la plaza ubicada a las afueras de la Parroquia de la Preciosa Sangre de Cristo, lugar donde se reúne mucha gente proveniente de diversas colonias, por ser un sitio de alta actividad comercial y fungir como espacio de esparcimiento.

5.3 Análisis estadístico

En el caso de las encuestas se utilizó un análisis de correlación a fin de vislumbrar las relaciones entre los datos y con el fin de generar conclusiones a partir de los resultados obtenidos. Asimismo se utilizaron pruebas de hipótesis para suministrar bases para comparar si hubo o no diferencias significativas entre los grupos de muestras de agua y vegetación y elaborar también conclusiones al respecto.

5.3.1. Prueba de Kruskal-Wallis

Los resultados de la distribución de la vegetación se analizaron estadísticamente con pruebas no paramétricas, en virtud de que los datos muestrales presentan un sesgo en la sumatoria de los errores y de que no todos son cuantificables. La prueba de Kruskal-Wallis se usa para la comparación de más de dos medias independientes, en este caso para comparar la hipótesis de que no existen diferencias estadísticamente significativas entre la densidad de árboles en los 12 puntos de muestreo (Zar, 2010). El único supuesto necesario es que las distribuciones subyacentes de las variables sean continuas y que éstas hayan sido medidas por lo menos en una escala ordinal (Brower y Zar 1984).

5.3.2. Análisis de correlación de Pearson

Los datos de las entrevistas se analizaron con análisis multivariantes. En primer lugar con ayuda del programa IBM SPSS Statistics Versión 22 se realizó una prueba de Kolmogorov-Smirnov para probar la normalidad de los datos, especialmente los errores muestrales, así como la homocedasticidad de las muestras, una vez obtenido un resultado favorable donde se aceptó la H_0 que indica una distribución normal, y se procedió a seleccionar las pruebas de tipo paramétricas para el análisis de los conjuntos de datos (Zar, 2010).

Las encuestas conllevan un alto grado de incertidumbre, a pesar de la objetividad con que se deseen realizar. La incertidumbre se aprecia en la capacidad que puede tener el entrevistado para engañar deliberadamente, de tal forma que su análisis debe ser muy cuidadoso para no caer en falacias. Para el procesamiento de las encuestas se usó un análisis de correlación de Pearson (denotado como "r") por ser independiente de la escala de medida de las variables. El valor de "r" mide la relación lineal entre dos variables. Los rangos de valor van de +1 a -1, lo que indica una perfecta relación lineal positiva y negativa respectivamente entre ambas variables, considerándose correlaciones altas aquellas mayores a 0.5. Se utilizó un análisis de 2 colas, con niveles de significancia menores o iguales a 0.1 (Zar, 2010).

5.4 Revisión general de planes de Manejo y desarrollo

Se llevó a cabo una revisión general de: El Plan de Manejo del ANP Sierra de Guadalupe, el manejo del agua y medio ambiente de acuerdo al Plan de Desarrollo Urbano de la DGAM y otros programas públicos, a fin de identificar a grandes rasgos los vacíos y deficiencias que deben ser contemplados para fines de un manejo holístico.

CAPÍTULO 6 RESULTADOS

6.1 Diagnóstico de las condiciones ecológicas

6.1.1 Agua

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Durante la toma de muestras en los puntos se registraron algunas características como: mal olor, turbidez, presencia de residuos sólidos, y espumas en la mayoría de los sitios. Las características particulares de cada sitio de muestreo se presentan en el ANEXO 5.

La turbidez presentada en todos los casos es un indicador de la presencia de partículas suspendidas en el agua. Las algas, los sedimentos suspendidos y la materia orgánica del agua aumentan la turbidez hasta niveles insalubres para ciertos organismos. La turbidez es importante porque una gran cantidad de partículas suspendidas en el río puede bloquear la luz solar y absorber calor, lo que aumenta la temperatura y reduce la luz disponible para las plantas. Por otro lado la presencia de espumas da un indicio de la existencia de fosfatos provenientes de detergentes en el agua.

La calidad del agua evaluada cuantitativamente por medio de la técnica de DBO, mostró altos contenidos de materia orgánica. Los datos de la DBO para los puntos de muestreo del Arroyo Peña Gorda se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 6. DBO para muestras de agua

	DBO₅
E1	93 mg/L
E2	172 mg/L
E3	572 mg/L
E4	435 mg/L
E5	395 mg/L

En las primeras 2 estaciones se distingue que los valores son relativamente bajos en comparación con el resto, y aumentan a partir del punto E3, esto puede deberse a que siendo los puntos más altos fueron los sitios con menor carga de aguas residuales. En los 3 últimos puntos, las descargas de agua residual doméstica se hacen mayores en comparación con los primeros y la carga de materia orgánica aumenta,

pero al mismo tiempo el Arroyo aumenta el caudal y aumenta la velocidad oxigenando el agua, razón por la cual si bien los valores permanecen altos van reduciéndose conforme el agua se acerca a la Laguna de regulación. Considerando que la NOM-001-SEMARNAT-1996 establece un límite máximo permisible de 75mg/L de DBO en la descarga de aguas residuales en aguas y bienes nacionales (ríos de uso público urbano), es posible apreciar claramente que los valores obtenidos se encuentran por encima del rango permitido. Esta circunstancia puede traer repercusiones tanto ecológicas como en términos de afectaciones a la salud cuando la población está permanentemente en contacto con el agua, o respira sus olores por tiempo prolongado produciendo enfermedades digestivas y respiratorias.

Indicadores biológicos

En cuanto a la toma de muestras de insectos y otros macroinvertebrados, se obtuvieron los resultados presentes en el cuadro 7. De acuerdo con Prat y colaboradores (2009) la identificación taxonómica a nivel de familia mantiene las ventajas de uso de los insectos como bioindicadores y para fines del presente estudio redujo el tiempo de análisis de las muestras.

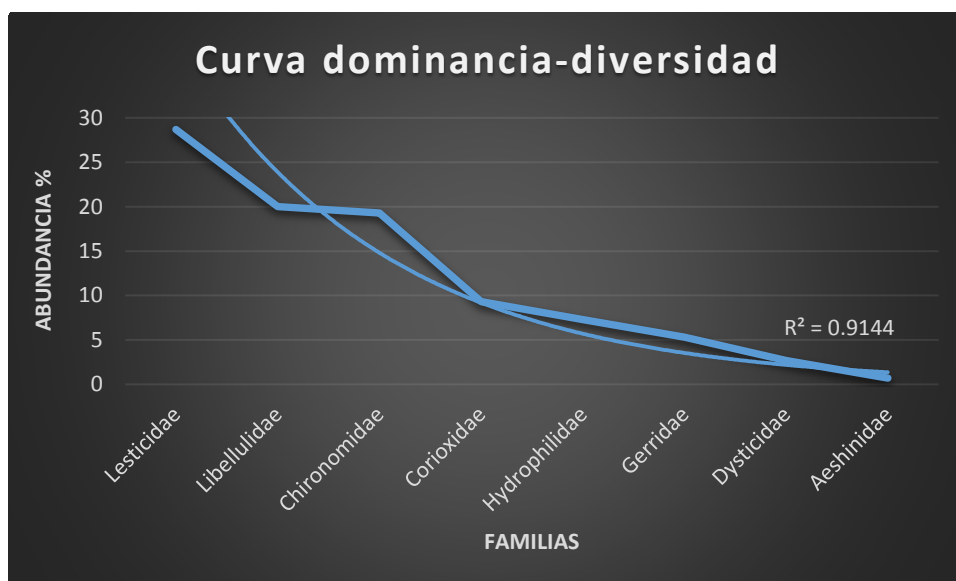
Cuadro 7. Macroinvertebrados de la E1

	Orden	Suborden	Familia	Total	Abundancia relativa %
Insecta	Odonata	Zygoptera	Lesticidae	43	28.7
	Odonata	Anisóptera	Libellulidae	30	20
	Odonata	Anisóptera	Aeshinidae	1	0.67
	Coleóptera	Adephaga	Dystiscidae	4	2.7
	Coleóptera	Polyphaga	Hydrophilidae	11	7.3
	Hemíptera	Heteroptera	Corioxidae	14	9.3
	Hemíptera	Heteroptera	Gerridae	8	5.3
	Hymenóptera	Apócrita	Apidae	1	0.67
	Díptera	Nematocera	Chironomidae	29	19.3
	Gasterópoda	Pulmonata		9	6
Total				150	100%

Lo más sobresaliente del cuadro 7 es la abundancia de dos grupos, los odonatos en fase de náyade (49.37%) seguida de las larvas de dípteros (19.3%). Los odonatos están bien representados por los dos subórdenes: Zygoptera (28.7%) y Anisoptera (20.67%), mientras que los díptera son pertenecientes a la misma familia, Chironomidae. Estas precisiones son importantes por dos razones, la primera atiende al carácter hidrológico del sistema, temporal largo. La comunidad de odonatos se desarrolla en sistemas estacionales, mientras que los chironómidos, coleópteros y hemípteros son

frecuentes en ambientes con una larga temporalidad o permanentes, lo cual explica con bastante precisión esta estructura de la comunidad (Montes *et al.*, 1979). La segunda atiende a la estructura de la comunidad en el espacio, ya que el resto de los grupos al ser minoritarios se contemplan como grupos raros y poco abundantes (cuando contabilizan menos de 5% y menos del 10% respectivamente) en un momento determinado, pero con las fluctuaciones naturales del sistema, pasan de ese estatus a otro de dominancia y los odonatos en fase de imago abandonan el agua y pasan a ser minoritarios (Gutiérrez-Yurrita, 2014b). Estas fluctuaciones en la diversidad biológica son normales y se verían con mayor claridad en un análisis de especies que en uno de familias (Alonso *et al.*, 2002).

Al graficar los resultados del cuadro 7, se observa que existe una alta dominancia de algunos de los grupos, lo que representa una baja diversidad de especies en el cuerpo de agua de la parte alta (E1). Asociada probablemente a la estacionalidad y a la calidad del agua.



Gráfica 1. Curva de dominancia-diversidad para macroinvertebrados

Los índices de diversidad para evaluar la calidad del agua consideran que en ambientes no perturbados se presentan altos valores en los índices de diversidad (Prat *et al.*, 2009). En este caso el índice de Margalef obtuvo un valor de $D=2.19$; el índice de Shannon $H= 0.81$ y el de Simpson $\lambda=0.92$. Esto significa que el cuerpo de agua posee índices de diversidad considerablemente bajos, es decir, que existen pocas especies, las cuales se encuentran poco representadas y existe una alta dominancia y en consecuencia se puede sugerir una mala calidad del agua. Se advierte que las familias biológicas encontradas corresponden a grupos generalistas de organismos tolerantes a la contaminación (Hurtado y col., 2005). En la segunda visita a este cuerpo de agua en marzo de 2015 se apreció mayor abundancia de algas y algunos peces muertos (imagen 20).



Imagen 20. Cuerpo de agua permanente
(Autor: Rocío G. Rojas Briseño)

Como dato adicional es importante mencionar que durante el recorrido a lo largo del Arroyo Peña Gorda se identificaron una serie de desagües de apariencia clandestina que se vierten directamente al cauce. Esta acción que transgrede el artículo 88 bis de la LAN, donde se establecen los criterios y responsabilidades para efectuar este tipo de descargas, entre ellas el pre-tratamiento, cubrir los vertidos, establecer un muestreo constante de la calidad de las descargas, entre otros. En la siguiente imagen 21 se muestran evidencias fotográficas de estos vertidos.



Imagen 21. Desagües domésticos vertidos al APG
 (Autor: Rocío G. Rojas Briseño)

6.1.2 Vegetación

Caracterización

En la Zona de Conservación ecológica Sierra de la Guadalupe la vegetación primaria que se identificó fue: encino (*Quercus rugosa*, *Q. deserticola*, *Q. microphylla*); palo dulce o palo cuate (*Eysenhardtia polystachya*); mezquite (*Prosopis juliflora*); huizache (*Acacia farnesiana*); tepozán (*Buddleia americana*); nopales (*Opuntia streptacantha*, *O. lasiacantha* y *O. Imbricata*); y yuca (*Yucca filifera*).

En la ZCESG, la zonificación determina el uso de suelo y tipo de manejo, la zona que corresponde a “uso restringido” no ha sido reforestada y se ha procurado el mantenimiento de la vegetación primaria, mientras que la zona de recuperación ha sido objeto, en su mayoría, de trabajos de revegetación con especies australianas (*Eucalyptus globulus* y *E. camaldulensis*, *Casuarina equisetifolia*) con fines de “restauración” ecológica. Posteriormente se plantaron cedro blanco (*Cupressus lindleyi*); ciprés panteonero (*Cupressus sempervirens*) y pinos (*Pinus cembroides*, *P. montezumae*, *P. patula* y *P. radiata*). Disperso por toda el área se encuentra una especie exótica pero naturalizada en México y muy abundante en todo el país, el pirul (*Schinus molle*) así como plantas de *Agave sp.* Producto de sucesivas deforestaciones, incendios y cambios de uso de suelo, es muy común la presencia de

vegetación secundaria en la mayor parte de la ZCESG. La imagen 22 permite apreciar algunos ejemplos de estos tipos de vegetación.

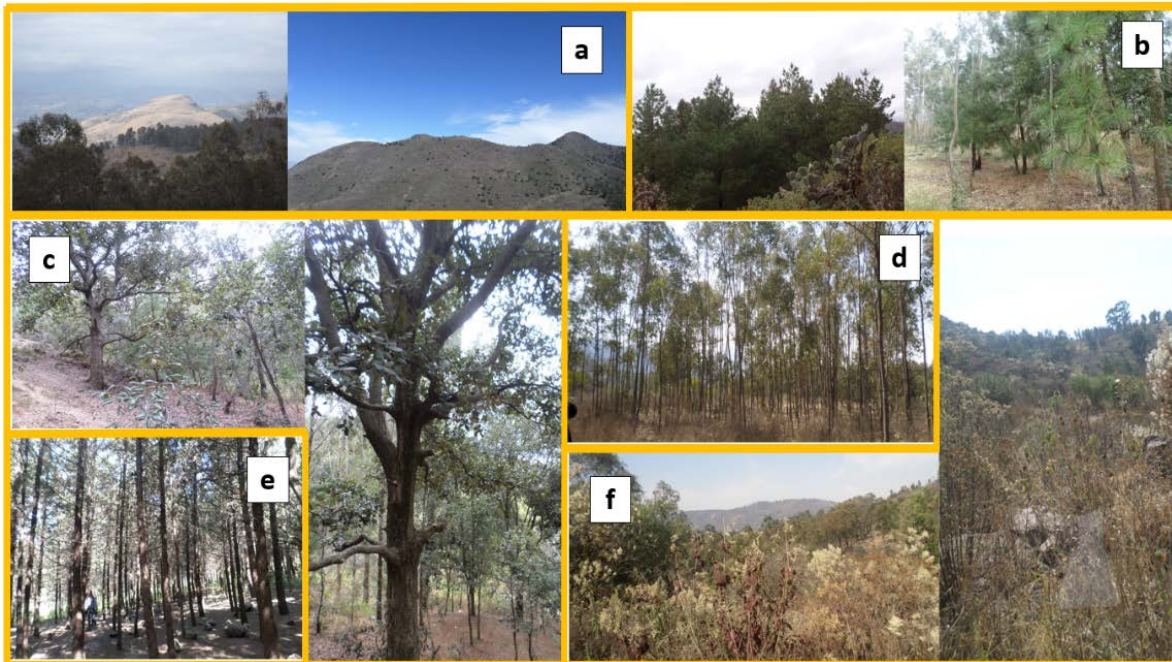


Imagen 22. a) Matorral; b) plantación de Pinus sp; c) plantación de Quercus sp; d) plantación de Eucalipto sp; e) plantación de Cupressus lindleyi; f) vegetación secundaria.

(Autor: Rocío G. Rojas Briseño)

La vegetación secundaria (predominantemente arbustiva) es trascendente ya que es el común denominador en la mayor parte de la ZCESG y representa la única forma de mantener el poco suelo natural que existe así como los pocos nutrientes edafológicos para formar nuevo bosque. La vegetación secundaria con el tiempo puede o no dar lugar a una formación vegetal similar a la original pero contribuye a conformar un nuevo balance ecológico como comunidad en clímax climático.

El perfil de la vegetación por estratos, se presentó de la siguiente forma: el estrato arbóreo estuvo representado por especies de *Eucaliptus spp.*, *Quercus rugosa.*, *Casuarina spp.*, *Schinus molle*, *Cupressus lidleyi*, *Buddleja cordata* y *Pinus spp.*, *Q. microphylla*, *Crataegus spp.*, el estrato arbustivo presentó ejemplares de *Acacia spp.*, *Nolina parviflora*, *Dodonea viscosa*, *Agave spp.*, *Opuntia spp.*, *Senna spp.*, *Larrea spp.*, y *Datura spp.*, mientras que el estrato herbáceo albergó vegetación perteneciente al grupo de las Compositae y Poaceae.

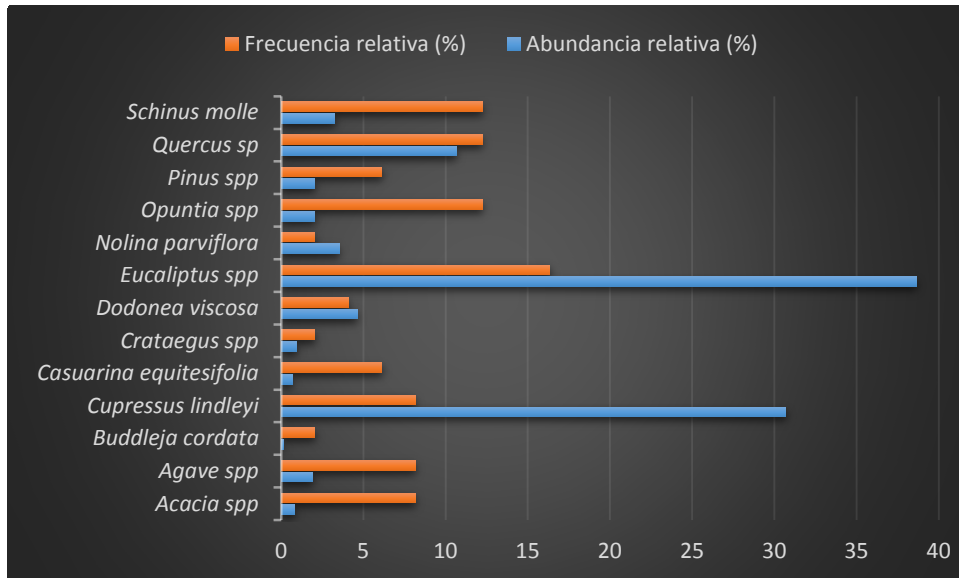
Abundancia y frecuencia

En total se encontraron 676 individuos en 6000 m² con DN mayor a 7.5cm distribuidos en 11 géneros. Los datos obtenidos de la vegetación muestran que en promedio se presentaron 17 individuos con DN>7.5cm por cada 500 m², siendo la densidad máxima 115 individuos y 1 la mínima. Las especies más abundantes fueron *Eucaliptus spp.*, y *Cupressus lindleyi*, siendo el eucalipto el más frecuente, no obstante las especies *Opuntia spp.* y *Schinus molle* también presentaron frecuencias altas. Los valores de abundancia y frecuencia relativas de las especies contabilizadas se presentan en el cuadro 8.

Cuadro 8. Abundancia relativa y frecuencia relativa de organismos vegetales

Especie	No. de individuos	Abundancia relativa (%)	Frecuencia relativa (%)
<i>Acacia spp</i>	6	0.82	8.16
<i>Agave spp</i>	14	1.91	8.16
<i>Buddleja cordata</i>	1	0.14	2.04
<i>Cupressus lindleyi</i>	225	30.7	8.16
<i>Casuarina equitesifolia</i>	5	0.68	6.12
<i>Crataegus spp</i>	7	0.95	2.04
<i>Dodonea viscosa</i>	34	4.64	4.08
<i>Eucaliptus spp</i>	283	38.61	16.33
<i>Nolina parviflora</i>	26	3.55	2.04
<i>Opuntia spp</i>	15	2.05	12.24
<i>Pinus spp</i>	15	2.05	6.12
<i>Quercus sp.</i>	78	10.64	12.24
<i>Schinus molle</i>	24	3.27	12.24
Total	733	100	100

Los datos graficados de aquellas con altura mayor a 1.3 m y diámetro normal (DN) mayor o igual a 7.5 cm se representan en la gráfica 2.



Gráfica 2. Abundancia y frecuencia relativa de organismos vegetales

La comparación estadística entre el número de plantas con DN mayor o igual a 7.5 cm para los 12 sitios de muestreo mostró los siguientes valores.

Estadísticos de prueba^{a,b}

	densidad
Chi-cuadrado	8.068
G1	11
Sig. asintótica	.707

a. Prueba de Kruskal Wallis

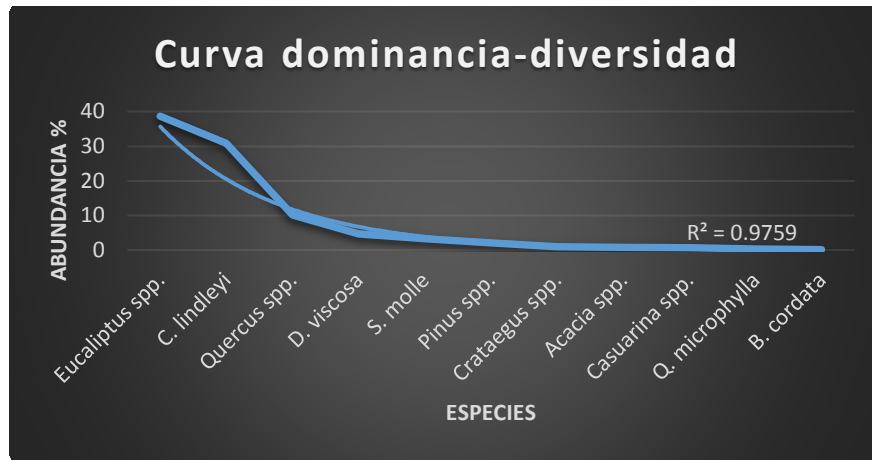
b. Variable de agrupación: sitio

Con una significancia menor a 0.05, no se rechaza la hipótesis nula, que establece que el grupo de datos proviene de la misma población, y por tanto existen diferencias entre los grupos evaluados. Diferencia dada por el tipo de manejo, las condiciones del sitio y otras condiciones como el tipo de especie que se presenta.

Riqueza

La curva de diversidad-dominancia muestra de manera clara en la gráfica 3 que existe una alta dominancia del eucalipto, lo que significa que existe baja diversidad específica. La baja diversidad suele a menudo significar la existencia de disturbio o alteración que da por resultado un estado sucesional poco avanzado. Esta condición reduce la complejidad del ecosistema al reducir sus elementos y con ello sus interacciones. De este modo se restringe la capacidad el ecosistema para

soportar nuevos disturbios (resiliencia) y sustentar procesos ecológicos, haciéndose cada vez más susceptible a perderse.



Gráfica 3. Curva de dominancia-diversidad para organismos vegetales

En cuanto al índice de diversidad de Margalef, $D=1.97$, se tiene que el número de individuos muestreados se incrementa pero no así el número de especies biológicas registradas, por lo que se intuye que en el sistema existe uniformidad en la dispersión poblacional. Esta uniformidad es debida posiblemente a una alta competencia interespecífica de pocas especies introducidas, como el eucalipto y el ciprés, las cuales presentan, entre otras cosas, sustancias alelopáticas que detienen y evitan el crecimiento de otras plantas, nativas en su mayoría. Esta hipótesis se refuerza con el índice de dominancia y la lenta tasa de sucesión ecológica del sistema, aunada a posibles periodos de perturbación antrópica posteriores.

Por otro lado, la alta dominancia de una especie sesga los valores de los índices de Shannon y Simpson, toda vez que hace parecer al sistema con menor diversidad biológica comparándolo con otro con similar de riqueza específica pero diferente dominancia y uniformidad; los valores obtenidos fueron de $H=0.74$ y $\lambda=0.74$ respectivamente. El resultado es que se tiene una plantación vegetal antigua, abandonada, con crecimiento secundario de la vegetación, pero manteniendo la estructura y arquitectura ecológica de la plantación de eucalipto y ciprés.

Patrón de distribución

Finalmente se obtuvo el índice de Morisita para identificar el tipo de dispersión de las especies identificadas, el cual se presenta en el cuadro 9.

Cuadro 9. Patrón de dispersión de organismos vegetales

Especie	I_d	dispersión
<i>Eucaliptus spp.</i>	2.3	Agregada
<i>C. lindleyi</i>	5.6	Agregada
<i>Quercus spp.</i>	4.7	Agregada
<i>D. viscosa</i>	7.5	Agregada
<i>S. molle</i>	2.2	Agregada
<i>Crataegus spp.</i>	12	Agregada
<i>Pinus spp</i>	1	Aleatoria
<i>Acacia spp.</i>	1	Aleatoria
<i>Casuarina spp.</i>	1	Aleatoria
<i>Q. microphylla</i>	1	Aleatoria
<i>B. cordata</i>	1	Aleatoria

Se aprecia que las especies más abundantes tienen altos índices de agregación, es decir confinadas a espacios reducidos a modo de parcelas. Hay que señalar que dentro de estos sitios no se encontraron plantas propias del sotobosque y por el contrario se registró una alta presencia de arbustos y gramíneas en la periferia de estos sitios, es decir que se reconoció efecto de borde en los casos donde se encontraron agregaciones de *C. lindleyi*, *Eucaliptus sp.* y *Quercus sp.* Las especies de eucalipto, ciprés y muchas de encino han sido plantadas, no son árboles de un estado feral natural histórico. Las siembras se realizan de manera planificada en las zonas donde se cree que prosperan más determinadas especies, en la parte más inclinada el encino, media inclinación el eucalipto y más llanas los cipreces, entre estas especies crecen algunas nativas oportunistas y otras introducidas posteriormente como agaváceas o nopales, por ejemplo. Este fenosistema es típico de lugares totalmente antropofizados y deteriorados por posterior descuido en su mantenimiento, de tal forma que el ecosistema, dadas sus condiciones climáticas, edáficas, topomórficas etc., toma su propio camino sucesional, el cual puede ser muy diferente al que buscaba el hombre en la revegetación (lo que llamaron hace años los forestales restauración). El paisaje actual es consecuencia de las actuaciones humanas y de su abandono decenal.

El reporte completo de los sitios de muestreo se presenta en el ANEXO 6.

6.1.3 Observaciones adicionales

Durante los recorridos realizados del 7 al 12 de enero de 2015, días en que se realizó el muestreo de la vegetación en la ZCESG, se observaron a lo largo de los senderos (situados entre una parcela y

otra) la presencia de elementos no propios del fenosistema, que llamaron la atención por ser relevantes a la hora de explicar la relación que existe entre sociedad y naturaleza.

Destaca ver que es un lugar polifacético. La ZCESG representa un sitio propio para actividades de culto religioso ya que se identificaron al menos 2 nichos dedicados a este fin. Este elemento permite establecer que la ZCESG representa para los habitantes un lugar apto para llevar a cabo actividades de tipo religioso, lo que le otorga un valor adicional por este tipo de servicio ambiental cultural que provee (Imagen 23). Asimismo se han observado letreros que ponen de manifiesto el interés de algunas personas por el cuidado de la ZCESG, en virtud del valor que representa para ellas.



Imagen 23. a) Capillas religiosas; b) letreros que invitan al cuidado de la Sierra
(Autor: Rocío G. Rojas Briseño)

Dentro de las actividades productivas se pueden encontrar evidencias de la actividad primaria llevada a cabo por la población asentada de manera irregular en la ZCESG, quienes poseen productos como nopaleras, milpas, áreas de agaves y algunos animales como borregos, vacas y caballos. En algunos casos también se encontraron perros y gatos sobre todo en zonas cercanas a las rejas de entrada que comunican a la zona urbana con la ZCESG (imagen 24).



Imagen 24. a) Animales de cría; b) nopaleras
(Autor: Rocío G. Rojas Briseño)

Otros elementos que contribuyen a la transformación de la estructura y la función del ecosistema son algunas de las acciones establecidas en el Plan de Manejo como la elaboración de veredas y senderos, así como las brechas corta-fuego y la construcción de presas que tienen el objetivo de reducir la velocidad de escurrimiento de las aguas en temporada de lluvias y poder controlar incendios forestales. Se encontraron restos de bolsas plásticas usadas en los eventos de reforestación, donde se plantaron organismos de forma aglutinada y sin retirar las bolsas. También se hallaron vestigios de incendios generados para controlar la hojarasca y prevenir incendios en el verano.

Destaca la edificación del inmueble destinado a las actividades de educación ambiental construido en Joya de Nieves y cuya infraestructura, a pesar de encontrarse en buen estado está en desuso. Para esta construcción se cuenta además con una planta de tratamiento de aguas y fosas de oxidación.

Asimismo se identificó el entubamiento de un brote de agua que solía permanecer abundante y perenne (imagen 25).

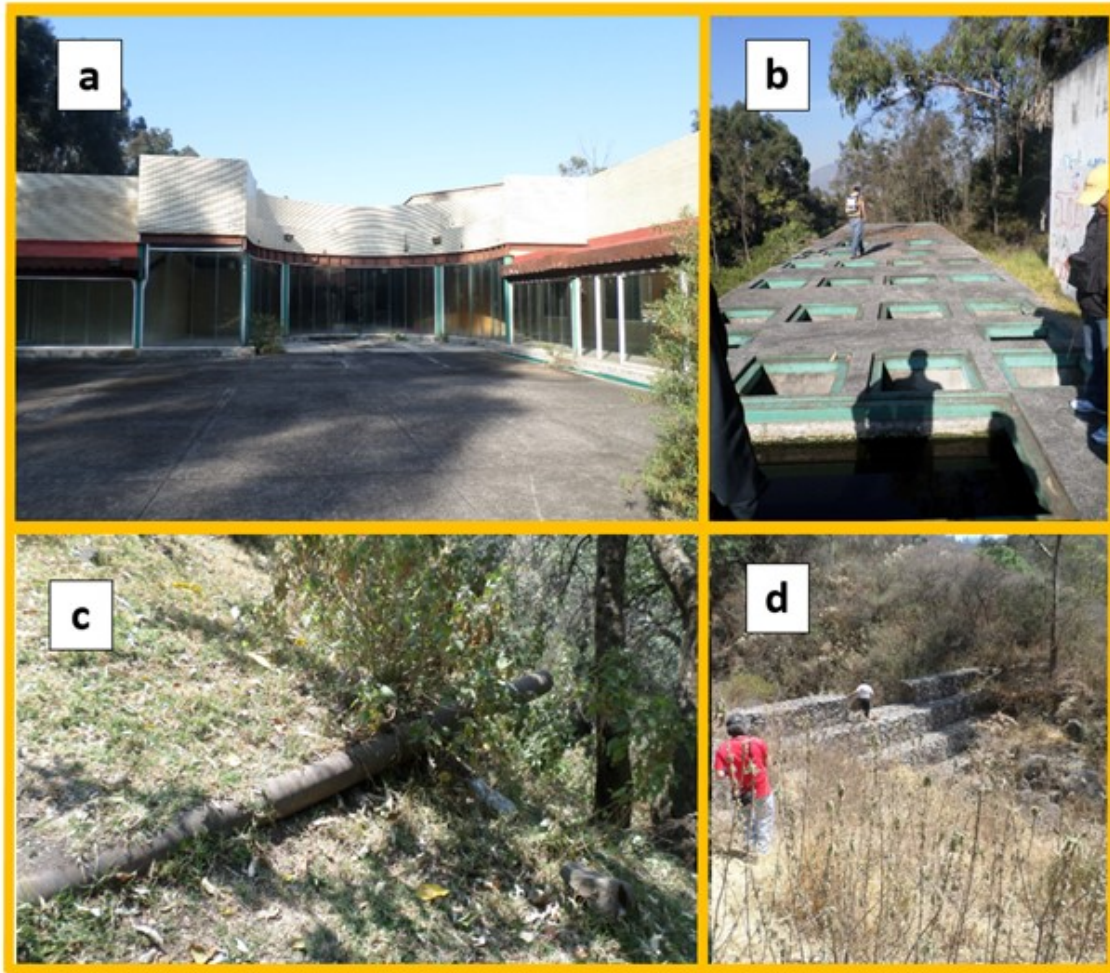


Imagen 25. a) Centro de educación ambiental inhabilitado; b) Fosa para tratamiento de agua; c) entubamiento de agua; d) presa de gaviones

(Autor: Rocío G. Rojas Briseño)

Entre las afectaciones por acción humana más importantes está la presencia de tiraderos a cielo abierto de residuos sólidos en las entradas de algunos parajes de la ZCESG. Esta afectación además de ser un gran foco de infección para la vida en general y por tanto, un problema de salud pública es una de las más importantes en términos de la alteración a las condiciones de función y estructura de la ZCESG y son un fiel reflejo de la carencia de sentido de pertenencia y respeto de las personas hacia este espacio natural (imagen 26).



Imagen 26. Tiraderos clandestinos de basura
(Autor: Rocío G. Rojas Briseño)

Es de importancia destacar uno de los elementos más significativos en la relación sociedad-naturaleza en esta zona de estudio y es el carácter de la ZCESG como tiradero de cadáveres humanos, escenario de hechos delictivos y de drogadicción. Durante los 4 días de recorrido se reconocieron al menos 5 cruces puestas en representación de personas halladas muertas, y se advierte que la presencia de cadáveres es un asunto que ocurre de manera cotidiana y se manifiesta con naturalidad como un hecho frecuente y habitual (imagen 27).



Imagen 27. Cruz en memoria de fallecido y foto de ejecutados
(Tomado de Campos, 2011)

Si bien el trabajo en la Sierra de Guadalupe por parte de la CORENA ha sido continuo y el plan de manejo se presenta con miras a realizar muchas mejoras, al tiempo resalta la baja diversidad de especies, la baja densidad y abundancia de las mismas, la mala calidad del agua superficial que escurre por la zona urbana, la presencia de basura y asentamientos humanos, fenómenos que ligados a las condiciones sociales generan en todo el territorio problemáticas más complejas.

6.2. Diagnóstico de las condiciones sociales

El diagnóstico de las características de la población de la microcuenca, se realizó a través del cuestionario establecido ex profeso (ANEXO 3). Los encuestados fueron habitantes de 40 colonias diferentes: Cuauhtepic de Madero, zona escolar, Guadalupe, compositores mexicanos, Palmatitla, Jorge Negrete, Matías Romero, México Izapan, El Arbolillo, Loma La Palma, La Casilda, San Antonio, Arboledas, Ampliación, Malacates, Forestal III, Lomas de Cuauhtepic, La Forestal, Tatanaclo, Ahuehuetes, Chalma de Guadalupe, Tepe-Tokio, Felipe Berriozabal, Cocoyote, Ampliación Arboledas, Tlalpexco, Cuauhtepic El Alto, La Brecha, Colosio, Lucha Reyes, Juventino Rosas, Parque Metropolitano, Mauricio Gómez, La Pastora, Valle de Madero, Carlos Orellana, Jacarandas, Pedro Nolasco, Verónica Castro, y Lomas De San Miguel.

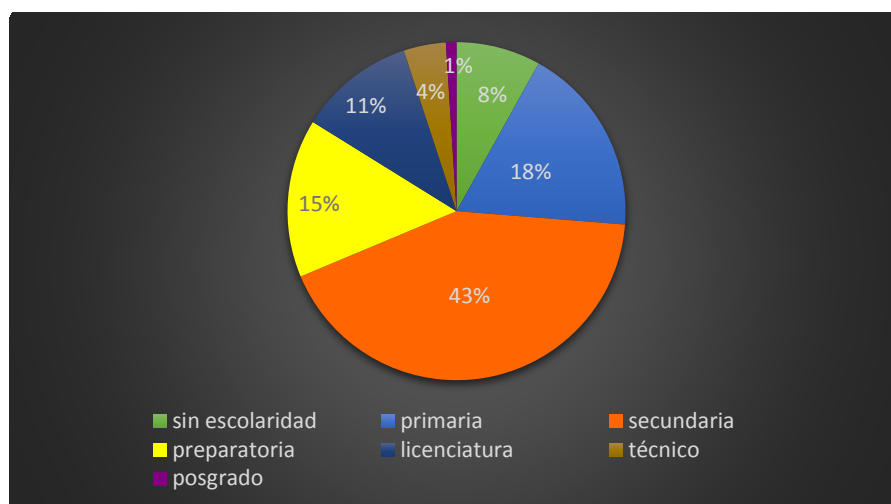
En el cuadro 10 se presentan los lugares de origen, las ocupaciones de las personas encuestadas y las principales problemáticas de la localidad donde viven, ordenados de forma descendente de acuerdo a las respuestas que se presentaron con mayor frecuencia.

Cuadro 10. Ocupaciones, problemáticas y lugares de origen

Ocupaciones		Problemáticas		lugar de origen	
Hogar	40	Inseguridad	56	D.F.	73
Comerciante	16	Microbuses	12	Puebla	6
empleado(a)	14	escasez de agua y luz	10	Guerrero	5
estudiante	12	Drogadicción	6	Oaxaca	3
Obrero	4	falta de espacios públicos	5	Michoacán	2
Limpieza	3	Violencia	2	Hidalgo	2
Jubilado	3	Vandalismo	1	Jalisco	2
Desempleado	2	taxis pirata	2	Guanajuato	2
Velador	1	Sobrepoblación	1	Veracruz	2
Taxista	1	falta de iluminación	1	Aguascalientes	1
Ventas	1	Vialidades	1	Edo de Méx.	1
Carpintero	1	Narcotráfico	1		
Almacenista	1	falta de vigilancia	1		

Para el caso del lugar de origen se obtuvo que el 75% de la población eran nacidos en el DF, la mayoría en Cuauhtémoc, y el 29% provenían de otros estados, mientras que para las ocupaciones el 40% fueron mujeres dedicadas al hogar, el 16% comerciantes, y el 14% empleados en alguna dependencia privada o pública.

En el caso del nivel educativo que se muestra en la gráfica 4, 42 de los 99 encuestados contaban con la secundaria terminada o trunca, 18 con la primaria, 15 con el bachillerato, 17 con licenciatura o más y 8 no tenían escolaridad. Esta visión general manifiesta que el 75% de los encuestados solo cuenta con la educación básica.



Gráfica 4. Nivel de escolaridad

Cabe señalar que muchas personas encuestadas perciben la ZCESG como un sitio peligroso; la delincuencia y el crimen organizado en Cuauhtepc traspasan las rejas y los muros de contención de la zona urbana y llegan a ocurrir, con mucha frecuencia dentro de los límites del ANP.

El cuadro 11 presenta la moda estadística resultante en cada uno de los ítems cuya respuesta se codificó en escala Likert.

Cuadro 11. Moda de respuestas presentadas en el cuestionario

Ítem	moda
¿Participa en labores de limpieza de calles avenidas, áreas verdes?	Nunca
¿Participa en labores de reforestación?	Nunca
¿Realiza acciones como separar la basura?	Siempre*
¿Pertenece o ha colaborado con alguna asociación a favor del medio ambiente?	no
¿Las personas de su comunidad han tenido participación en el establecimiento y cuidado de las áreas naturales?	de acuerdo
¿Le gustaría estar más informado del estado ecológico de las áreas naturales como la Sierra de Guadalupe?	sí
¿Destinaría algunas horas a la semana para hacer labores de restauración?	Sí**
¿Estaría dispuesto a obedecer nuevas leyes para proteger el medio ambiente?	totalmente de acuerdo
¿Pagaría algún impuesto para mejorar las condiciones del medio ambiente?	de acuerdo***
¿Trabajaría en labores de conservación a cambio de un pago?	de acuerdo
¿Desearía que hubiera una consulta para elaborar nuevos programas gubernamentales a favor del medio ambiente?	de acuerdo
¿La ciudadanía debería tener más influencia en las decisiones sobre los recursos naturales de la comunidad?	totalmente de acuerdo
¿En su opinión para que sirven los ríos manantiales, los bosques, las plantas y animales?	belleza y/o recreación
¿Esta localidad cuenta con suficientes áreas verdes y de recreación?	totalmente en desacuerdo
¿Cree que su colonia es un lugar agradable para vivir?	De acuerdo
¿Las escuelas enseñan suficiente a niños y jóvenes sobre el cuidado del medio ambiente?	en desacuerdo
¿Cuáles cree que sean las problemáticas más importantes a resolver en su comunidad?	inseguridad
¿Conoce la Sierra de Guadalupe?	no
¿Cómo considera las acciones de conservación que se llevan a cabo en la Sierra de Guadalupe?	buenas
¿Las áreas naturales de su comunidad incluida la Sierra de Guadalupe está en buenas condiciones?	ni de acuerdo ni en desacuerdo

Cuadro 11. Moda de respuestas presentadas en el cuestionario (Continuación)

¿La contaminación de los ríos que pasan por Cuauhtepc puede causar problemas a la salud?	totalmente de acuerdo
¿La deforestación de la Sierra puede traer problemas a la comunidad?	de acuerdo
¿La contaminación puede generar conflictos dentro de la comunidad?	de acuerdo
¿Lo que ocurre en los ríos de su comunidad repercute en otros cuerpos de agua como el Río de los Remedios?	de acuerdo
¿Las acciones de los habitantes han determinado el estado actual de sus áreas naturales?	totalmente de acuerdo
¿El gobierno puede por sí solo resolver los problemas ecológicos?	de acuerdo

*Los residuos se separan, pues de lo contrario el camión no se los lleva

**La disposición a realizar labores está condicionada al tiempo disponible para hacerlo.

***El pago del impuesto se realizaría si y solo si se garantizara el no desvío de fondos

Se buscaron correlaciones entre los cuatro indicadores: uso y aprovechamiento de recursos naturales, labores de participación pro-ambiental, disposición a participar y conocimiento ambiental (Cuadro 12).

Cuadro 12. Coeficientes entre indicadores de la Matriz de correlación de Pearson

		uso	Disposición	Labores	conocimiento
Uso	R	1	-.066	.184	-.055
	Sig. (bilateral)		.516	.070	.588
	N	98	98	98	98
Disposición	R	-.066	1	.009	.195
	Sig. (bilateral)	.516		.927	.053
	N	98	99	99	99
Labores	R	.184	.009	1	.108
	Sig. (bilateral)	.070	.927		.288
	N	98	99	99	99
Conocimiento	R	-.055	.195	.108	1
	Sig. (bilateral)	.588	.053	.288	
	N	98	99	99	99

Correlación de Pearson, nivel de significancia α de 0.1, 0.05 y 0.01 para n=99.

En el cuadro 12 se muestra que existe una correlación, aunque baja, entre la disposición a participar y el conocimiento ambiental, mientras que para el resto de los indicadores no se presentó correlación. Destaca la muy baja, casi nula, correlación existente entre las labores de cuidado ambiental y la disposición a participar, lo que señala que no existe congruencia entre lo que las personas dicen estar dispuestas hacer y sus verdaderas actitudes. Lo cual concuerda con las respuestas obtenidas en el cuestionario, donde la participación activa no fue el común denominador.

En el cuadro 13 se muestran los ítems del cuestionario que tuvieron alguna correlación con características de la población: escolaridad, origen y nivel de conocimiento. A primera vista es notable que se establecieron pocas correlaciones y que ninguno de los ítems presentó correlación con la ocupación laboral de las personas.

Cuadro 13. Correlación de Pearson entre ítems y características poblacionales

Ítem	Escolaridad	origen	Conocimiento
participa en labores de limpieza de calles avenidas, áreas verdes	0.204		
realiza acciones como separar la basura		0.219	
pertenece o ha colaborado con alguna asociación a favor del medio ambiente		0.208	0.357
las personas de su comunidad ha tenido participación en el establecimiento y cuidado de las áreas naturales		0.167	
La ciudadanía debería tener más influencia en las decisiones sobre los recursos naturales de la comunidad			0.288
En su opinión para que sirven los ríos manantiales, los bosques, las plantas y animales	0.18		
las escuelas enseñan suficiente a niños y jóvenes sobre el cuidado del medio ambiente	-0.183		
Las áreas naturales de su comunidad incluida la Sierra de Guadalupe está en buenas condiciones		-0.24	
La deforestación de la Sierra puede traer problemas a la comunidad	0.297		
Las acciones de los habitantes han determinado el estado actual de sus áreas naturales	0.268	-0.209	
El gobierno puede por sí solo resolver los problemas ecológicos	0.298	0.304	

Correlación de Pearson, nivel de significancia α de 0.1, 0.05 y 0.01 para n=99.

Para los primeros casos del nivel de escolaridad, se distingue que este factor tiene relación con la frecuencia con que las personas participan en labores de limpieza de jardinerías, calles, y otras áreas de la comunidad, así como en la opinión que tienen respecto a los recursos naturales considerándolos frecuentemente como fuente de riqueza y desarrollo. Las personas de escolaridad mayor consideran

que no se les enseña suficiente sobre el cuidado ambiental y perciben con mayor frecuencia que la deforestación de los cerros puede traer problemas a su comunidad, finalmente la escolaridad presentó relación con la certeza de que los habitantes han determinado el estado actual de contaminación y deterioro de su ambiente y que la solución no radica en la voluntad del gobierno para resolverlo sino en acciones colectivas de toda la población.

Relacionado con la escolaridad se analizó si el nivel de conocimiento que obtuvo la gente se relacionaba de alguna forma con sus labores de cuidado ambiental y su disposición a participar, obteniéndose que solo se estableció relación significativa con 2 de los ítems. Aquellas personas que presentaron un porcentaje alto en cuanto a conocimiento ambiental hubieron colaborado alguna vez con asociaciones pro-ambientales y manifestaron el deseo de tener más influencia en las decisiones sobre sus recursos naturales. Es importante mencionar que la escolaridad y el conocimiento ambiental no presentaron correlación alguna, ya que se obtuvo un coeficiente de r de 0.99 y una significancia de 0.331 para este caso.

Por último la correlación de Pearson mostró vínculos entre el lugar de origen de la población y las acciones como separar la basura, ya que aquellas personas que no eran originarias del lugar mencionaron separarla con menor frecuencia, además de vincularse con menor regularidad con personas que llevaran a cabo labores de cuidado de áreas naturales.

6.3. Vacíos y deficiencias en el manejo de la microcuenca del Arroyo Peña Gorda

6.3.1 Manejo de la Zona sujeta a Conservación Ecológica “Sierra de Guadalupe”

La ZCESG tiene elaborado un Plan de Manejo el cual presenta algunos vacíos, deficiencias y contradicciones. Según los autores del proyecto, una parte fundamental del documento, la que corresponde al diagnóstico de la ZCESG fue realizada desde el enfoque de los *sistemas complejos*; sin embargo la descripción de los elementos se restringe únicamente a una clasificación parcial por componentes naturales particulares: suelo, vegetación, clima, relieve, geología, hidrología, etc., que se abordan de manera aislada sin poner de manifiesto el vínculo entre ellos ni otras propiedades del sistema. Todo ello sin mencionar que se encuentra carente del componente social, político y financiero de gran influencia en la zona, además de no incluir aspectos ecológicos como los servicios ambientales, los balances de energía y materia, etc. En este mal manejo del concepto de *sistemas complejos* destaca la clara ausencia de la descripción de los actores usan y se benefician de los

servicios ecosistémicos de la ZCESG y que forman parte del sistema y contribuyen a la estabilidad o inestabilidad de su balance, así como los procesos que se llevan a cabo en el ecosistema.

Aunque el Plan de Manejo ofrece una importante fuente de datos acerca de las propiedades y elementos de la ZCESG, se reconocen explícitamente algunos vacíos de información en el sentido de que es incompleta o es nula: estudios edafológicos, faunísticos, hidrológicos, dinámica de plagas, viabilidad turística, vocación del suelo, distribución y abundancia de las especies, y calidad de los servicios ecosistémicos. En esencia, el programa carece de transversalidad de las variables y de los resultados de su interacción.

Uno de los puntos más importantes a destacar es que dentro del diagnóstico de la ZCESG solo se reconoce a los tomadores de decisión y trabajadores (personal del ANP) como los únicos capaces de influir en el estado ecológico de la ZCESG, sin considerar a las comunidades como actores clave en el manejo del área protegida. No se tiene contemplada la participación de las comunidades, como actores clave en el manejo del área protegida. Estas grandes deficiencias en la gestión están justificadas argumentando que el manejo se realiza bajo los preceptos conservacionistas clásicos en México para ANP, donde la preservación del estado natural del ecosistema se contempla solo bajo la consideración de los elementos biológicos, descartando otros elementos de importancia como los sociales o económicos, factores claves para el éxito de cualquier sistema de gestión de recursos naturales.

La administración considera que las personas que viven dentro o cerca de la ZCESG son potencialmente dañinas para ella, dada su falta de cultura, conciencia y educación ambiental. El destino de los recursos naturales entendidos como capital natural al estar estrechamente ligado a las actitudes y creencias de la gente que los administra o se beneficia de ellos, marca la pauta del manejo holístico, debido a que éste señala que solo la administración conjunta de las personas informadas, en conjunto con autoridades asesoradas por expertos puede ofrecer una oportunidad de resultados exitosos (Savory, 2005).

A pesar de que en 2003 entró en vigor el proyecto de restauración ecológica en la ZCESG, actualmente es posible ver que muchas de las acciones planteadas no se ha concretado en su totalidad: aclareos y podas; recuperación del suelo; captación y retención del agua de lluvia; derribo y poda de árboles muertos, enfermos o parasitados; remoción de residuos sólidos y vigilancia. Destaca la escasa acción social, dado que se ha tenido poco interés en la identificación de las necesidades de la

población y habilitación de áreas de recreación, campañas de concientización, señalizaciones, y desarrollo de programas de participación social.

Aunque la zonificación del área incluye una zona dedicada al uso público y se encuentra construido un espacio destinado para la educación ambiental cuyo proyecto recibió el premio al mérito ecológico en 2007, ambos se encuentran en abandono. El descuido de estas zonas de uso público resulta en el nulo cumplimiento de sus objetivos que son: ofrecer espacios de recreación y generar una cultura del cuidado ambiental. En este sentido resulta contradictorio que se considere a la sociedad como un factor crítico en la degradación del paisaje, pero no se tomen las acciones pertinentes para resolver esta cuestión.

El tema jurisdiccional es otra de las deficiencias importantes en el plan de manejo de la ZCESG. La Sierra ocupa una amplia extensión territorial en el Norte de la Cd. de México y el oriente del Estado de México, compartida por varios municipios de esta entidad federativa. La fragmentación de la Sierra de Guadalupe bajo el decreto de diferentes administraciones (véase capítulo 1, subtema 1.8), ocasiona que las responsabilidades se releguen y se haga una gestión inadecuada por la desarticulación de políticas ambientales. Por ejemplo, en la parte que corresponde al Estado de México las reforestaciones se llevan a cabo de manera distinta y las actividades de educación ambiental son mucho más continuas y numerosas. Así cada entidad política lleva a cabo acciones de manera independiente, con desconocimiento total o parcial de lo que realizan otras demarcaciones, quedando infructuosos los esfuerzos de un buen manejo en este paisaje serrano periurbano. El resultado es que las buenas acciones se pierden al tiempo que se potencian otras malas actuaciones. La Sierra de Guadalupe no puede, ni debe, llevar a cabo acciones de restauración bajo diferentes administraciones, porque el sistema responderá a estas acciones de manera unificada como un *todo*. En ello radica la importancia de generar acuerdos que contribuyan a garantizar el éxito de las acciones de manejo y rehabilitación de todo el paisaje en escalas de trabajo más amplias.

6.3.2 Manejo del Agua

Una de las grandes fallas en la gestión del agua en el siglo 20 radica en la falta de comprensión de la relación entre el agua y los procesos ecológicos, así como de los vínculos entre los ecosistemas y el bienestar humano (Vidal-Abarca et al., 2014). Aunque el manejo integral de cuencas está basado en una serie de criterios que integran a los elementos naturales como sociales, la realidad es contraria y el recurso hídrico se maneja de una forma que dista de estos preceptos. Las estrategias y programas del manejo de cuencas se enfocan particularmente en la distribución y tratamiento del agua, sin

considerar los elementos físicos o biológicos de la cuenca y los procesos ecológicos que forman parte de la misma (Vidal-Abarca et al., 2014; Gutiérrez- Yurrita, 2014a).

El discurso político para la administración del agua se basa en el modelo obsoleto de la oferta y en la retórica demagógica que dice que todos deben tener agua para sus actividades sea agrícolas, industriales, recreativas o urbanísticas. Este discurso desgastado, atenta contra la democracia puesto que se ha sesgado hacia un interés populista y no precisamente social, cuando contrata deuda pública que pagan los ciudadanos que no utilizan los excesos de agua. En el afán de explorar el subsuelo a mayor profundidad, extraer agua subterránea, trasladar agua desde lejos, instalar plantas desalinizadoras, purificar agua para industrias contaminantes con sistemas antiguos de tecnología, o cualquier acción que haga accesible el agua a las actividades de un sector sin planificación en sus programas de desarrollo económico que argumenta necesitar el líquido para desarrollarse competitivamente, la sociedad paga el costo y obtiene a cambio agua de baja calidad, cauces riparios contaminados con vertidos tóxicos, y contaminación difusa en campos forestales o de vocación de conservación; pagar por limpiar los ríos, no es hacer justicia social, es practicar la demagogia (Torregosa, 2006).

En México la inversión pública y privada destinada para este manejo se dirige hacia la extracción de agua residual y pluvial y al suministro de agua potable. Esto resulta simplemente en una serie de infraestructuras como entubamientos, encauzamientos, túneles emisores, bombas, plantas de tratamiento y purificación bajo las premisas de un pensamiento lineal poco fundamentado. Cuauhtepec no es la excepción de este tipo de manejo, ya que solo en 2001 se tenía establecido un presupuesto para ampliar la infraestructura de tanques, plantas de bombeo y tratamiento de agua con el fin de retener, almacenar y regular el aprovechamiento del agua y mejorar los servicios de abastecimiento y extracción.

Las colonias Palmatitla, Cuauhtepec de Madero, Jorge Negrete, Unidad Habitacional Solidaridad, Zona Escolar, Residencial Acueducto, Acueducto de Guadalupe, Guadalupe Ticomán, La Purísima Ticomán, Santa María Ticomán la mayoría ubicadas en la zona de Cuauhtepec están catalogadas por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM) entre las colonias más vulnerables frente a las inundaciones en el D.F. en época de lluvias, el agua pluvial desciende desde la Sierra de Guadalupe y atenta contra la seguridad de las colonias que se encuentran habitando las laderas y las partes bajas de la cuenca.

Para evadir estas situaciones se planeó hacia 2011 un proyecto que consiste en introducir 6 km de drenaje desde la zona Norte para evitar las inundaciones y conducir el agua hacia drenaje profundo (Emisor central y emisor oriente). Este plan también incluye la optimización del funcionamiento del Vaso Regulador de Cuauhtepic, con labores de desazolve y mantenimiento para incrementar su capacidad de acumular agua, asimismo incluye la limpieza de cauces y renivelación de puentes peatonales para incrementar la capacidad de transporte de agua, así como incluir colectores que lleven el agua al Río de los Remedios.

Este manejo aislado y simplista, que además no ha sido concluido, se ve reflejado en los problemas actuales de contaminación de los afluentes que escurren por Cuauhtepic y llegan al Río de los Remedios, así como problemas de escases e inundaciones que continúan aquejando a la población, sin mencionar las alteraciones en la estructura y función de los ecosistemas. En la ausencia de un apropiado manejo del agua los conflictos al interior de las poblaciones se presentan frecuentemente debido a la competencia por el recurso y el mal estado de este, así como por la discordancia entre mandatarios y otras agencias involucradas en su uso y aprovechamiento (Dungumaro y Madulu, 2003; INE, 2010).

En Cuauhtepic como en la delegación la participación social no ha funcionado ni se ha incorporado de manera efectiva para una gestión exitosa debido a que, entre otras cosas, la sociedad aún concibe a los ecosistemas acuáticos como reservorios de agua más que como capital natural que nos puede proporcionar medios para generar riqueza y desarrollo. Si bien el discurso de las autoridades federales – y estatales – está fuertemente impregnado de imágenes de participación y democratización como se muestra en el Informe de Rendición de Cuentas 2012, del Programa Nacional de microcuencas (SAGARPA, 2007), su concepción y prácticas, sigue siendo administrativa, política y vertical, ya que promueve un tipo de participación formal sin capacidad de decisión (Marañón, 2010), y no existe un canal explícito para propiciar la participación ciudadana (Acosta, 2013).

Esto es debido a que la participación para el manejo de cuencas es legítima cuando la sociedad organizada elige a representantes vocales que llevan las demandas hasta el consejo de cuenca de donde emanan las decisiones de reparto de agua. El problema radica en que el consejo está presidido por los gobernadores estatales y funcionarios públicos de instituciones como SAGARPA y SEMARNAT, con lo que la opinión de las comunidades queda oculta bajo los intereses políticos o es totalmente anulada. Una escala de gobierno menor facilitaría el desarrollo de instrumentos participativos, ya que es sabido que una interacción más cercana que promueva la proximidad de los

temas ambientales a los ciudadanos provoca una mayor disposición por su parte a implicarse y participar (Gutiérrez-Yurrita, 2009).

El manejo de integral de cuencas no ha tenido resultados favorables y satisfactorios en esta área debido a que no han sido consideradas las causas sociales y ecológicas que conciernen a todo el sistema, entre ellas la pobreza, la falta de educación y otras carencias sociales, así como la temporalidad de las corrientes y demás implicaciones biogeofísicas (Gutiérrez- Yurrita, 2014).

6.3.3 Acciones ambientales urbanas

En materia de medio ambiente todos los planes y programas son desarrollados y evaluados a nivel delegacional, por lo que los datos se presentan en esta escala. Son pocos los informes que exponen objetivos, presupuestos y logros a nivel de colonias. En este sentido, la microcuenca del APG está sujeta a los planes y programas que para la DGAM tienen efecto. La delegación tiene la obligación de llevar a cabo acciones que se encuentren en concordancia con los objetivos de desarrollo del país, con el Plan Verde que rige las acciones pro-ambientales en el DF, y por supuesto, con el manejo integral de cuencas y ANP. Incluso debe generar acciones encaminadas por el Plan Estatal de Cambio Climático (PECC), como se establece en la normatividad federal.

El Plan Delegacional de Desarrollo Urbano (2013-2015) plantea como uno de sus ejes rectores de acción el desarrollo sustentable, que tiene por objeto implementar acciones dirigidas a mejorar el ordenamiento y desarrollo urbano y a conservar y proteger el medio ambiente, así como proporcionar una mayor y mejor cobertura de servicios públicos, vialidades y áreas para la recreación. Asimismo se plantea una línea estratégica particular para los recursos naturales y el medio ambiente donde se establecen 5 acciones específicas:

1. Difundir los programas y estrategias relacionadas con la protección y preservación de los recursos naturales para mantener el equilibrio ecológico y la protección al ambiente, en coordinación con los gobiernos Estatal y Federal.
2. Proporcionar servicios de limpieza a las vías y espacios públicos, así como la recolección de basura en las comunidades.
3. Promover una educación y una cultura que propicie conciencia ambiental en la ciudadanía, a través de la instrumentación y difusión de programas de educación ambiental.

4. Implementar acciones para la construcción, rehabilitación y ampliación de obras o edificaciones, así como la instalación del equipo, accesorios y muebles necesarios para promover y fomentar la protección del medio ambiente.
5. Promover acciones y programas de gobierno para el desarrollo ecológico sustentable.

Por su parte los resultados del “Programa estratégico para el cumplimiento ambiental y desarrollo sustentable en las delegaciones del Distrito federal 2009-2012”, publicados en un comunicado de prensa de la DGAM indicaron que *en lo relativo a Transparencia en materia de medio ambiente, la Delegación Gustavo A. Madero garantiza a la ciudadanía el derecho a la información y su acceso a la información ambiental e información sobre residuos sólidos. De igual forma, la GAM es transparente en cuanto a acciones incluidas en el Plan Verde.* Garantías que han quedado solo plasmadas en el papel, dado que no se han traducido en acciones concretas de trabajo en lo que se refiere a la zona de Cuauhtémoc.

Del mismo modo en lo referente a financiamiento, se expuso que esta delegación forja sus presupuestos considerando las peculiaridades ambientales y, lleva a cabo estudios de impacto ambiental y aplica políticas para reducir este impacto. Otro de los rubros en el cual la Delegación Gustavo A. Madero obtuvo buenos resultados fue en Educación Ambiental y Comunicación Social, gracias al desarrollo de programas y estrategias que promueven la participación comunitaria, social y privada, logros que poco se han visto en el terreno de lo real (Acosta, 2013)

El diagnóstico estratégico también señala que la Delegación Gustavo A. Madero aún tiene un largo camino por recorrer en cuanto a medio ambiente y desarrollo sustentable, por lo cual se mostraron 20 propuestas concretas aplicables en la demarcación. Algunas de ellas son la realización de un estudio de factibilidad para implementar sistemas de energía solar en el alumbrado público y la elaboración de un catálogo de compras verdes (productos fabricados con materiales reciclados o de menor impacto ambiental) como base para las adquisiciones, licitaciones públicas o contratos de servicios. En el mismo documento se tocan puntos como la implementación de contenidos ambientales en las escuelas (en conjunto con las secretarías correspondientes), así como la propuesta de realizar reuniones periódicas con autoridades de otras entidades, organismos nacionales e internacionales, instituciones educativas y centros de investigación para efectuar nuevos programas en materia ambiental.

Los habitantes de Cuauhtémoc, aún siguen a la espera del cumplimiento de estos puntos de buenas acciones impulsadas por la GAM, como se desprende de los resultados de las encuestas que se

realizaron en este estudio y en el trabajo de Acosta (2013). Los ciudadanos consideran que no existen suficientes espacios públicos para la recreación y las áreas verdes se encuentran en mal estado. Aunado a ello, en fechas recientes existe una tendencia a restaurar y remodelar camellones y jardineras reemplazando buena parte del área verde por cemento. Asimismo, la responsabilidad de la delegación en conjunto con el IPN de mantener activo y en funcionamiento el centro de educación ambiental aún permanece sin atención. El cumplimiento efectivo de las normas, planes y programas que trazan el camino a seguir en las diferentes gestiones no siempre se reflejan en la cotidianidad.

CAPÍTULO 7

DISCUSIÓN

Los problemas que se identificaron en el diagnóstico ecológico corresponden a la distribución agrupada de los organismos vegetales, alta presencia de Eucalipto, bajos índices de diversidad, efectos de borde y la baja calidad del agua en los escurrimientos. En cuanto a la vegetación Vázquez *et al.*, 1999, presentan una guía de árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación en México, entre los que no figura el Eucalipto, pero sí otras 9 especies de la región que ya han sido utilizadas en la ZCESG: *Prosopis juliflora*, *Schinus molle*, *Pinus cembroides*, *Bursera simaruba*, *Cupressus lindleyi*, *Crataegus pubescens*, *Quercus rugosa*, *Juniperus deppeana* y *Acacia farnesiana*.

Los trabajos de revegetación con especies exóticas, como el eucalipto, son comunes en los llamados “programas de restauración ecológica” desde hace poco más de un siglo, más específicamente al Norte y oriente del D. F. Este tipo de especies son seleccionadas por su rápido crecimiento, requerir poco riego, necesitar poco suelo y tolerar suelos ácidos, poco fértiles y en algunos casos, presentar resistencia al fuego (*Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus camaldulensis*, *Casuarina equisetifolia*) (Morlán, 2005). El concepto de restauración ecológica para los ingenieros Miguel Á. de Quevedo y Loreto Fabela llevaron a creer que se debía y se podía restaurar un ecosistema con cualquier tipo de árboles, tomando muy poco en cuenta otros factores ambientales como el suelo que se generaría y la competencia vegetal por recursos como agua y luz (Hinke, 2000). Su intención de crear un cinturón verde en la ciudad hace aproximadamente 100 años fue buena y digna de celebrarse, sin embargo sus vagos conocimientos de ecología fueron insuficientes para lograr los objetivos. Actualmente podemos decir que las plantaciones de árboles como el Eucalipto y la Casuarina en la ZCESG, han sido eso, plantaciones que producen daños a los ecosistemas nativos y no programas de restauración ecológica en un sentido asertivo.

El uso de casuarina y principalmente de eucalipto para restaurar ecosistemas ha sido muy criticado porque se afirma que causan efectos adversos como el empobrecimiento de suelos que estimula la erosión, el desecamiento de los acuíferos, y por brindar un hábitat relativamente pobre para la vida silvestre y favorecer la presencia de plagas. No obstante muchas de estas controversias pueden aplicarse también a otros tipos de plantaciones en forma de monocultivos (Poore y Fries, 1987),

De acuerdo con Poore y Fries (1987) frecuentemente otra razón de los fracasos en este tipo de “restauraciones” además de la mala selección de las especies ocurre por no considerar todos los

factores del paisaje que influyen en el desarrollo de las estas: las especies presentes, el tipo de suelo, la pendiente, la conformación de las comunidades locales, etc., por lo que la culpa del fracaso en las plantaciones de Eucalipto recae a menudo también en las malas prácticas forestales más que en las características de la especie *per se*. Por ello se reconoce que al usar este tipo de especies es necesario conocer el ecosistema en funcionamiento ya que su impacto depende de muchos factores. Es preferible utilizar especies nativas o recomendadas y en caso de usarse especies exóticas no realizar este tipo de plantaciones sin una evaluación cuidadosa y sensata de las consecuencias.

Además del recambio de las especies, es importante realizar las acciones de reforestación adecuadamente con espacios apropiados entre individuos (diseño de plantación), en zonas y temporadas que garanticen el suministro hídrico necesario para la supervivencia, implementando el uso de abonos o composta durante la reforestación, retirando las bolsas plásticas para permitir el enraizamiento, y estableciendo protección contra animales todo esto con el fin de garantizar la incorporación y la ulterior sobrevivencia. El objetivo central de una revegetación es incrementar el número de efectivos de una población clave para el funcionamiento de un ecosistema, la cual conformará de nuevo la estructura natural de la región y propiciará que los procesos evolutivos se mantengan como se venían dando de forma natural, con sus respectivas variaciones.

El estado de la vegetación en un paisaje tiene efecto sobre toda la hidrología de la microcuenca, por lo que mejorar las condiciones de la vegetación y utilizar especies adecuadas y variadas contribuye a la disminución de los niveles de evaporación generando un clima más agradable. Además el uso de las especies recomendadas para la restauración permite aprovechar el potencial de filtración de agua de la ZCESG que disminuiría el arrastre de sedimentos reduciendo así el azolve de la Laguna de Cuauhtepac mejorando la calidad del agua y menguando el desarrollo de plagas y especies tolerantes que desplazan a las nativas. Asimismo los cuerpos de agua que solían ser perenes se recuperarán en el largo plazo dando lugar al establecimiento de un nuevo balance hídrico favorable que mantenga la humedad en el sistema por periodos largos de tiempo.

Establecer este tipo de mejoras en la vegetación y llevar a cabo las acciones correspondientes al plan de manejo como son los aclareos y podas, remoción de residuos sólidos, o el establecimiento de un sistema de monitoreo y vigilancia, en conjunto con la inclusión de las acciones pro-ambientales de la sociedad ayuda en el mantenimiento de las funciones del ecosistema para mejorar la calidad de vida toda vez que se incrementa la capacidad de la ZCESG para generar bienes y servicios ambientales.

En cuanto al estado del agua, es posible advertir que bajo este escenario es precisamente en el agua donde confluyen los efectos positivos de un buen manejo de la vegetación. Sin embargo, estos esfuerzos serán insuficientes mientras el manejo del agua no se adapte a las normas en materia de calidad y se continúen arrojando residuos sólidos a lo largo de todos los cauces. La descarga de agua residual y la presencia de basura, son el común denominador a lo largo del Arroyo Peña Gorda, y son factores que desencadenan conflictos y afectaciones a la salud, convirtiéndose en un problema de implicaciones sociales. La regularización de los desagües domésticos y su respectivo tratamiento antes de ser vertidos directamente al cauce debe ser un elemento prioritario en el interés por cumplir con los objetivos de desarrollo y bienestar de la población.

El paisaje requerido para sustentar el máximo flujo de energía y materia debe planearse pensando en reducir las fuentes de contaminación, mantener el balance del agua y los minerales, y las comunidades bióticas saludables tanto por encima como por debajo del suelo. Así mismo la gestión debe realizarse a través de acciones dirigidas a atacar las causas de los problemas en lugar de resolver solamente los síntomas. Las problemáticas descritas y otras como son la alta presencia de basura, asentamientos irregulares, y la falta de áreas verdes en Cuauhtepic son algunas de las consecuencias de una serie de interacciones entre usuarios, tomadores de decisiones y procesos naturales. El aislamiento en la gestión de los recursos naturales de la microcuenca del Arroyo Peña Gorda resulta a menudo en la contradicción de algunas metas y objetivos del manejo, e incluso entra en contradicción con la visión de gestión integral del territorio, y suele significar el sacrificio de objetivos como el desarrollo social. Además la forma de manejo de los recursos en el área de estudio no apunta a la raíz del problema o al eslabón más débil de la gestión y al parecer, tampoco nos asegura el sostenimiento o mejora de la calidad de vida, el ingreso económico y la conservación de los recursos naturales (Cram et al., 2008). Una buena comprensión de los procesos que ocurren en la microcuenca del APG permitiría que los tomadores de decisión en materia de gestión reduzcan las incertidumbres asociadas a las diferentes fuerzas que pueden afectar el balance ecosistémico y crear las condiciones que permitan el auto-sostenimiento de los procesos dinámicos del sistema socio-ecológico que se pretende recuperar o conservar.

Las causas del mal estado de la microcuenca APG radican en el mal manejo de la compleja naturaleza de las regiones periurbanas, donde la planificación y la gestión eficientes de los recursos naturales no se pueden lograr simplemente por la extrapolación de herramientas de gestión usadas para las regiones rurales y urbanas, como se ha hecho en esta microcuenca. El enfoque holístico es difícil de alcanzar en la práctica debido a que los sistemas de gobernanza y los instrumentos de gestión de los territorios

no están contruidos bajo este enfoque, más aún están sustentados en pensamientos lineales muy arraigados.

En términos de política ambiental y gobernanza destaca la falta de información, la poca educación en temas ambientales y la carencia de un modelo de participación y consulta ciudadana confiable, eficiente y duradero que permita a la población hacer un ejercicio individual de los derechos y la democracia en la gestión de los recursos naturales de Cuauhtepc. Todas ellas acciones previstas en la gestión del Gobierno del Distrito Federal.

Los obstáculos a vencer para una gestión eficaz del paisaje periurbano provienen de mucho tiempo atrás (FAO, 2007; Martínez, 2012; Acosta *et al.*, 2015) pero no deben dejar de mencionarse:

- Falta de voluntad para implementar políticas basadas en principios ambientales
- Permanencia de instituciones y cargos con roles obsoletos
- Actores locales organizados sólo sectorialmente
- Escasa participación en la toma de decisiones por la ausencia de canales y desmotivación dada por la falta de confianza en la autoridad
- Intervenciones de usuarios y actores externos que alteran los planes locales y regionales.

Estos vacíos gubernamentales tienen su origen, a su vez, en problemas sociales mayores que atañen a la corrupción y la impunidad que impiden el logro de los objetivos planteados en los planes de desarrollo y gestión del territorio, así como la falta de voluntad política.

Los resultados también revelaron que si bien la mayoría de las personas conocen la problemática ambiental manifiestan una conducta apática y pasiva frente a ella. La disparidad fue comprobada con las observaciones de tiraderos clandestinos, la experiencia de descubrir gente en el acto de arrojar basura durante las visitas al área de estudio y situaciones como la presentada en 2006 cuando algunas iniciativas realizadas con la finalidad de impulsar un programa de educación ambiental fracasaron ya que no se logró convocar la cantidad de público que se esperaba (Alcérreca *et al.*, 2009).

Estas situaciones dejan entrever que las personas tienen cierta intuición sobre lo que “deben” hacer para apoyar actividades pro-ambientales, sin embargo solo cuando la gente local se percate de que la incongruencia entre lo que hacen y lo que deberían hacer da por resultado que los objetivos de inclusión social que se plantean se vean malogrados, es posible que se convengan de cambiar su actitud. Es importante señalar que un elemento importante a considerar si se desea revertir esta nula relación entre la disposición a participar y las labores de cuidado ambiental es incrementar el acceso

a la información ambiental y mostrar indicadores de la delincuencia, corrupción local, seguridad civil para que las personas puedan adquirir conciencia de la relevancia del buen manejo de un entorno periurbano. Todas estas acciones representan un agravio recurrente para gran parte de la clase política mexicana, quienes concentran esfuerzos en metas e intereses particulares, desarrollan acciones populistas en lugar de ofrecer programas de inclusión social con carácter integrador.

Estos resultados son comparables con los generados por Granadillo y García (2010) y los de Perdomo (2007) quienes observan similitudes en el comportamiento de los ciudadanos en cuanto a la apatía para dar solución a las diversas problemáticas, la falta de inclusión de la problemática ambiental en la cotidianeidad comunitaria y la espera por el quehacer del otro en la solución de los problemas, tal como se encontró en el caso de Cuautepec. La frase “*La culpa de lo que sucede la tienen los otros*” es usual sobre todo en zonas rurales y periurbanas cuando se trata de deterioro ambiental, o cuando se presenta un evento catastrófico ambiental que desencadena otro tipo de problemas de índole económico o que rompen con la estabilidad de una comunidad (Gutiérrez *et al.*, 2015)

Los resultados encontrados en este trabajo corresponden en muchos aspectos con lo encontrado por Acosta (2013) en Joya de Nieves (nombre por el que se conoce al centro de educación ambiental de la ZCESG) cuando se estudió la disposición participar de la comunidad en la conservación de dicha parte de la ZCESG y al igual que con los trabajos menos recientes de Berenger y col. (2002) con muestras representativas de diversos países para evaluar actitudes ambientales son congruentes con los resultados obtenidos. En estos se comprueba que el nivel de preocupación ambiental de las personas y el conocimiento que tienen de las cuestiones ambientales están íntimamente relacionados, no se puede cuidar lo que no se conoce, mientras más conocimiento del medio natural posea la sociedad mayores serán las acciones colectivas o individuales para mejorar la calidad del paisaje que los engloba. Los mismos autores plantean que la problemática ya no debe centrarse en la difusión del problema *per se*, sino en comprender la dimensión humana de esta sensibilidad social compleja que influye en la formación y el mantenimiento de las conductas ambientales. Acciones que redundarán en beneficios directos a la salud, la seguridad civil y la calidad de vida en general.

En la microcuenca del Arroyo Peña Gorda, buena parte de la falta de participación se centra en la ausencia de educación, conocimiento y sensibilización ambiental de la sociedad, no obstante, desde la perspectiva sistémica y compleja del ambiente la carencia de interés por participar en programas ambientales es multicausal (Sepúlveda 2009). Revertir el patrón de la poca frecuencia con que las personas realizan labores de cuidado ambiental requiere de comprender de fondo esta actitud que origina que la sociedad funja como agente modificador negativo del paisaje. La dificultad de entender

esta falta de participación yace en la insuficiencia de explicarla como una relación lineal entre la actitud, como director invariable, y la conducta ambiental como consecuencia lógica. Es menester comprender a fondo las causas clave en la actitud que origina que la sociedad funja como agente modificador pasivo (a veces negativo) del paisaje, localizar y evaluar las fuentes que causan la incompatibilidad entre la disposición a efectuar cierto comportamiento y la conducta ambiental real de los individuos como son: la ética y la moral, la falta de promoción del cuidado ambiental, la calidad de la educación, ocupaciones, ingresos, empleo, conductas cotidianas, cobertura de las necesidades básicas de bienestar y acceso a la información (Berenger et al., 2002). Sólo de este modo se podrán implementar modelos de gestión verdaderamente eficaces lejos de visiones que sólo contemplen la expresión última del comportamiento ambiental.

Entre las fuentes de incongruencia que se detectaron está el escaso contacto de la población habitante de Cuauhtepic con la ZCESG u otras áreas verdes, situación que deroga el sentido de pertenencia y el conocimiento de las características de este sitio, y que es coincidente con lo expuesto por Alcérreca en 2009 en su estudio de Joya de Nieves. El distanciamiento con el área natural se ve reflejado en que la mayoría de las personas desconocen que los cerros que rodean a Cuauhtepic llevan el nombre de Sierra de Guadalupe y son un área natural protegida, al mismo tiempo que desconocen la importancia de sus servicios ambientales. La escasa relación que establecen los habitantes de Cuauhtepic con su medio ambiental se demuestra en el resto de los resultados obtenidos de las encuestas, independientemente de la escolaridad, el origen y la ocupación del entrevistado.

Cabe suponer que por la condición de Cuauhtepic como pueblo originario re-colonizado por personas provenientes de otros sitios que llegan en busca de mejor nivel de vida y oportunidades de desarrollo, la homogeneidad de las respuestas es consecuencia de similares patrones de ocupación. En Cuauhtepic la situación se torna un poco más complicada por la existencia de más de una generación de emigrados que conviven, por lo que puede decirse que se instauró una cohorte de personas “*nativas de Cuauhtepic*” que mezclan la visión de sus padres con su percepción personal del mismo paisaje, esta última construida por sus vivencias locales, desembocando en lo que se denominaría un “*paisaje vivido*” (Acosta et al., 2015).

Otra de las causas de incompatibilidad que se encontraron fue el bajo nivel educativo de las personas (sólo poseen nivel básico completo o trunco), que es uno de los elementos importantes a considerar, porque representa un impedimento para la conservación del ambiente y el desarrollo en general, ya que es sabido que la educación formal constituye un proceso esencial para la formación de ciudadanos activos y participativos en sus entornos (Covas, 2005; Martínez y García, 2008).

Aunque la diferencia en la percepción del paisaje y el ánimo de actuar activamente para mejorar la calidad del paisaje entre niveles de escolaridad no fue significativa, sí se logra ver una tendencia a que a mayor escolaridad mayor preocupación ambiental y disposición a tener conductas sustentables, y denota que al tener mayor grado escolar existe mayor grado de conciencia por cuidar el entorno en que se vive. La educación formal constituye un proceso esencial para la formación de ciudadanos activos y participativos en sus entornos (Covas, 2005; Martínez y García, 2008). Alcérreca y col. (2009) declaran que el apego al lugar permite que la percepción del área natural protegida cambie de espacio ocioso y ajeno a espacio apropiado por el ciudadano; si la comunidad puede participar, no solo como visitante sino como parte activa de la gestión, previa capacitación, se propicia una cultura de la vivencia, la convivencia y la participación que modifican la apreciación para y generan una nueva construcción social del espacio público y la sustentabilidad.

Incrementar la educación, la convivencia con el ecosistema natural y con ella el conocimiento ambiental, la concientización y las oportunidades de desarrollo aminora las causas de la degradación como los asentamientos irregulares, el incremento de la densidad poblacional, los incendios provocados, la deforestación, y los tiraderos clandestinos de basura (Real-Ferrer, 2013). La inversión en la recuperación y reactivación del centro de educación construido para esta finalidad tendrá efectos positivos en el cumplimiento de este objetivo y en el bienestar a futuro. Si la disposición a participar se vuelve congruente con labores pro-ambientales de los habitantes de Cuauhtepic, puede incluso comenzarse un nuevo ciclo de educación ambiental desarrollándose talleres de revegetación, cuidar las plantas recientemente sembradas, realizar actividades colectivas de recogida de residuos urbanos tanto en la ZCESG como el cauce del APG y otras labores con las que los ciudadanos dicen estar dispuestos a colaborar. Estos hallazgos coinciden con lo manifestado por autores como Granadillo y García (2010) que concluyen que los problemas socioambientales tienen su origen en la inexistencia de una adecuada educación ambiental y la escasa participación de los habitantes para darle solución a las diversas problemáticas.

Durante el desarrollo del trabajo fue alentador encontrar algunas personas proclives a tener conductas proambientales, alentando aires de esperanza en la conservación de la ZCESG. En este sentido cabe señalar que algunos pocos de los encuestados que han tenido la oportunidad de recorrer senderos por el ANP tienen una concepción diferente al resto, considerándola un lugar de belleza y paz que invita a la contemplación y al descanso. Este reducido grupo de personas pueden convertirse en agentes de cambio y contagiar a otros vecinos de que adoptar conductas ambientales es beneficioso para todos.

Otra de estas fuentes que originan incongruencia es el problema de la delincuencia y la drogadicción situaciones que se agravan en Cuauhtépec por la ausencia de espacios públicos para la recreación, la cultura y otras alternativas sanas de esparcimiento (Alcérreca *et al.*, 2009). El periódico “El Universal” (López, 2013) reporta que la zona de Cuauhtépec se ha convertido en la tercera con mayor índice delictivo en el DF, las calles empinadas y angostas, la ausencia de sistema policiaco efectivo hacen que los robos, los homicidios y la impunidad se presenten cotidianamente. La inseguridad se presenta en la zona urbana de manera alarmante. Esta condición ha llevado a los habitantes a vivir en un estado de inseguridad tanto en las calles como en la ZCESG que también representa un lugar ideal para llevar a cabo actor delictivos y determina en buena medida su falta de disposición a conocerla e incluirse en lo sucesivo como agentes de mejora.

Granadillo y García (2010) en un estudio hecho en la comunidad de Sainó en Venezuela coinciden en que añadir servicios y prestaciones a las comunidades significa incrementar su competencia y fuerza en la toma de decisiones. Dentro de sus hallazgos manifiestan que los habitantes de Sainó persiguen en primera instancia satisfacer sus necesidades básicas antes de realizar otras actividades, como por ejemplo la preservación ambiental, tal como se manifiesta en el caso de Cuauhtépec. Bajo éste fatídico escenario problemas como la delincuencia, el desempleo y la pobreza toman un papel prioritario y menguan la exigencia de los derechos por parte de los ciudadanos a la educación, la información y la consulta (Acosta, 2013). Prueba de ello es que los problemas sociales que se consideran de principal interés para la población son precisamente aquellos que conciernen a cuestiones sociales como la inseguridad y aquellas que tienen que ver con la falta de servicios públicos que no cubren sus necesidades básicas (escasez de agua y luz, vialidades, transportes, luminarias, espacios públicos), no figurando el problema de la degradación ambiental como un factor que demerite su calidad de vida (Acosta *et al.*, 2015). Este fenómeno tiene una explicación social bajo la teoría de la pirámide de Maslow (1954) que indica que el ser humano tiende a satisfacer de inicio sus necesidades primarias, antes de buscar las de más alto nivel. Es decir, una persona no buscará evitar las consecuencias de la degradación ambiental si no tiene cubiertas sus necesidades fisiológicas, provisión de servicios públicos, seguridad, entre otras (Granadillo, 2010).

Si el marco institucional es insuficiente o no se aplica, el individuo no tiene incentivos para expresar conductas favorables hacia el medio ambiente y aprovechará las ventajas de irresponsabilidad que le da ese marco (Solórzano, 2002). Esta falta de comunicación entre la autoridad y la ciudadanía conduce, según el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, firmado por México desde 1966, a un sistema de gobierno muy alejado del que se ha propuesto en tratados

internacionales sobre derechos humanos; derechos que están por demás consagrados en la Constitución y garantizados por su legislación reglamentaria y secundaria. El resultado de este distanciamiento origina una amplia y arraigada carencia de la conciencia sobre los problemas ambientales y sus soluciones, lo que tiene efecto en la forma de vida de las personas y se ve expresado en las respuestas y actitudes de estas hacia el medio ambiente con el que conviven y que de manera silenciosa a veces perjudica importantemente su salud (EIRD, 2004; Rebollar *et al.*, 2014).

La gestión holística tiene varios ejes que la soportan, los cuales están imbricados unos con otros para formar el *todo* y el eje de la seguridad humana es uno de los que tiene que mejorarse indiscutiblemente, tanto por la conservación ecológica como por el derecho fundamental de las personas a un ambiente sano (Pelález-Gálvez *et al.*, 2015). Es permitido decir que al resolver problemas como la delincuencia, los niveles de pobreza, desigualdad social, calidad de la educación, el desempleo y la falta de vivienda se tendrán efectos positivos en la conservación de la ZCESG, al rescatarse los valores culturales y religiosos del lugar como espacio de goce y desarrollo personal que promueven el conocimiento, la sensibilización y la concientización y esto tendrá eventuales consecuencias en mejorar también la calidad del agua de los escurrimientos superficiales.

Aún con el escenario social preparado para el cambio y la sucesiva adopción de una gestión holística es necesario trabajar mucho más en la construcción de una gobernanza ambiental eficiente, dado que la administración pública es lenta en cuanto a cambios se refiere sobre todo cuando se trata de aplicar un modelo de gobierno incluyente. Transitar hacia el camino de la gobernanza no se trata de desplazar al gobierno de sus responsabilidades como rector del desarrollo, sino más bien de crear dinámicas de colaboración y mutua responsabilidad dirigidas a construir una sociedad más justa y equitativa.

Es fundamental identificar y fomentar la interacción entre los actores involucrados dentro de los paisajes, y construir una relación que permita elaborar estrategias que permitan preservar a largo plazo los paisajes conectados en red. En la microcuenca del APG podemos ver que existe una falta de vinculación y comunicación entre los actores involucrados en la gestión de los recursos naturales de la microcuenca del APG: la sociedad, los gobernantes y la comunidad científica. Si consideramos a cada uno de los grupos de actores y los elementos biofísicos como “*todos*” por sí mismos que a su vez se interrelacionan entre sí, tener diferentes concepciones del paisaje y diferentes facultades y herramientas para modificarlo, vuelve inoperante la construcción de acuerdos y acciones sinérgicas que redunden en mejoras dentro del “*todo mayor*” al que pertenecen. En la imagen 28 se muestra un diagrama de flujo que representa la síntesis del papel que desempeña cada actor en la conservación del paisaje, y su percepción del medio ambiental

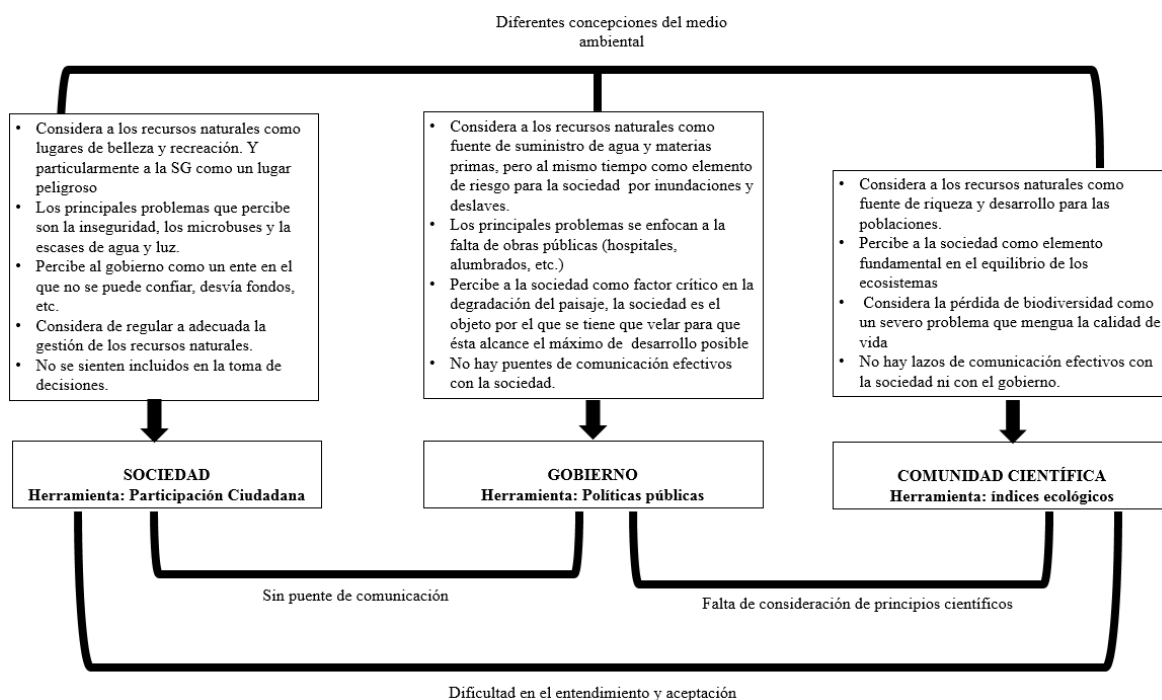


Imagen 28. Percepciones del medio ambiental. Actores involucrados en el manejo de recursos de la microcuenca del APG
(Elaboración propia)

Podemos apreciar que la sociedad se desenvuelve dentro de una realidad ajena a lo que puede percibirse desde otras esferas, es decir, erigen un paisaje vivido que no es necesariamente igual al paisaje que conciben el resto de los actores sociales. El paisaje es dependiente de la cultura, las creencias, y los valores sociales de cada lugar y de cada persona y es incluso diferente de lo que la misma sociedad puede aspirar a tener, el paisaje deseado. Esta serie de características definen el modo en que la sociedad se desenvuelve con su medio y contribuyen a determinar la dirección hacia donde se dirigirán los estados de balance a lo largo del tiempo, el ritmo y los tipos de transformaciones que el paisaje desarrollará.

Los esquemas y planes de gestión pueden ser pensados y respaldados por comités científicos, pero permanecerán en el papel si las autoridades, en cuya responsabilidad recae impulsar su desarrollo y cumplimiento, no se involucran de manera activa. Del mismo modo el manejo holístico requiere del involucramiento de la sociedad (incluidos los activistas) como efectiva tomadora de decisiones y propulsora de iniciativas, a fin de lograr alcanzar el punto crítico a partir del cual puede realizarse un cambio real en el *todo*, es decir, el nivel desde el cual puede darse una nueva auto-organización y adaptación del sistema. ¿Cómo pueden entonces compaginarse?, ¿cómo son o deben ser los canales de comunicación entre actores? y ¿cómo generar que los actores tengan un punto de encuentro?

El modelo DPSIR (por sus siglas en inglés Driver-Pressure-State-Impact-Response)¹² permite dilucidar precisamente las relaciones de causalidad entre cada uno de los sistemas sociales, económicos y ambientales, y se ha aplicado ampliamente para analizar los procesos de interacción de los sistemas ambientales humanos dada su capacidad de representar de manera sencilla los sistemas humano-ambientales complejos, cualitativamente describir sus interrelaciones y ayudar en la elaboración de políticas (Pinto *et al.*, 2013; Kandziora *et al.*, 2013; Hou *et al.*, 2014). En este caso lo hemos usado como herramienta final solamente para advertir de manera más clara y esquemática los drivers, presiones, estados, impactos y respuestas de la microcuenca del APG y se presentan en la imagen 29.

¹² Drivers: desarrollos demográficos y económicos de las sociedades y los correspondientes cambios en el estilo de vida, los niveles generales de consumo y producción. Presiones: la liberación de sustancias, agentes físicos y biológicos, el uso de los recursos y el uso de la tierra por las actividades humanas. Estado: Estado del medio natural (estructura y función) índices físicos, biológicos y químicos. Impacto: impactos en el suministro de bienes y servicios del ecosistema y el sistema socioeconómico. Respuesta: Las acciones llevadas a cabo por la sociedad y los gobiernos para minimizar los impactos negativos sobre el medio ambiente y alimentar de nuevo a los drivers que influyen en la re-organización del sistema (Hou *et al.*, 2014).

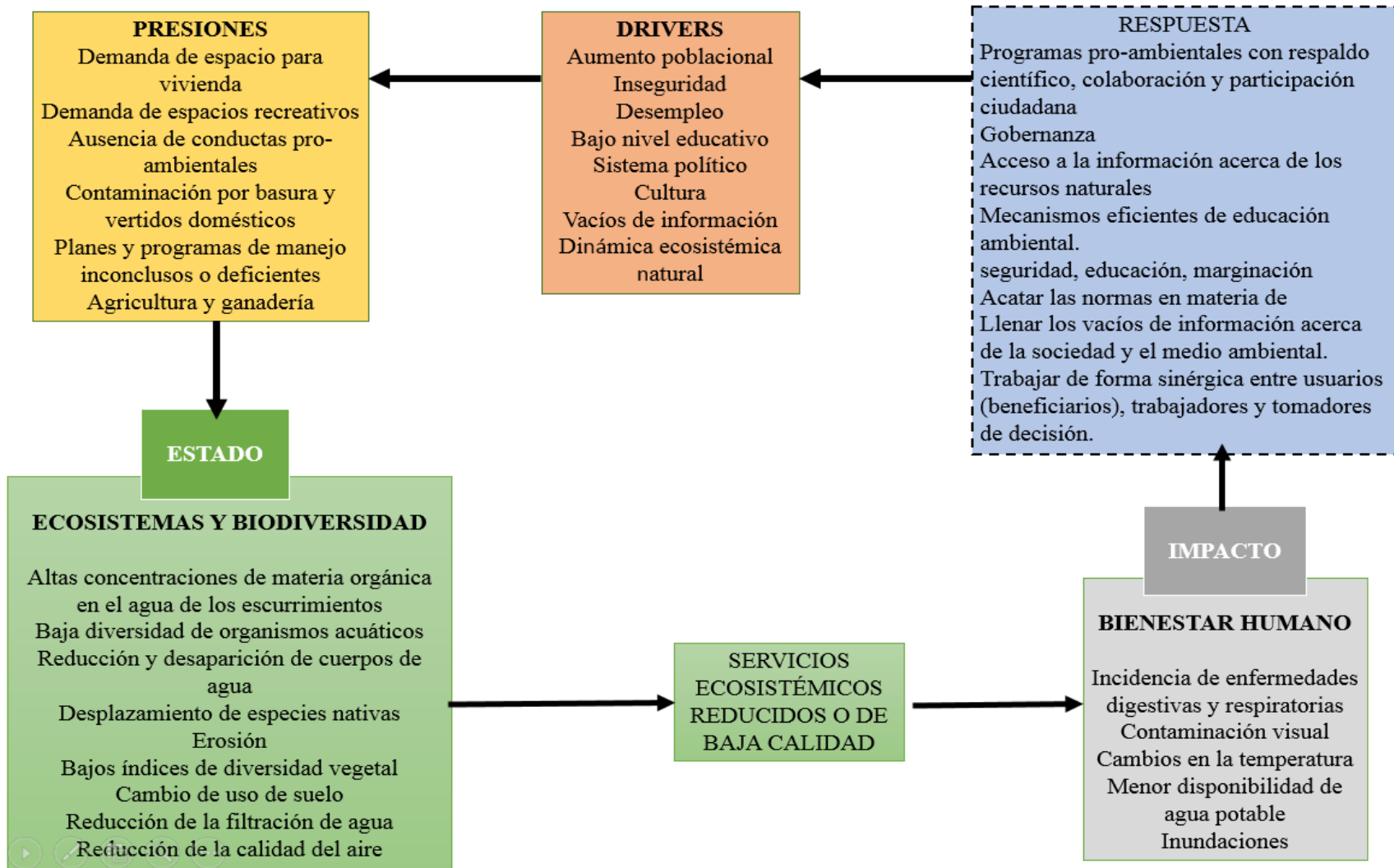


Imagen 29. Modelo DPSIR para el caso de estudio de la microcuenca del APG
(Elaboración propia)

Si analizamos el modelo veremos que la cualidad de Re-organización y adaptación, propia del enfoque holístico, ofrece la oportunidad de enmendar algunos errores y dirigir acciones por medio de la respuesta al menos hacia las causas antropogénicas que subyacen a los problemas medio ambientales, ya que la respuesta es la que tiene efecto directo en la modificación de los conductores o drivers, aunque la causalidad intrínseca del sistema prevalecerá. En este sentido el holismo proyecta una posibilidad de establecer el vínculo necesario y los mecanismos para que los actores involucrados puedan lograr la sinergia necesaria de cara a conservar la vida. La visión del paisaje los une y vuelve coherente su papel dentro de una sola unidad con un balance estructural y funcional. De esta forma se reconcilian aquellas situaciones que parecieran opuestas pero que finalmente son parte del mismo sistema. La gestión solo puede considerarse holística si la conciencia pública y la participación desempeñan papeles iguales a los de la experiencia de los científicos y planificadores.

Es indispensable que ciencia y gobierno trabajen de manera conjunta en la construcción de una política ambiental que promueva a su vez la generación de planes de manejo donde las personas (gestores y ciudadanos) estén habilitadas para ejercer la participación activa y efectiva de acuerdo a sus condiciones de educación, conocimientos técnicos y científicos, posibilidades económicas, ocupación, origen, creencias, acceso a la información, etc. Para que de este modo la retroalimentación pueda darse en ambos sentidos y se continúe con el proceso de adaptación.

De esta forma cuando ciencia y gobierno trabajan juntos para promover la participación social se tienen casos de éxito como el caso de los ríos Zapote y Las Piñas en Filipinas, cuyo programa de rehabilitación recibió en 2006 un reconocimiento en el Concurso de Buenas Prácticas patrocinado por Dubai. En este proyecto, residentes de varias comunidades a lo largo del sistema fluvial recibieron cursos acerca de la gestión ecológica de los residuos sólidos y la conservación del río. Entre los resultados está la mejora de la calidad del agua y el ecosistema acuático en las áreas de captación del sistema fluvial de los ríos reduciendo la incidencia de las inundaciones en la ciudad que obstaculizaba sus actividades en los días de lluvia. La reforestación de las riberas minimizó la erosión del suelo que causaba la obstrucción del sistema fluvial y los viveros impulsaron los propósitos científicos y educativos. Se generaron ingresos con la recolección de las varas de bambú que se venden a fabricantes de muebles y artesanía. Esto sumado al empleo proporcionado por el programa a trabajadores para la draga del río, su limpieza y su reforestación. Más importante es que los residentes de la zona fueron disuadidos de continuar vertiendo basura a lo largo del cauce. Los residentes aprendieron a reciclar y reusar los residuos y a obtener composta para cultivar vegetales como forma de sustento, se han hecho fructificar varias empresas sociales y los problemas sanitarios debidos al vertido indebido de residuos sólidos se han reducido.

En Bolivia, Escobedo (1999) reporta un trabajo donde se logró un alto nivel de participación comunitaria en el manejo de la cuenca alta del río Piraí, Santa Cruz. Aquí los logros se tradujeron en cambios substanciales en la comunidad en la forma de pensar y trabajar, las fincas mejoraron sus sistemas de producción adoptando prácticas sostenibles; los fondos rotatorios son manejados por los propios interesados, y las familias mejoraron sus ingresos como consecuencia directa de las actividades de apicultura, piscicultura y horticultura. Otro caso ahora en la Cuenca del Río Frío en Costa Rica recientemente se apuesta la conservación de los ecosistemas a la participación ciudadana a través de talleres de educación y comunicación ambiental, pues diversos estudios hechos en el área concluyen que la inclusión de la sociedad en la gestión del territorio es el factor clave para el éxito en los procesos de conservación (Bellaterra, 2011).

En estos casos la constante fue la circulación de la información y las actividades de capacitación. Se creó una conciencia pública que animó la participación activa de las comunidades en los programas de gestión responsable de los recursos naturales. Dichos casos nos muestran la necesidad de trabajar en la construcción de una gobernanza ambiental efectiva para incidir en las fuentes que originan la falta de participación ciudadana, y la necesidad de construir un marco de gestión en el que el conocimiento científico se suma para producir mejoras en el manejo de los elementos de la microcuenca (la ZCESG, el agua y el ambiente urbano). Lecciones aprendidas como en el caso de Filipinas nos demuestran que los proyectos llevados a cabo con una pobre participación comunitaria son menos efectivos en términos de sostenibilidad, pero si las comunidades se implican directamente, el proyecto continúa e incluso prospera a un nivel mayor, replicándose en otros lugares.

De esta manera los hechos que propician la pérdida de la cubierta vegetal (basura, fauna feral, cultivos, ganado, asentamientos) serán disminuidos si se concentran los esfuerzos en propiciar mejoras en el estado de la vegetación, que es una parte crítica del balance del ecosistema, y cuyos efectos pueden extrapolarse en toda la microcuenca.

La importancia del análisis para explicar la actitud y las conductas ambientales a nivel teórico es tan importante como la gestación e implementación de programas de intervención en el uso del paisaje. Una actitud proactiva e informada de la sociedad hacia el ambiente y una actitud proclive hacia la gobernanza en este territorio redundarán en mejor calidad del agua, mejor calidad del ecosistema de la ZCESG, el estado de las áreas verdes y en el paisaje en general, es decir en el *todo*.

CONCLUSIONES

Si bien los objetivos en el manejo de áreas naturales protegidas, agua y medio ambiente urbano se sostienen en los preceptos del desarrollo sustentable en términos generales se encontró que:

➤ En términos de paisaje

- El medio físico y biológico de la microcuenca del Arroyo Peña Gorda presenta deterioro general de la calidad del agua y la vegetación de la microcuenca.
- La estructura ecológica natural tiene cambios significativos que la acercan a un ecosistema degradado ecológicamente, como bajos índices de diversidad, alta homogeneización del hábitat, fuerte dominancia de especies no nativas.
- En parte el deterioro ambiental del APG se debe a reforestaciones fallidas en el pasado combinado con prácticas cívicas contaminantes como arrojar basura, talar los árboles sanos para leña, etc. extraer áridos y agricultura insustentable con especies alóctonas.
- Mala calidad del agua en los escurrimientos superficiales urbanos debidos al exceso de carga orgánica producto de los vertidos domésticos (altos valores de DBO, bajos índices de diversidad de organismos acuáticos).

➤ En términos sociales

- Existe un bajo conocimiento de la problemática ambiental por parte de la población local como consecuencia de nulas o pobres acciones de información del gobierno
- Escasa práctica de labores pro-ambientales ocasionadas por la ignorancia acerca de qué hacer, por desmotivación, desconocimiento del medio natural, por falta de recursos económicos, por desconfianza de lo que les dice la autoridad, por indiferencia, negligencia o por priorizar otras necesidades diarias de supervivencia
- En el aspecto de la gestión, el diagnóstico socio-ecológico arrojó información para establecer que las condiciones de la microcuenca del APG manifiestan un deterioro que se presenta con miras a seguir incrementando si no se actúa rápidamente y de manera radical.
- La intrincada red de circunstancias que dan origen a la problemática ambiental de la microcuenca del APG, requiere de un sistema de acciones igual de complejo para su solución, comenzando por entender las múltiples causas que lo originan de manera holística, no sectorial.

➤ En términos de gestión:

- Existe una carencia de puentes de comunicación que faciliten la gestión del territorio.

- Se comprueba que el enfoque holístico contribuye en la identificación de las causas de los problemas, la evaluación de las políticas, y da relevancia a la investigación científica en cuanto a la necesidad de gestionar mejor nuestros recursos.

El entendimiento de las interrelaciones al interior de la microcuenca del APG, ha permitido dilucidar sus límites y sus capacidades y evaluar las presiones a las que están sometidas sus cualidades. Es necesario decir que esta nueva forma de ver las cosas nos ayuda a diseñar un futuro que podría garantizar el desarrollo social en un medio ambiente que pueda sustentarlo.

RECOMENDACIONES

Mejorar la calidad del agua, la calidad del ecosistema y la calidad de vida, es decir, mejorar la calidad de la microcuenca del Arroyo Peña Gorda, radica en una serie de acciones no directas sino conectadas en red que tengan efecto en todos los elementos del sistema.

Aunque es obvio, hay que mencionar que lo primero a hacer es un programa de manejo sanitario de la microcuenca Arroyo Peña Grande, desde su parte más alta hasta el tramo más bajo y desembocadura con el río Los Remedios. Mejorar la calidad del agua, la calidad de la estructura ecológica y restaurar las rutas de información entre teselas paisajísticas (naturales, seminaturales y urbanas) es un imperativo que sólo se puede lograr con la conciliación de la sociedad, los expertos en temas ecológicos, sociales y económicos y la administración pública con apoyo decidido a rehabilitar esta región periurbana usando tecnología para limpieza y regeneración de suelos y estabilización de riberas, restauración de sitios de infiltración de agua y saneamiento de la misma, tanto superficial como subterránea.

Crear nuevos puentes de comunicación entre sociedad-autoridad es otro asunto relevante para una gestión óptima del área periurbana puesto que generará un nuevo ambiente de confianza mutua y respeto. Las primeras acciones a realizar pueden ser:

- Establecer mecanismos de gobernanza que promuevan el acceso a la información acerca de los recursos naturales y la participación ciudadana para el manejo de dichos recursos.
- Gestionar la porción territorial que ocupa la Sierra de Guadalupe en su totalidad como una sola unidad y no bajo diferentes administraciones.
- Fomentar el compromiso y el trabajo vinculado entre los responsables de gestionar el territorio.
- Trabajar en mecanismos más eficientes de educación ambiental.
- Hallar y resolver las causas de la falta de participación pro-ambiental (delincuencia, inseguridad, vialidades, transportes, desempleo, pobreza, educación).
- Llevar a cabo mejoras en la vegetación con auxilio, colaboración y participación ciudadana.
- Acatar las normas en materia de agua y continuar con las acciones del plan de manejo de la ZCESG.
- Promover entre los habitantes el conocimiento que se tiene de los recursos naturales de Cuauhtepic.

- Incorporar el conocimiento científico y llenar los vacíos de información acerca de la sociedad y el medio ambiental.
- Trabajar de forma sinérgica entre usuarios (beneficiarios), trabajadoras y tomadoras de decisión en lo que respecta al manejo del agua, vegetación y áreas verdes.
- Establecer nuevos y diferentes mecanismos de comunicación entre todos los actores, mesas redondas, foros de debate, talleres, comercialización de productos regionales y campañas de información pública.

Una gestión holística que incentive la participación, ligada con el resto de los elementos a considerar que aquí se proponen podrían eliminar una buena parte de las notas discordantes del paisaje que promueven el deterioro ambiental y dar pie a que el sistema en conjunto logre un nuevo balance estable en el que prosperen las condiciones óptimas del medio ambiente en toda la microcuenca (*el todo*).

REFERENCIAS

- Acosta, M. 2013. De la participación ciudadana en las políticas ambientales a la sustentabilidad: Un proceso en construcción. Tesis de Maestría. IPN. 188p.
- Acosta Jiménez, M., M. L. Valderrábano-Almegua & P. J. Gutiérrez-Yurrita. 2015. Sensibilización y participación ciudadana para elaborar las políticas públicas ambientales periurbanas en la ciudad de México. Estudios Demográficos y Urbanos. (en prensa)
- Alba, J. 1998. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del agua en Andalucía (SIAGA) Almería, vol. II: 203-213.
- Alcérreca, M. L., S. Burgueño, A. Rodríguez. 2009. Apropiación del espacio por medio de actividades recreativas y de educación ambiental: el caso de Joya de Nieves, Sierra de Guadalupe en el Distrito Federal. Quivera, Universidad Autónoma del Estado de México, 11(2): 1-17pp.
- Allen, T.F.H., Hoekstra, T.W., 1992. Toward a Unified Ecology. Columbia University Press. New York.
- Alonso-Eguía Lis, P., E. González-Soriano y P. J. Gutiérrez-Yurrita. 2002. Listado y distribución de los odonatos de la Cuenca del Río Moctezuma, Centro-Occidente de México (Insecta: Odonata). Folia Entomológica Mexicana, 41(3): 347-357pp.
- Arthington Angela H., Robert J. Naiman, Michael E. McClain and Christer Nilsson (2010). Preserving the biodiversity and ecological services of rivers: new challenges and research opportunities. Freshwater Biology 55 (1): 1-16
- Arnold, L.C., y C. Gibbons. 1996. Impervious Surface coverage. The emergence of a key environmental indicator. Journal of the American Planning Association, (6): 243-259p.
- Arnold, M y M. Osorio. 1998. Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. Universidad de Chile, Cinta de Moebio, núm. 3, 12p.
- Berenger J., J. A. Corraliza, M. Moreno, L. Rodriguez. 2002. La medida de las actitudes ambientales: propuesta de una escala de conciencia ambiental. Intervención Psicosocial, 11 (3): 349-358 pp.
- Bernhardt, E., y M. A. Palmer. 2007. Restoring streams in an urbanizing world. Freshwater Biology (52): 738-751pp.
- Bezaury, C. 2009. El valor de los bienes y servicios que las áreas naturales protegidas proveen a los mexicanos. The nature conservancy, Programa México – Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. 32p
- Bifani, P. 2009. Los servicios ecosistémicos y la acelerada urbanización. 3C Conocimiento + Cultura + Ciencia, 1(3): 5-18.
- Bohm, D., 1980. Wholeness and the Implicate Order. Routledge and Kegan, London.
- Boisier, S. 2003. ¿Y si el desarrollo fuese una emergencia sistémica? Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales, 138
- Bond, N. y P. S. Lake. 2003. Local habitat restoration in streams: Constraints on the effectiveness of restoration for stream biota. Ecological management & restoration 4 (3):193-198p.
- Bonilla-Vázquez, M. A. y P. J. Gutiérrez-Yurrita. 2007. El manejo de un recurso pesquero bajo el enfoque de gestión de cuencas hidrográficas. Memorias del Congreso Nacional y Reunión Mesoamericana de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Instituto Nacional de Ecología, México. Tema 4: 1-10.

- Braud, I, T.D. Fletcher, H. Andrieu. 2013. Hydrology of peri-urban catchments: Processes and modelling. *Journal of Hydrology* (485): 1–4pp.
- Brenner, L. 2010. Gobernanza ambiental, actores sociales y conflictos en las Áreas Naturales Protegidas mexicanas. *Revista mexicana de sociología*. 72(2): 283-310pp.
- Brierley G, Helen Reid, Kirstie Fryirs, Nadine Trahan. 2010. What are we monitoring and why? Using geomorphic principles to frame eco-hydrological assessments of river condition. *Science of the Total Environment* (408): 2025–2033p
- Brower, J., y J. Zar. 1984. *Field and Laboratory methods for general ecology*, 2a ed. WCB Publishers.
- Burkhard, B, F. Müller, y A. Lill. 2008. Ecosystem Health Indicators. In: Jörgensen, S.E. & B.D. Fath (Eds.): *Ecological Indicators*. Vol. [2] of *Encyclopedia of Ecology*, 5 vols. Oxford: Elsevier: 1132-1138.
- Burns, M., T. Fletcher, C. J. Walsh, A. R. Ladson y B. E. Hatt. 2012. Hydrologic shortcomings of conventional urban stormwater management and opportunities for reform. *Landscape and Urban Planning* (105): 230–240p.
- Callicott, J.B., L.B. Crowder, y K. Mumford. 1999. Current normative concepts in conservation. *Conservation Biology* 13:22-35.
- Campos, G. (10 de septiembre de 2011). Aparecen 9 ejecutados. *El Sol de México*. <http://www.oem.com.mx/elsoldemexico/notas/n2222383.htm>
- Carabias, J. y R. Landa. 2005. Agua, medio ambiente y sociedad: hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México UNAM-COLMEX, México, 221 p.
- Casado, C. & del Olmo, C. M. (1995). *Guía de los lagos y humedales de España*. Ministerio de Educación y Ciencia. España.
- Cedillo, O., M. Sepúlveda, y F. Rodríguez. 2005. Estudio de los suelos en la Sierra de Guadalupe. Sitio de estudio: cañadas la mora 1 y la mora 2 determinación de granulometría, porosidad y permeabilidad. *Revista Sistemas Ambientales* 2 (1): 1-11pp
- Cedillo, O., M. Sepúlveda y F. Rodríguez. 2010. Algunas consideraciones para el balance hidrológico en la Sierra de Guadalupe del Distrito Federal. IPN, 20 p.
- CONAGUA, 2012. Atlas digital del Agua. http://www.conagua.gob.mx/atlas/mapa/07/index_svg.htm
- CONAFOR. 2012. Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Informe 2004-2009.
- CONANP 2007. Las áreas naturales protegidas de México. Revisado en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/43/cuatro.html> Fecha de consulta 8 de noviembre 2014.
- CONANP. Áreas Protegidas Decretadas. http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/. Fecha de consulta 4 de noviembre de 2014.
- Cotler, H. (comp). 2007. Introducción. El manejo integral de cuencas en México. Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. Serie: Planeación territorial. SEMARNAT-INE, 348p.
- Cotler, H y G. Caire. 2010. Lecciones aprendidas en el manejo de cuencas. INE. 380pp De la Maza 2003

- Covas Alavarez, Onelia (2005); Educación ambiental a partir de tres enfoques: comunitario, sistémico e interdisciplinario. *Revista Iberoamericana de Educación*, 34(2):
- Cram, S.; Cotler, E.; Morales, L.; Sommer, I. y Varmona, E. (2008), Identificación de los servicios ambientales potenciales de los suelos en el paisaje urbano del Distrito Federal, *Investigaciones Geográficas*, Boletín del Instituto de Geografía. UNAM. Núm. 66, 2008 pp. 97-118.
- Deason, J., G. E. Dickey, J. C. Kinnell, y L. A. Shabman. 2010. Integrated Planning Framework for Urban River Rehabilitation. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 136 (6): 688 – 696 pp.
- Deng, Y., Cardin, M.A., Babovic, V., Santhanakrishnan, D., Schmitter P., Meshgi, A. 2013. Valuing flexibilities in the design of urban water management systems. *Water Res.* 47 (29), 7162-7174.
- Dungumaro, E. y N. Madulu, 2003. Public participation in integrated water resources management: the case of Tanzania. *Physics and Chemistry of the Earth* (28): 1009–1014p.
- EIRD -Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres- 2004. Vivir con el Riesgo extracto del Informe Mundial sobre las iniciativas para la reducción de desastres. EIRD, Naciones Unidas [En línea], Suiza, disponible en: http://www.unisdr.org/eng/about_isdr/bd-lwr-2004-spa.htm [Acceso el día 18 de enero de 2006].
- Escobar, J. 2012. Costos económicos y sociales de la deforestación: El caso de la Sierra de Guadalupe. Tesis de Doctorado, Facultad de Economía, UNAM. 187p.
- Escobedo, J. 1999. Participación en el desarrollo y conservación de las tierras altas. FAO. Vol50.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2009. ¿Por qué invertir en ordenación de las cuencas hidrográficas? Roma, 40 p.
- FAO. 2007. La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas. 154p.
- Fletcher, D., H. Andrieu y P. Hamel. 2013. Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters: A state of the art. *Advances in Water Resources* (51): 261–279p.
- Flores, C., y L. Herrera. 2010. Estudio sobre las percepciones y la educación ambiental. *Tiempo de Educar*, vol. 11, núm. 22, pp. 227-249
- Folke, C. 2006. Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change* (16): 253-267p.
- García-Trejo, F., S. Hurtado-González, G. Soto-Zarazúa, O. Alatorre-Jácome & P. J. Gutiérrez-Yurrita. 2013. Ecophysiological responses to the effect of annual management on an endemic viviparous fish in central plateau of México. *Neotropical Ichthyology*, 11(1):117-123.
- Garrido, A., E. Sotelo, H. Cotler, M.L. Cuevas, F. Flores, C. Enriquez, K. Ruiz, N. Luna. 2007. Hacia el diagnóstico socio-ambiental de las cuencas de México: Una propuesta conceptual y metodológica. En: *Memorias del Congreso Nacional y Reunión Mesoamericana de Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas*.
- GDF – Gobierno del Distrito Federal. 2012. Atlas geográfico del suelo de conservación del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente, Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal, México, D.F. 96 pp.

- Granadillo, E., y M. García. 2010. Participación comunitaria y conservación ambiental en el ámbito rural del estado Lara, Venezuela *Multiciencias*, vol. 10, núm. 3, pp. 249-256.
- Granados, D., M. Hernández, G. López. 2005. La cuenca hidrológica. Unidad ecológica de manejo. Universidad Autónoma Chapingo, 163p.
- Guillen, A., K. Sáenz, M.H. Badii y J. Castillo. 2009. Origen, espacio y niveles de participación ciudadana. *International Journal of Good Conscience*. 4(1): 179-193.
- Gutiérrez-Chaparro, J. 2013. La obsolescencia del modelo de atención territorial contribuciones desde la teoría de planeación. En: Sánchez, M., G. Bocco, J. Casado (coordinadores). *La política de ordenamiento territorial en México: de la teoría a la práctica*. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA), 757p.
- 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. 2007. Efectos del Cambio Climático Global sobre la Biodiversidad. *Derecho Ambiental y Ecología*, 4(20): 61-70.
- Gutiérrez-Yurrita, P. 2009. ¡A diseñar el futuro! El holismo de la Tercera Cultura: hacia la integración científica y cultural. IPN-CEJA, 309 p.
- Gutiérrez-Yurrita, P. J. 2011. 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. & M.Á., López-Flores. 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.
- Gutiérrez-Yurrita, P. J. 2014a. 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. 2014b. 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. 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. 2015. Social and citizen perception on human rights and security due to Climate Change Policies in México. *Proceedings of the 2015 Annual International Conference on Interdisciplinary Legal Studies*. Oxford (U.K.): 86-96.
- Gutiérrez-Yurrita, P. J., B. Bravo-Díaz, M. G. Peláez- Gálvez & M. Rebollos Plata. 2015. Percepción ciudadana mexicana del cambio climático y de su institucionalización. Capítulo 20. En: Gay, C., B. Ortiz Espejel & J. Clemente Rueda (Eds.): *Cambio Climático en México: estrategias para la adaptación*. Congreso de la Unión-Programa de Cambio Climático del INECC. México
- Hahn-vonHessberg, C., D. Toro, A. Grajales-Quintero, G. Duque-Quintero y L. Serna-Urbe. 2009. Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola, universidad de caldas, municipio de Palestina, Colombia. *Boletín Científico Centro de Museos, Museo De Historia Natural*. 13 (2): 89 – 105pp.

- Hermoso, V., F. Pantus, S. Olley, S. Linke, J. Mugodo, P. Lea. 2012. Systematic planning for river rehabilitation: integrating multiple ecological and economic objectives in complex decisions. *Freshwater biology*. (57): 1-9 pp.
- Hinke, N. 2000. La llegada del eucalipto a México. *Ciencias*, 58: 60-62.
- Holling, C.S., 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* (4) 1–23.
- Holling, C.S., 1986. The resilience of terrestrial ecosystems: local surprise and global change. In: Clark, W.C., Munn, R.E. (Eds.), *Sustainable Development of the Biosphere*. Cambridge University Press, London, 292–317pp.
- Hutyra, L.R., Yoon, B., Alberti, M., 2011. Terrestrial carbon stocks across a gradient of urbanization: a study of the Seattle, WA region. *Glob. Change Biol.* 17, 783–797
- Hurtado, S., F. García-Trejo y P. Gutiérrez-Yurrita. 2005. Importancia ecológica de los macroinvertebrados bentónicos de la subcuenca del Ríos San Juan Querétaro, Méx. *Folia Entomológica mexicana*, Sociedad Mexicana de Entomología A.C. 3 (44): 271-286 pp.
- INE – Instituto Nacional de Ecología. 2007. Indicadores Socioeconómicos de las cuencas hidrográficas de México como insumo para el diagnóstico ambiental. Reporte técnico. INE, 73p.
- INE. 2010. Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización. México, 232pp.
- Jin, J., R. Wang, F. Li, J. Huang, C. Zhou, H. Zhang, W. Yang. 2010. Conjugate ecological restoration approach with a case study in Mentougou district, Beijing. *Ecological Complexity* (8): 161–170pp.
- Koestler, A., 1969. Beyond atomism and holism - the concept of the holon. En: Koestler, A., Smithies, J.R. (Eds.), *Beyond Reductionism: New Perspectives in the Life Sciences*. Hutchinson, London, 192 – 216pp.
- Kandziora M., B. Burkhard, F. Müller. 2013. Interactions of ecosystem properties, ecosystem integrity and ecosystem service indicators—A theoretical matrix exercise. *Ecological Indicators* (28): 54-78pp.
- Knoepfl, P., C. Larrue, F. Varone, y M. Hinojosa. 2007. Hacia un modelo de análisis de políticas públicas operativo. Un enfoque basado en los actores, sus recursos y las instituciones. *Ciencia política* (3): 6-29pp.
- Komínkova, D. 2012. The Urban Stream Syndrome – a Mini-Review. *The Open Environmental & Biological Monitoring Journal* 5, (Suppl 1: M2) 24-29pp.
- Krasny, M., A. Russ, K. Tidball, T. Elmqvist. 2014. Civic ecology practices: Participatory approaches to generating and measuring ecosystem services in cities. *Ecosystem services* (7): 177–186p.
- LAN – Ley de Aguas Nacionales. Última reforma publicada DOF 08-06-2012.
- Langhans, S., V. Hermoso, S. Linke, y S. E. Bunn. 2014. Cost-effective river rehabilitation planning: Optimizing for morphological benefits at large spatial scales. *Journal of Environmental Management* (132): 296 – 303p.
- Laszlo, E., 1972. *Introduction to Systems Philosophy: Toward a New Paradigm of Contemporary Thought*. Harper Torchbook, New York.

- Lebel, L.; Anderies, J. M.; Campbell, B.; Folke, C.; Hatfield-Dodds, S.; Hughes, T. P.; and Wilson, James, "Governance and the Capacity to Manage Resilience in Regional Social-Ecological Systems" (2006). Marine Sciences Faculty Scholarship. Paper 52.
- Lezama, J.L. (2004). La construcción social y política del medioambiente. México. El Colegio de México.
- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). 2012. Última reforma publicada DOF 04-06-2012. 103p.
- Li, .2000. Why is the holistic approach becoming so important in landscape ecology?. *Landscape and Urban Planning*. (50): 27-41p.
- Lipovetsky, G. 1996. La sociedad hipermoderna. Editorial Anagrama. España.
- López, A. (21 de octubre de 2013). Hasta 12 denuncias al día en Cuauhtémoc. *El Universal* <http://archivo.eluniversal.com.mx/ciudad-metropoli/2013/impreso/hasta-12-denuncias-al-dia-en-cuauhtemoc-119447.html>
- Lugo, H. J. y Salinas, M. A., 1996. Geomorfología de la Sierra de Guadalupe (al Norte de la Ciudad de México) y su relación con peligros naturales. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 13 (2): 240-251pp.
- Maass, M. 2007. Principios generales sobre manejo de ecosistemas. Revisado en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/395/maass.html>. Fecha de consulta: 27 de febrero de 2014.
- Maass, M. y H Cotler. 2007. El protocolo para el manejo de ecosistemas en cuencas hidrográficas. En: Cotler, H. (comp). Introducción. El manejo integral de cuencas en México. Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. Serie: Planeación territorial. SEMARNAT-INE, 348p. Magurran, A. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing.
- Malave, N. 2007. Trabajo modelo para enfoques de investigación acción participativa programas nacionales de formación. Escala tipo likert.
- Marañón, B. (Coord.). (2010). La participación social en la gestión del agua subterránea en Guanajuato: Logros y contradicciones. México. IIEC-UNAM/CONACYT
- Margules, Ch. y Sarkar, S. 2009. Planeación Sistemática de la Conservación. Cambridge University Press-CONABIO. México.
- Martínez, M., I. Lerma, E. García. 2008. Políticas de medio ambiente y participación ciudadana CIRIEC-España, *Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, 61: 179-201pp.
- Martínez, M. 2011. El paradigma sistémico, la complejidad y la transdisciplinariedad como bases epistémicas de la investigación cualitativa. *Revista Electrónica de Humanidades Educación y Comunicación Social*. 11(6): 6-27pp.
- Marten, G. 2001. Human Ecology. Earthscan Publications.
- Martín-López B., M. García-Llorente, I. Iniesta, Antonio J. Castro, B. Willaarts, P. Aguilera, C. Montes. 2013. La evaluación de los servicios de los ecosistemas suministrados por las cuencas hidrográficas del sureste Semiárido andaluz. *Eubacteria* (31): 1-7p.
- Marsh, G. P. 1896. Man and Nature. University of Washington. EE.UU
- Maslow, A. 1954. Personality and motivation. Harper & Row USA

- Mijnsbrugge, K.V., Bischoff, A., & Smith, B.M. 2010. A question of origin: Where and how to collect seed for ecological restoration. *Basic and Applied Ecology*, 11: 300-311.
- Montes, C., Borja, F., Bravo, M.A., Moreira, J.M. 1979. Doñana. Una aproximación ecosistémica. - Reconocimiento Biofísico de Espacios Naturales. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Sevilla.
- Morales-Ortiz, J.A., L. Marín-García & GUTIÉRREZ-YURRITA, P. J., 2013. Diversidad, distribución y estrategias de conservación de la ictiofauna de la Cuenca del Río Moctezuma, Centro de México. *Limnetica*. 32(2): 215-228.
- Moreno, A.D. y I. Renner (eds.) 2007. Gestión integral de cuencas, la experiencia del proyecto regional cuencas andinas. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú. 236 pp.
- Morlán, F. 2012. Saneamiento del Río Cuautitlán en el tramo Cortina Presa Guadalupe – Residencial La Luz. Tesis de Maestría – IPN, 117p.
- Mrosovsky, N. 1990. *Rheostasis: The Physiology of Change*. Oxford University Press, 183 p.
- Muñoz, E., Arumí, J.L. y Rivera, D. 2013. Watersheds are not static: Implications of climate variability and hydrologic dynamics in modeling. *Bosque*, 34(1): 7-11.
- Muñoz-Erickson, T.A., B. Aguilar-González, y T.D. Sisk. 2007. Linking Ecosystem Health Indicators and Collaborative Management: a Systematic Framework to Evaluate Ecological and Social Outcomes. *Ecology and Society* 12(2): 19págs.
- Muñoz, P. y P. J. Gutiérrez-Yurrita. 2012. La gestión del agua en México: un viaje del pasado hacia el futuro. *Agua: retos y soluciones (Revista digital especializada de la fundación ICA)*, 46 (junio): 44-47.
- Naveh, Z. 2000. What is holistic landscape ecology? A conceptual introduction. *Landscape and Urban Planning* (50): 7-26p.
- NMX-AA-003-1980. aguas residuales.- muestreo
- NMX-AA-028-SCFI-2001. Análisis de agua - determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas naturales, residuales (DBO₅) y residuales tratadas - método de prueba.
- NOM-001-SEMARNAT-1996. Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
- O'Neill, R.V., Johnson, A.R., King, A.W., 1989. A hierarchical framework for the analysis of scale. *Landscape Ecol.* 3, 193-205pp
- Ordóñez D., M. y O. Flores. 1995. Áreas Naturales Protegidas. Pronatura. México, D.F. 43p.
- Orozco, N., O. Ruiz y P. Fajersson. 2010. Acciones y reflexiones para la conservación y el manejo del agua en México. *Ciencia administrativa, COLPOS*, 11-18pp.
- Padilla, L. y A. Luna, 2003. Percepción y conocimiento ambiental en la costa de Quintana Roo: una caracterización a través de encuestas. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM Núm. 52*, 99-116 pp.
- Palang, H., U. Mander, y Z. Naveh 2000. Holistic landscape ecology in action. *Landscape and Urban Planning* 50 : 1-6p.

- Palmer, M.A., E.S. Bernhardt, J. D. Allan, P.S. Lake, G. Alexander, S. Rooks, J. Carr, S. Clayton, C. N. Dahm, J. Follstad Shah, D. L. Galat, S. G. Loss, P. Goodwin, D.D. Hart, B. Hassett, R. Jenkinson, G.M. Kondolf, R. Lave, J.L. Meyer, T.K. O'donnell, L. Pagano Y E. Sudduth. 2005. Standards for ecologically successful river restoration. *Journal of Applied Ecology* (42): 208–217 pp.
- Pander, J y J. Geist. 2013. Ecological indicators for stream restoration success. *Ecological indicators*. (30):106-118p.
- Paniagua, A. y E. Moyano. 1998. Medio ambiente, desarrollo sostenible y escalas de sustentabilidad. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas* (83):151-175pp.
- PDDUGAM, Programa de Desarrollo Delegacional Gustavo A. Madero. 2013.
- Peláez-Gálvez, M. G., B. Bravo-Díaz, P. J. Gutiérrez-Yurrita. 2015. Percepción ciudadana de la institucionalización de la política mexicana de cambio climático. *Revista Aranzadi de Derecho Ambiental*, 29 (enero-abril): en prensa
- Perdomo, I. (2007). La dimensión ambiental en la vida cotidiana de un superbloque en la ciudad de Caracas: la visión de los vecinos. Tesis, Universidad Yacambú Barquisimeto.
- Perevochtchikova, M. 2008. Experiencia y retos en manejo de cuencas hidrográficas en México y Rusia, CEDUA-El Colegio de México, 10p.
- Pinto, U. y B. Maheshwari. 2014. A framework for assessing river health in peri-urban landscapes. *Ecohidrology and Hidrobiología* (14): 121-131p.
- Plan Verde de la Ciudad de México. http://www.om.df.gob.mx/programas/plan_verde/plan_verde_vlarga.pdf
- Poore, M. y C. Fries, 1987. Efectos ecológicos de los eucaliptos. FAO. 111pág.
- Prat, N. B. Ríos., R. Acosta., M. Rieradevall. 2009. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. En: *Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos*. E. Domínguez y H.R. Fernández (Eds). Publicaciones Especiales. Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán. Argentina (en prensa)
- Pretty, J., S. Harrison, D. Shepherd, C. Smith, A. Hildrew, R. Hey. 2003. River rehabilitation and fish populations: assessing the benefit of instream structures. *Journal of Applied Ecology* (40): 251–265pp.
- Priego, A., H. Morales y C. Enriquez. 2004a. Paisajes Físico-Geográficos de la Cuenca Lerma-Chapala, México. *Gaceta ecológica* 71: 11-22.
- Primack, R. 1995. *A primer of conservation biology*. Sinauer- Sunderland. USA, 277 pp.
- Quijas, S., Jackson, L. E., Maass, M., Schmid, B., Raffaelli, D., Balvanera, P., 2012. Plant diversity and generation of ecosystem services at the landscape scale: expert knowledge assessment. *Journal of Applied Ecology* (49): 929–940.
- Real-Ferrer, G. 2013. Sostenibilidad, Transnacionalidad y transformaciones del derecho. En: Da Silva Antunes de Souza, M. C. y D. Scmitt Siuqueira Garcia (Comp.): *Direito ambiental, transnacionalidade e Sustentabilidade*. E-book. Univali Editora, Itajaí, Brasil.
- Rebollar, M., V. Oliva & P. J. Gutiérrez-Yurrita. 2014. Diferenciación de problemáticas y soluciones de manera específica en el sistema de protección civil en México, Las condiciones de riesgo en el

- marco nacional a lo local. Memorias del V Congreso Internacional en Gobierno Administración y Políticas Públicas. Grupo de Investigación en Gobierno, Administración y Políticas Públicas-Instituto Nacional de Administración Pública del Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas de España. Madrid, España. 1-17 pp.
- Reglamento de la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en materia de áreas naturales protegidas. Nuevo Reglamento publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 2000. Texto vigente. Última reforma publicada DOF 28-12-2004
- Romero, F.J., M. Palma, A. Meléndez, H. Rangel, A. Méndez, A. Lozada, M. Morales. 2002. Programa de manejo del ANP Sierra de Guadalupe. Proyecto ejecutivo para la restauración ecológica del ANP Sierra de Guadalupe. UAM-GDF. México, 202p.
- Rozdilsky, I. G., J. Chave, S. A. Levin y D. Tilman. (2001). Towards a theoretical basis for ecosystem conservation. *Ecological Research*, 16:983-995.
- Ruiz, O. 2012. La cuenca hidrológica como un sistema: perspectivas de desarrollo. COLPOS, 7p.
- SAGARPA. 2007. Informe de Rendición de cuentas. Memoria documental. Programa Nacional de Microcuencas 2007.
- San Román, N.P. Muñoz, M.A. López y P.J. Gutiérrez-Yurrita. 2014. Planeación holística de paisajes acuáticos basada en dominios ambientales. El caso del Vaso de Texcoco, Estado de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* (en prensa).
- Sartori, G. 2008. ¿Qué es la democracia? México. Taurus.
- 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-INE, 610 p.
- Schmutz, S., H. Kremser, A. Melcher, M. Jungwirth, S. Muhar, H. Waidbacher, G. Zauner. 2014. Ecological effects of rehabilitation measures at the Austrian Danube: a meta-analysis of fish assemblages. *Hydrobiologia* (729):49–60pp.
- SEMARNAT – Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2008. Estrategia Nacional para la Participación Ciudadana en el Sector Ambiental.
- SEMARNAT. 2010. Aspectos relevantes de la Gestión Ambiental en México 2007-2009. 97p.
- Seminara, G y L. Bolla. 2012. Reductionist versus holistic approaches to the study of river meandering: An ideal dialogue. *Geomorphology* 110–117pp.
- Sepúlveda, L. 2009. Una evaluación de los procesos educativo-ambientales de Manizales. *Revista Luna Azul*, Universidad de Caldas, Colombia, 46-56pp.
- Shand, D. y Arnberg, M. (1996). Background Paper in Responsive Government: Service Quality Initiatives, OECDE, Paris. Francia
- Scheffer, M., Hosper, S. H., Meijer, M. L., Moss, B., & Jeppesen, E. 1993. Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends in ecology & evolution*, 8(8), 275-279.
- Shi, X. y J. Yang. 2014. A material flow-based approach for diagnosing urban ecosystem health. *Journal of cleaner production* (64): 437-446p.

- SMA. 2007. Agenda Ambiental de la Ciudad de México. Programa de Medio Ambiente 2007-2012. SMA, 179p.
- SMA. 2012. Sistema de Áreas Naturales Protegidas. Plan Rector.
- Solórzano, C. 2002. Diseño de indicadores de sustentabilidad por cuencas hidrográficas. INE. 22p.
- Sodhi, N.S. y Ehrlich, P.R. (Eds.) 2010. *Conservation Biology for all*. Oxford University Press. U.S.A.
- Sorain J., R. Lee, E. Brown and J. Holden. 2012. Catchment-scale peatland restoration benefits stream ecosystem biodiversity. *Journal of Applied Ecology* (49): 182–191pp.
- Tang, D., X. Zou, X. Liu, P. Liu, N. Zhamangulova, X. Xu, Y. Zhao. 2015. Ecological indicators. (48):107-119p.
- Torregosa M. 2006. Participación social en la gestión de Cuencas en México. FLACSO.
- Vázquez-Yanes, C., A. I. Batis Muñoz, M. I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz y C. Sánchez Dirzo. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM.
- Vidal-Abarca M.R., M.L. Suárez-Alonso, F. Santos-Martín, B. Martín-Loópez, J. Benayas, C. Montes. 2014. Understanding complex links between fluvial ecosystems and social indicators in Spain: An ecosystem services approach. *Ecological Complexity* (20): 1-10pp.
- Wiegand, J., D. Raffaelli, J. C.R. Smart, y P. C.L. White. 2010. Assessment of temporal trends in ecosystem health using an holistic indicator. *Journal of environmental management*. (91):1446-1455p.
- Woodward, G. 2010. *Integrative Ecology: From Molecules To Ecosystems*. Academic Press. U.S.A.
- Zacharias, I., & Zamparas, M. 2010. Mediterranean temporary ponds. A disappearing ecosystem. *Biodiversity and Conservation*, 19(14), 3827-3834.
- Zar, J. 2010. *Bioestatistical Analysis*, 5ª ed. Pearson.

ANEXO 1. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS SOCIO-ECONÓMICAS DE CUAUTEPEC

Colonia	Grado de marginación	Grado promedio de escolaridad	Empleo	% Población con vivienda propia	% Población con derecho a servicio de salud
6 de junio vista hermosa	muy alto	6.7	empleado u obrero	76.34	31
Ahuehuetes	muy alto	7.5	empleado u obrero	71.02	49.9
Ampliación Arboledas de Cuauhtepic	muy alto	7.4	empleado u obrero	84.5	45.3
Ampliación Benito Juárez	muy alto	7.4	empleado u obrero	84.51	45.3
Ampliación Cocoyotes	ND	ND	ND	ND	ND
Ampliación Malacates	ND	ND	ND	ND	ND
Arboledas	muy alto	7.4	empleado u obrero	80.3	44.19
Benito Juárez	muy alto	7.7	empleado u obrero	67.9	50.53
Castillo Chico	muy alto	7.7	empleado u obrero	77.25	46.56
Castillo Grande	muy alto	7.1	empleado u obrero	73.83	49.82
Chalma de Guadalupe I	muy alto	7.8	empleado u obrero	73.23	52.84
Chalma de Guadalupe II	ND	ND	ND	ND	ND
Cocoyotes	muy alto	7.2	empleado u obrero	79.85	44.29
Compositores mexicanos	muy alto	7.1	empleado u obrero	76.88	45.62
Cuauhtepic de Madero	ND	ND	ND	ND	ND
Cuauhtepic el Alto	muy alto	8.4	empleado u obrero	75.76	46.39
Del Bosque	Alto	8.4	empleado u obrero	77.44	49.08
El Arbolillo	muy alto	7.7	empleado u obrero	82.6	56.8
El Carmen	muy alto	7.7	empleado u obrero	77.25	46.56
El Tepetatal (El Charco)	muy alto	8	empleado u obrero	75.85	45.02
General Felipe Berriozabal	ND	ND	ND	ND	ND
Guadalupe Victoria	Alto	8.4	empleado u obrero	76.15	51.06
Jorge Negrete	medio	9.2	empleado u obrero	63.2	55.42
Juventino Rosas	muy alto	7.9	empleado u obrero	59.23	44.49
La Brecha	ND	ND	ND	ND	ND
La candelaria	muy alto	7.5	empleado u obrero	73.19	48.3

La Casilda	muy alto	7.5	empleado u obrero	77.62	46.04
La forestal II	muy alto	7.7	empleado u obrero	79.5	44.64
La forestal III	ND	ND	ND	ND	ND
La Pastora	muy alto	7.7	empleado u obrero	81.19	48.86
Laureles	ND	ND	ND	ND	ND
Loma de la Palma	muy alto	7.7	empleado u obrero	78.51	22.68
Lomas de Cuauhtepic	muy alto	7.4	empleado u obrero	73.69	47.02
Lucha Reyes	ND	ND	ND	ND	ND
Luis Donald Colosio	muy alto	7.1	empleado u obrero	83.02	39.63
Malacates	muy alto	6.8	empleado u obrero	85.7	42.71
Matías Romero	ND	ND	ND	ND	ND
Montada	ND	ND	ND	ND	ND
Palmatitla	muy alto	7.8	empleado u obrero	75.03	44.77
Parque Metropolitano	muy alto	6.8	empleado u obrero	86.01	39.71
Prados de Cuauhtepic	ND	ND	ND	ND	ND
Quetzalcoatl	ND	ND	ND	ND	ND
San Antonio	muy alto	8.3	empleado u obrero	76.34	48.49
San Juan y Guadalupe Ticomán	Alto	8.3	empleado u obrero	64.98	60.22
San Miguel Cuauhtepic	ND	ND	ND	ND	ND
Tlacaale	muy alto	7.1	empleado u obrero	83.02	39.63
Tlalpexco	muy alto	6.9	empleado u obrero	80.94	40.48
Unidad Habitacional El Arbolillo I	medio	9.5	empleado u obrero	85.75	67.05
Unidad Habitacional El Arbolillo II	medio	9.5	empleado u obrero	79.56	62.63
Valle de Madero	Alto	8.5	empleado u obrero	74.84	49.6
Verónica Castro	ND	ND	ND	ND	ND
Villas de Cuauhtepic	ND	ND	ND	ND	ND
Vista Hermosa	Alto	8.8	empleado u obrero	55.92	52.39
Zona Escolar	Alto	8.9	empleado u obrero	67.55	51.85

ND = Información no disponible

ANEXO 2. COORDENADAS

Vegetación	Coordenadas	
	N	O
1	19°34'12.45''	99° 8'43.90''
2	19°34'20.16''	99° 8'39.24''
3	19°34'33.32''	99° 8'19.55''
4	19°35'17.50''	99° 7'41.49''
5	19°35'15.39''	99° 7'29.68''
6	19°35'1.19''	99° 7'15.42''
7	19°34'44.72''	99° 7'21.04''
8	19°34'23.12''	99° 7'19.17''
9	19°34'30.39''	99° 6'57.34''
10	19°33'37.36''	99° 6'51.51''
11	19°33'21.12''	99° 7'7.18''
12	19°33'1.52''	99° 7'20.31''

Agua	Coordenadas	
	N	O
1	19° 33'42.51''	99° 7'30.33''
2	19° 33'52.67''	99° 7'23.21''
3	19°33'27.50''	99° 8'9.53''
4	19°32'51.90''	99° 8'14.03''
5	19° 32'15.71''	99° 8'47.18''

ANEXO 3. RELACIÓN ÍTEM – INDICADOR

Indicador	ítem
labores y acciones de cuidado ambiental	<p>participa en labores de limpieza de calles avenidas, áreas verdes</p> <p>participa en labores de reforestación</p> <p>realiza acciones como separar la basura</p> <p>pertenece o ha colaborado con alguna asociación a favor del medio ambiente</p> <p>las personas de su comunidad ha tenido participación en el establecimiento y cuidado de las áreas naturales</p>
disposición a participar en labores de cuidado ambiental	<p>le gustaría estar más informado del estado ecológico de las áreas naturales como la Sierra de Guadalupe</p> <p>Destinaría algunas horas a la semana para hacer labores de restauración</p> <p>Estaría dispuesto a obedecer nuevas leyes para proteger el medio ambiente</p> <p>Pagaría algún impuesto para mejorar las condiciones del medio ambiente</p> <p>Trabajaría en labores de conservación a cambio de un pago</p> <p>Desearía que hubiera una consulta para elaborar nuevos programas gubernamentales a favor del medio ambiente</p> <p>La ciudadanía debería tener más influencia en las decisiones sobre los recursos naturales de la comunidad</p>
uso y aprovechamiento de recursos naturales	<p>En su opinión para que sirven los ríos manantiales, los bosques, las plantas y animales</p> <p>esta localidad cuenta con suficientes áreas verdes y de recreación</p> <p>cree que su colonia es un lugar agradable para vivir</p>
conocimiento de la problemática ambiental	<p>las escuelas enseñan suficiente a niños y jóvenes sobre el cuidado del medio ambiente</p> <p>cuáles cree que sean las problemáticas más importantes a resolver en su comunidad</p> <p>como considera las acciones de conservación que se llevan a cabo en la Sierra de Guadalupe</p> <p>conoce la Sierra de Guadalupe</p> <p>Las áreas naturales de su comunidad incluida la Sierra de Guadalupe está en buenas condiciones</p> <p>La contaminación de los ríos que pasan por Cuauhtepic puede causar problemas a la salud</p> <p>La deforestación de la Sierra puede traer problemas a la comunidad</p> <p>La contaminación puede generar conflictos dentro de la comunidad</p> <p>Lo que ocurre en los ríos de su comunidad repercute en otros cuerpos de agua como el Río de los Remedios</p> <p>Las acciones de los habitantes han determinado el estado actual de sus áreas naturales</p> <p>El gobierno puede por sí solo resolver los problemas ecológicos</p>

ANEXO 4. ENCUESTA



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS SOBRE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO



ENCUESTA

DATOS GENERALES

Ocupación	<input style="width: 95%;" type="text"/>
Último grado de escolaridad	<input style="width: 95%;" type="text"/>
Lugar de origen	<input style="width: 95%;" type="text"/>
Colonia donde vive actualmente	<input style="width: 95%;" type="text"/>

CUESTIONARIO

Su colonia es un lugar agradable para vivir

Totalmente en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	En desacuerdo	<input type="checkbox"/>	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	De acuerdo	<input type="checkbox"/>	Totalmente de acuerdo	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	---------------	--------------------------	--------------------------------	--------------------------	------------	--------------------------	-----------------------	--------------------------

Esta localidad cuenta con suficientes áreas naturales y de recreación

Totalmente en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	En desacuerdo	<input type="checkbox"/>	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	De acuerdo	<input type="checkbox"/>	Totalmente de acuerdo	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	---------------	--------------------------	--------------------------------	--------------------------	------------	--------------------------	-----------------------	--------------------------

¿Existen áreas naturales protegidas en esta delegación?

Sí	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	No sé	<input type="checkbox"/>
----	--------------------------	----	--------------------------	-------	--------------------------

Cuáles cree que sean las problemáticas más importantes a resolver en su comunidad

Conoce la Sierra de Guadalupe

Sí	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
----	--------------------------	----	--------------------------

Las áreas naturales de su comunidad, incluida la Sierra de Guadalupe, están en buenas condiciones

Totalmente en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	En desacuerdo	<input type="checkbox"/>	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	De acuerdo	<input type="checkbox"/>	Totalmente de acuerdo	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	---------------	--------------------------	--------------------------------	--------------------------	------------	--------------------------	-----------------------	--------------------------

Cómo considera las acciones de cuidado y manejo de la Sierra de Guadalupe

Muy buenas	<input type="checkbox"/>	Buenas	<input type="checkbox"/>	Regulares	<input type="checkbox"/>	Malas	<input type="checkbox"/>	Muy malas	<input type="checkbox"/>
------------	--------------------------	--------	--------------------------	-----------	--------------------------	-------	--------------------------	-----------	--------------------------

La contaminación de los ríos que pasan cerca de su comunidad puede causar problemas en su salud o la de su familia

Totalmente en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	En desacuerdo	<input type="checkbox"/>	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	De acuerdo	<input type="checkbox"/>	Totalmente de acuerdo	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	---------------	--------------------------	--------------------------------	--------------------------	------------	--------------------------	-----------------------	--------------------------

La tala de árboles puede traer problemas a la colonia donde vive

Totalmente en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	En desacuerdo	<input type="checkbox"/>	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	De acuerdo	<input type="checkbox"/>	Totalmente de acuerdo	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	---------------	--------------------------	--------------------------------	--------------------------	------------	--------------------------	-----------------------	--------------------------

La contaminación puede generar conflictos sociales dentro de la comunidad

Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Ni de acuerdo ni en desacuerdo De acuerdo Totalmente de acuerdo

En su opinión, el agua de ríos y manantiales, los bosques, plantas y animales son: (Puede marcar más de una opción)

Fuente de riqueza y desarrollo para los habitantes Un elemento que le da belleza al lugar Un espacio de recreación Un espacio que se puede usar para otras actividades o construcciones

Lo que ocurre en los ríos de su comunidad afecta en otros cuerpos de agua como el Río de los Remedios

Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Ni de acuerdo ni en desacuerdo De acuerdo Totalmente de acuerdo

Las acciones de los habitantes han determinado el estado actual de sus áreas naturales

Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Ni de acuerdo ni en desacuerdo De acuerdo Totalmente de acuerdo

Los habitantes de esta colonia han tenido participación en el establecimiento y protección de las áreas naturales

Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Ni de acuerdo ni en desacuerdo De acuerdo Totalmente de acuerdo

Le gustaría estar más informado(a) acerca del estado ecológico de las áreas naturales como "La Sierra de Guadalupe"

Sí No

La ciudadanía debería tener más influencia en las decisiones sobre los recursos naturales de la comunidad

Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Ni de acuerdo ni en desacuerdo De acuerdo Totalmente de acuerdo

Cuál cree que sea la principal causa de la contaminación del agua, el suelo y el aire en su comunidad

Contribuiría algunas horas a la semana en labores de conservación de ecosistemas

Sí No No sé

¿Pertenece o ha colaborado con alguna Asociación a favor del cuidado del medio ambiente?

Sí ¿Cuál? No

Pagaría algún impuesto para mejorar las condiciones del medio ambiente en los alrededores de los ríos y en la Sierra de Guadalupe

Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Ni de acuerdo ni en desacuerdo De acuerdo Totalmente de acuerdo

Las escuelas enseñan lo suficiente a los niños y jóvenes sobre el cuidado del medio ambiente

Totalmente en desacuerdo En desacuerdo Ni de acuerdo ni en desacuerdo De acuerdo Totalmente de acuerdo

Realiza acciones para cuidar el medio ambiente como separar la basura de su hogar



Nunca Muy pocas veces Algunas veces Casi siempre Siempre



Participa en labores de reforestación

Nunca Muy pocas veces Algunas veces Casi siempre Siempre


Participa en labores de limpieza de calles, avenidas o áreas verdes									
Nunca	<input type="checkbox"/>	Muy pocas veces	<input type="checkbox"/>	Algunas veces	<input type="checkbox"/>	Casi siempre	<input type="checkbox"/>	Siempre	<input type="checkbox"/>
El gobierno y las instituciones pueden por sí solos resolver los problemas ecológicos									
Totalmente en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	En desacuerdo	<input type="checkbox"/>	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	De acuerdo	<input type="checkbox"/>	Totalmente de acuerdo	<input type="checkbox"/>
Trabajaría en labores de conservación y restauración de flora y fauna a cambio de un pago									
Totalmente en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	En desacuerdo	<input type="checkbox"/>	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	De acuerdo	<input type="checkbox"/>	Totalmente de acuerdo	<input type="checkbox"/>
Desearía que hubiera una consulta para elaborar nuevos programas de gobierno a favor del medio ambiente									
Totalmente en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	En desacuerdo	<input type="checkbox"/>	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	De acuerdo	<input type="checkbox"/>	Totalmente de acuerdo	<input type="checkbox"/>
Estaría dispuesto a obedecer nuevas leyes con el fin de proteger el medio ambiente									
Totalmente en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	En desacuerdo	<input type="checkbox"/>	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	<input type="checkbox"/>	De acuerdo	<input type="checkbox"/>	Totalmente de acuerdo	<input type="checkbox"/>


ANEXO 5. DESCRIPCIÓN SITIOS DE MUESTREO DE AGUA


Estación	Características	Hora y fecha
<p data-bbox="412 369 451 399">E1</p> 	<p data-bbox="651 369 1208 478">Largo: 16.60 m Ancho: 15.42 m (en la parte más ancha) y 12.95 m (en la parte más angosta). Área: 432.84 m (aprox.)</p> <p data-bbox="651 499 1208 764">Presencia de vegetación ribereña de pastos y eucaliptos. No se encontró materia flotante, sin embargo se identificaron agrupaciones de algas. El agua estaba estancada y se encontraba un poco turbia por la presencia de sedimentos, sin embargo no se presentó mal olor. Entre la fauna no muestreada se logró apreciar una tortuga.</p>	<p data-bbox="1243 541 1377 621">7 de marzo 2014</p> <p data-bbox="1276 680 1344 709">14:30</p>
<p data-bbox="412 852 451 882">E2</p> 	<p data-bbox="651 852 1208 1192">Ubicado dentro de la zona urbana, presentó un ancho de caudal de 2m, sin presencia de vegetación aledaña, excepto por la existencia de algunos pastos y árboles propios del arbolado urbano. Se identificó poca turbidez, residuos sólidos principalmente botellas de plástico y empaques de papas, así como sedimentos. Se tuvo observación de mariposas, lagartijas, moscas, y abejas.</p>	<p data-bbox="1243 936 1377 1016">7 de marzo 2014</p> <p data-bbox="1276 1075 1344 1104">13:30</p>
<p data-bbox="412 1255 451 1285">E3</p> 	<p data-bbox="651 1255 1208 1478">Ubicado a un costado de la Iglesia “La preciosa sangre”, presentó un ancho de 4m, y escasa profundidad de algunos centímetros. Se identificó formación de espuma y presencia de residuos sólidos, la mayoría bolsas de plástico. El mal olor fue muy característico en este sitio.</p>	<p data-bbox="1243 1255 1382 1335">18 de marzo 2015</p> <p data-bbox="1276 1394 1344 1423">12:43</p>


<p style="text-align: center;">E4</p> 	<p>Se midió un caudal aproximado de 3m. Se apreció turbiedad, espumas, y mal olor y drenajes visibles. Aunque el enrejado se encontraba roto, es posible que gracias a él el sitio resaltara por la ausencia de basura.</p>	<p>18 de marzo 2015 13:00</p>
<p style="text-align: center;">E5</p> 	<p>Sitio con 3.2m de ancho y profundidad media de 35cm. En este sitio la corriente del agua fue mucho más rápida que en los sitios más altos, registrándose una velocidad de 2 m seg⁻¹. Se percibió un mal olor, y agua turbia.</p> <p>A un costado del caudal, al interior de la laguna reguladora se identificó vegetación palustre como el carrizo (<i>Phragmites australis</i>) y otras como la masiega (<i>Cladium mariscus</i>) y lirio acuático (<i>Eichhornia spp.</i>)</p>	<p>18 de marzo 2015 13:30</p>


ANEXO 6. DESCRIPCIÓN SITIOS DE MUESTREO DE VEGETACIÓN

7 de enero 2015	Coordenadas	14 UTM	Q 0484737 2163908	Sitio 1
Vegetación dominante	<i>Dodonaea viscosa</i> (Chapulixtle)		Altitud	2624 msnm
				
<p>Este sitio de muestreo presentó vegetación arbustiva y arbórea sólo en 250m² (2 cuadrantes), aunque el Chapulixtle fue el dominante con 26 individuos.</p> <p>El hábitat de esta especie se asocia a las comunidades secundarias de bosques perturbados (especialmente de encinares) claros de bosques, lugares expuestos, pastizales deteriorados, terrenos erosionados y matorrales, aunque en este caso la especie fue introducida como parte de las acciones de reforestación y retención de suelos.</p> <p>El estrato herbáceo se presentó de manera abundante en los 4 cuadrantes con especies de la familia Compositae y Poaceae (gramíneas). Asimismo hubo presencia de mantillo, una pendiente parcialmente inclinada.</p>				
Condiciones medias: sotavento, parcialmente soleado, efecto sombra.			Viento: 1.2 km/hr	
Temperatura 18.3° (10:30am)			Humedad 52.8 %	

7 de enero 2015	Coordenadas	14 UTM	Q 0484872	Sitio 2
			2164156	
Vegetación dominante	<i>Eucaliptus sp</i>		Altitud	2694 msnm
				
<p>Lugar con un bosque abierto de Eucalipto. Rodeado de algunos claros sin vegetación abundante. Este lugar contaba con un estrato arbóreo superior representado por 41 individuos del género <i>Eucaliptus sp</i> (2 diferentes especies), un estrato arbóreo inferior de <i>Quercus microphylla</i>, un estrato arbustivo inferior de <i>Nolina parviflora</i> y <i>Agave sp</i> y finalmente abundancia de gramíneas pero muy pocas compuestas.</p> <p>Hubo presencia de mantillo y una pendiente de 0%. La mayoría de los individuos de <i>Eucaliptus sp</i>, presentaron plaga causada por insectos y hongos. En este sitio se encontraron abundantes Ortópteros.</p>				
Condiciones medias: sotavento, soleado, sin bruma, efecto de sombra			Viento: 5.6 km/hr	
Temperatura 9.5°C (11:10am)			Humedad 71%	


7 de enero 2015	Coordenadas	14 UTM	Q 0485446 2164560	Sitio 3
Vegetación dominante	<i>Eucaliptus sp</i>		Altitud	2659 msnm
				
<p>Sitio dominado por árboles de eucalipto (37) y presencia de <i>Schinus molle</i> y <i>Casuarina equisetifolia</i>, en el estrato arbóreo inferior se encontraron ejemplares de <i>Crataegus sp</i>, y el estrato arbustivo albergó algunos individuos de <i>Dodonaea viscosa</i>. Hubo presencia de gramíneas, mantillo y una pendiente del 0%.</p> <p>El (diámetro normal) DN promedio de los organismos del género <i>Eucaliptus</i> fue de 12cm, todos con fuste recto y portadores de la plaga de insectos psíidos (<i>Glycaspis brimblecombei</i>) en sus hojas y por algunos hongos defoliadores y descortezadores.</p>				
Condiciones medias: sotavento, soleado, sin bruma, efecto de sombra			Viento: 2.5 km / hr	
Temperatura 16° (12:00pm)			Humedad 56.5%	


8 de enero 2015	Coordenadas	14 UTM	Q 0486556	Sitio 4
			2165917	
Vegetación dominante	<i>Quercus sp</i> con vegetación secundaria		Altitud	2626 msnm
				
<p>Sitio caracterizado por una vegetación de encinar en estado juvenil. Se registró presencia de <i>Cupressus lindleyi</i>, <i>Causarina equisetifolia</i> y <i>Eucaliptus sp</i> (adultos y brinzales), <i>Quercus microphylla</i> en el arbóreo inferior, así como vegetación secundaria abundante, arbustos y algunas herbáceas.</p> <p>No se observó dosel, y se presentó un mantillo abundante.</p>				
Condiciones medias: sotavento, nublado, sin bruma, No efecto de sombra, mayor sensación de humedad			Viento: 1.5 km/hr	
Temperatura 9.8°C (10:20am)			Humedad 59.6%	


8 de enero 2015	Coordenadas	14 UTM	Q 0486900 2165852	Sitio 5
Vegetación dominante	Quercus sp	Altitud	2586 msnm	
				
<p>Vegetación dominada por encino, en estados adulto, juvenil y brinjal (41 individuos), asimismo se presentaron dos individuos de <i>Pinus spp.</i> y <i>Casuarina equisetifolia</i>. En este sitio hay un dosel cerrado que atenúa significativamente la cantidad de Radiación Fotosintéticamente Activa (RAFA) que llega al sotobosque y genera un microambiente más húmedo y menos cálido que a su vez influyen sobre la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes. Se presentaron escasos arbustos, ausencia de gramíneas, y se observó presencia de mantillo y una pendiente inclinada mayor al 30%.</p> <p>Los ejemplares de <i>Quercus spp.</i> presentaron fustes rectos y follaje de color normal, el DN promedio de estos individuos fue de 19cm, siendo de 45cm el mayor. Mientras que uno de los organismos de <i>Pinus spp.</i> presentaro un DN de 53cm. La distancia entre individuos fue de 3 a 4m.</p>				
Condiciones medias: sotavento, nublado, sin bruma, No efecto de sombra, mayor sensación de humedad		Viento: 4.2 km/hr		
Temperatura 9.8°C (10:46am)		Humedad 67.3%		

8 de enero 2015		Coordenadas		14 UTM	Q 0487315 2165415	Sitio 6
Vegetación dominante		<i>Cupressus lindleyi</i>		Altitud		2654 msnm
						
<p>Plantación de cedro blanco (<i>Cupressus lindleyi</i>). Se registró la presencia de algunas plántulas de renuevo de tepozán (<i>Buddleja cordata</i>) pero muy escasos pastos. No obstante las zonas aledañas a este sitio presentaban arbustos y gramíneas.</p> <p>El DN promedio de los ejemplares de cedro fue de 15.4cm, y la distancia promedio entre individuos fue entre 80 y 180cm.</p> <p><i>C. lindleyi</i> es un cedro nativo de México, abundante en el eje neovolcánico que se ha usado mucho para revegetar otras partes de la sierra en donde el clima es húmedo y los suelos tienen buen drenaje. Se usa por su tolerancia a suelos someros, arenosos, ácidos, calizos o pobres en nutrientes, como los de la SG en este momento, sin embargo este le puede conllevar a tener malformaciones. Sin embargo los individuos muestreados presentaron fustes rectos y la mayoría presentaron heridas de poda así como ramas secas y follaje cónico que formaban un dosel cerrado.</p>						
Condiciones medias: sotavento, parcialmente nublado, sin bruma, No efecto de sombra,				Viento: 3.5 km/hr		
Temperatura 9.6°C (11:41am)				Humedad 61.3%		


9 de enero 2015	Coordenadas	14 UTM	Q 0487151 2164909	Sitio 7
Vegetación dominante	<i>Eucaliptus sp.</i>	Altitud	2566 msnm	
 <p>Zona cuyo estrato arbóreo estaba dominado por <i>Eucaliptus sp.</i>, <i>Schinus molle</i> y <i>Cupressus lindleyi</i>. Se presentó un estrato arbustivo abundante y ausencia de dosel.</p> <p>Se encontró mantillo abundante y una pendiente poco inclinada,</p> <p>El DN promedio para los eucaliptos fue de 45.8cm, mientras que para los cedros blancos fue de 11.5 cm.</p> <p>Cabe mencionar que en las zonas aledañas a este sitio se observaron árboles frutales de granada, zapote, tejocote y capulín. Así como organismos de <i>Buddleja cordata</i>, <i>Eysenhardtia polystachya</i>, y jarilla.</p>				
Condiciones medias: sotavento, parcialmente nublado, No efecto de sombra sin bruma.		Viento:1.2km/hr		
Temperatura 12.9°C (10:30am)		Humedad 66.7%		

9 de enero 2015	Coordenadas	14 UTM	Q 0487205	Sitio 8
			2164245	
Vegetación dominante	<i>Eucaliptus sp</i>		Altitud	2519msm
 <p data-bbox="237 989 1386 1087">Sitio con estrato arbóreo muy pobre representado por individuos de <i>Eucaliptus sp.</i> (23), <i>Acacia sp.</i>, <i>Buddleja cordata</i>, que dejaba un gran claro que permitió el desarrollo de un estrato arbustivo muy abundante con dominancia de gramíneas.</p> <p data-bbox="237 1108 1386 1207">Se presentó mantillo y una pendiente leve. En zonas cercanas a este punto se observaron bosquetes con una vegetación de pino-encino con 3 especies diferentes de <i>Pinus sp.</i>, y <i>Quercus</i> en estado juvenil y brinzal.</p>				
Condiciones medias: sotavento, parcialmente nublado, No efecto de sombra, sin bruma			Viento: 1.7 km/hr	
Temperatura 14°C (11:40am)			Humedad 65.9%	

9 de enero 2015	Coordenadas	14 UTM	Q 0487841	Sitio 9
			2164468	
Vegetación dominante	<i>Eucaliptus sp</i>		Altitud	2657 msnm
				
<p>Plantación de eucalipto (47 individuos), con dosel abierto, poca presencia de arbustos y hierbas por la ausencia de suelo natural y cubierta de los eucaliptos (sus hojas caídas tienen sustancias alelopáticas que no permitan el establecimiento de ruderales ni mucho menos de plantas arbóreas). Se registraron individuos de <i>Pinus sp.</i>, (7 individuos) y una <i>Acacia sp</i> en estado muerto</p> <p>La mayor parte del eucalipto presentó plaga de insectos psílidos, fustes rectos con un DN promedio de 19cm y una distancia entre de individuos de 2 a 4m. Por su parte los pinos presentaron un DN promedio de 12cm y una distancia de 6m entre individuos.</p> <p>Se distinguió mantillo, una pendiente del 0%, y presencia de individuos de <i>Pinus sp</i> y <i>B. cordata</i> en las cercanías.</p>				
Condiciones medias: sotavento, parcialmente nublado, , No efecto de sombra, sin bruma			Viento: 0km/hr	
Temperatura 18.5°C (12:00pm)			Humedad 62.8%	

12 de enero 2015	Coordenadas	14 UTM	Q 0488010	Sitio 10
			2162838	
Vegetación dominante	<i>Eucaliptus sp</i>		Altitud	2555 msnm
				
<p>Con una pendiente menor al 10% este sitio presentó abundancia de eucaliptos apiñados en un cuadrante (93 individuos) de edad juvenil y brinzal principalmente. Pastos altos (50cm aprox.) en toda el área y arbustos sólo en uno de los cuadrantes de muestreo.</p> <p>Se identificaron abundantes Nematoceros, 3 tocones equidistantes colocados de manera intencional, y presencia de mantillo.</p>				
Condiciones medias: sotavento, parcialmente nublado, No efecto de sombra, sin bruma, presencia de rocío			Viento: 0 km/hr	
Temperatura 13.9°C (10:50am)			Humedad 72.5% ¹³	

¹³ Los dos días anteriores a este muestreo (10 y 11 de enero) se presentó lluvia ligera

12 de enero 2015	Coordenadas	14 UTM	Q 0487552 2162336	Sitio 11
Vegetación dominante	<i>Cupressus lindleyi</i>	Altitud	2552 msnm	
				
<p>Plantación de <i>Cupressus lindleyi</i>, con 115 individuos de esta especie, un ejemplar de <i>Quercus sp</i> en estado de plántula y uno juvenil de <i>Acacia sp</i>.</p> <p>Se distinguió un dosel cerrado y sólo se presentaron gramíneas escasas en 1 de los cuadrantes y carencia de arbustos. Se localizaron 8 tocones de cedro localizados en 2 cuadrantes y escaso mantillo.</p>				
Condiciones medias: sotavento, soleado, No efecto de sombra,		Viento: 0 km/hr		
Temperatura 16°C (12:00pm)		Humedad 43.4%		

12 de enero 2015	Coordenadas	14 UTM	Q 0487170	Sitio 12
			2161737	
Vegetación dominante	<i>Quercus sp</i>	Altitud	2535 msnm	
				
<p>Zona con presencia de encinos en estado juvenil (9 individuos) y 3 en estado brinzal, 6 ejemplares de <i>Pinus spp.</i> y un árbol de pirul (<i>Schinus molle</i>). Sitio de pendiente aproximada del 10% y mantillo presente.</p> <p>Se ubicaron pocos arbustos, pero abundantes pastos de aproximadamente 50cm de alto, y ausencia de dosel.</p>				
Condiciones medias: sotavento, soleado, No efecto de sombra			Viento: 0 km/hr	
Temperatura 21°C (1:17pm)			Humedad 35%	