



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO



---

FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL  
Licenciatura en Ciencias Ambientales

*“Evaluación de sitios para el establecimiento del  
Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos  
en la microcuenca los Berros  
(Villa Victoria y Villa de Allende, Estado de México)”*

## TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE:  
LICENCIADA EN CIENCIAS AMBIENTALES

Presenta:

JANNETTE KARINA CAMPOS VARA

Directora de Tesis

M. EN C. IRMA GUADALUPE SALAZAR CERDA

Octubre 2013

Toluca, Estado de México

## Agradecimientos

*En éste trascendente ciclo de la vida que después de mucho por fin se cierra, debo reconocer a aquellos que siempre creyeron en mí.*

- *A cada uno de mis maestros por los conocimientos transmitidos en la carrera, en especial a la Maestra Angélica y al Maestro Armando por sus valiosas aportaciones, sin las que este documento no habría sido posible.*
- *Maestra Irma, sin su ayuda, compromiso moral, insistencia, paciencia y profesionalismo, jamás me habría titulado. Mil gracias por ser mi amiga, consejera, confidente y por la confianza en cada momento.*
- *Mamá y Papá por darme aliento en los momentos en que más falta me hacía, sus enseñanzas, cariño, confianza y apoyo.*
- *Hermanita por tu valor, por enfrentarte al mundo, por crecer más rápido que yo y volverte mi consejera, además de darme un maravilloso sobrino.*
- *A cada uno de los miembros de la familia que nunca dejo de alentarme, Tía Flor, Tío Rodrigo, Abue, mis primos: Jhoana, Brenda, Chris, Vale y Jesús.*
- *Ana y Leticia por la convivencia que nos ha consolidado, por ser mis amigas incondicionales, aguantarme mi mal genio y claro yo el suyo, pues sin la estabilidad y dinámica que construimos jamás habría encontrado la fuerza, el momento ni el lugar para continuar.*
- *Amigos de la escuela por el tiempo que nos soportamos, las aventuras, fiestas, fabulosos momentos de aprendizaje durante nuestra estadía en la facultad y en sus respectivos casos por su permanencia en mi vida, Ana (si otra vez), Mariana, Lulu, Paquito, Ricardo, Ulises, Fabián, Giovanni y los que se me olviden que hayan hecho alguna aportación.*
- *A esas personas que se fueron cruzando en el camino y significaron un elemento fundamental para mi persistencia, Flavio Ramírez y Paco Valtierra por su confianza en mí y las oportunidades de crecimiento laboral mientras aún estudiaba. Max, por los consejos de amigo y jefe, Cesar por los recorridos a campo, Chava por la información y la insistencia.*
- *JuanMa, por tu paciencia, serenidad, amor, cariño y todas las aportaciones importantes y buenas.*
- *Rocío ya que en poco tiempo aprendiste a interpretarme para darme consejos de amiga y hermana. Rous, Adri, Jaz, también gracias por escucharme.*
- *Charly, por el gran ser humano que eres, por tus enseñanzas y sobre todo por tu transcendencia en mi existencia.*
- *Si no mencione a alguien importante, no se sientan, es falta de espacio y mala memoria.*

*Agradezco a la vida misma por los retos a vencer que me dieron la fuerza para afianzarme, crecer como ser humano, como profesionalista, como mujer... y definitivamente me agradezco a mí misma, por no rendirme, pese a todo.*

## ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS.....	5
INTRODUCCIÓN.....	7
ANTECEDENTES.....	10
OBJETIVO GENERAL.....	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	14
METODOLOGÍA.....	15
Primera fase, recolección de datos.....	15
Datos de tipo documental.....	15
Datos de tipo cartográfico.....	16
Datos de tipo estadístico.....	17
Diseño de la Investigación.....	18
Marco Teórico-Conceptual.....	18
Marco Jurídico y de Gestión.....	18
Caracterización y Diagnóstico.....	19
Elaboración de cartografía.....	20
Evaluación y propuesta.....	21
Conclusiones y Recomendaciones.....	22
CAPÍTULO 1.....	24
MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL.....	24
1.1 El Pensamiento Sistémico.....	25
1.2 Sistemas Hidrológicos.....	26
1.3 Percepción y manejo de una cuenca.....	29
1.3 Las cuencas y los sistemas hidrológicos.....	31
1.4 La gestión del agua en las cuencas.....	33
1.5 El Pago de Servicios Ambientales como instrumento del desarrollo sustentable para la gestión de cuencas hidrográficas.....	35
1.5.1 Antecedentes de los Servicios Ambientales.....	37
1.5.2 El programa de pago por servicios ambientales.....	40
1.5.3 Los servicios ambientales de las cuencas.....	41
CAPÍTULO 2.....	43
MARCO JURÍDICO Y DE GESTIÓN.....	43
2.1 El marco jurídico y de gestión a nivel federal.....	44
2.2 Marco jurídico y de gestión a nivel estatal.....	51

2.3 Marco jurídico y de gestión a nivel local .....	53
CAPÍTULO 3.....	56
CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	56
3.1 Subsistema biofísico.....	58
Hidrología.....	58
Geomorfología .....	59
Unidades geo hidrológicas.....	60
Geología.....	61
Edafología.....	62
Uso de suelo.....	64
Vegetación .....	65
Clima.....	68
Disponibilidad superficial de agua .....	69
3.2 Subsistema socio-cultural.....	71
3.3 Subsistema económico .....	72
CAPÍTULO 4.....	73
EVALUACIÓN Y PROPUESTA .....	73
4.1. Criterios y ponderaciones de sus variables.....	74
4.1.1. Ponderación para geomorfología.....	74
4.1.2 Ponderación para geología .....	76
4.1.3 Ponderación para vegetación .....	77
4.1.4 Ponderación para edafología.....	78
4.2 Evaluación e identificación de sitios para la Provisión de Servicios Ambientales Hidrológicos.....	79
4.3 Acciones inherentes al PSAH en la cuenca para 2012 en comparación con los resultados.....	87
4.4 Propuesta.....	93
4.4.1 Instrumentos que ayudan a consolidar la propuesta.....	93
4.4.2 La figura del Promotor Forestal Comunitario .....	94
4.4.3 Aplicación de los instrumentos y participación del Promotor Forestal Comunitario según el rango de aptitud y la prioridad de atención de los sitios.....	95
CAPÍTULO 5.....	100
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	100
BIBLIOGRAFÍA.....	105
SIGLAS Y ABREVIATURAS.....	110

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

### CUADROS

Cuadro 1 Acciones de gestión en la cuenca.....	34
Cuadro 2 Categorización de Servicios Ambientales .....	39
Cuadro 3. AA2030 en la gestión del agua en México .....	49
Cuadro 4. Región hidrológica en la que se ubica la microcuenca “Los Berros” .....	58
Cuadro 5. Ponderación para geomorfología .....	75
Cuadro 6. Ponderación para geología .....	76
Cuadro 7. Ponderación para vegetación.....	78
Cuadro 8. Ponderación para edafología .....	78
Cuadro 9. Reclasificación de rangos de aptitud y prioridad de atención.....	80
Cuadro 10. Rangos y sus prioridades de atención .....	96

### FIGURAS

Figura 1. Diagrama metodológico.....	23
Figura 2. El ciclo del agua.....	27
Figura 3 Mapa topográfico .....	57
Figura 4. Mapa Hidrológico.....	59
Figura 5. Mapa Geomorfológico .....	60
Figura 6. Mapa Geológico.....	62
Figura 7. Mapa Edafológico .....	64
Figura 8. Mapa de uso de suelo .....	65
Figura 9. Mapa de vegetación .....	67
Figura 10 Variables del clima en la cuenca .....	68
Figura 11. Mapa Climatológico .....	70
Figura 12. Crecimiento de población .....	71
Figura 13. Mapa Aptitud de espacios para PSAH en la microcuenca “Los Berros” .....	80
Figura 14. Mapa de Reclasificación de Rangos Aptitud para PSAH.....	81
Figura 15. Mapa comparativo del criterio geomorfología con los resultados .....	83
Figura 16. Mapa comparativo del criterio geología con los resultados .....	84

Figura 17. Mapa comparativo del criterio edafología con los resultados .....	85
Figura 18. Mapa comparativo del criterio vegetación con los resultados .....	86
Figura 19. Mapa de acciones inherentes al PSAH en la cuenca para 2012 en comparación con los resultados.....	88
Figura 20. Mapa de acciones inherentes al PSAH en la cuenca para 2012 en comparación con el criterio geomorfología .....	89
Figura 21. Mapa de acciones inherentes al PSAH en la cuenca para 2012 en comparación con el criterio geología.....	90
Figura 22 Mapa de acciones inherentes al PSAH en la cuenca para 2012 en comparación con el criterio edafología.....	91
Figura 23. Mapa de acciones inherentes al PSAH en la cuenca para 2012 en comparación con el criterio vegetación .....	92

# INTRODUCCIÓN

---

El presente trabajo de tesis, parte del análisis de las cuencas hidrográficas en el contexto del pensamiento sistémico, por ser ésta forma de entender los problemas y el mundo que nos rodea los que dan cabida a la existencia de las Ciencias Ambientales, se analiza el concepto de cuenca, pues son las unidades geográficas tangibles y funcionales más aceptadas para el proceso de gestión integrada del agua, para ello se incorpora el análisis de sus características y funciones, se ofrecen las razones para considerar a éstas unidades como sistemas y figuras básicas para el desarrollo sustentable.

Del mismo modo se hace notar la diferencia entre los conceptos de gestión, manejo y aprovechamiento de una cuenca, pasando por la revisión del concepto de gestión del agua desde la perspectiva de las cuencas.

Después de comprender lo que es una cuenca, se hace un análisis del ciclo del agua con la finalidad de tener un acercamiento a los sistemas hidrológicos, su importancia, las problemáticas ambientales existentes en torno al ciclo y la forma en que se vincula con las cuencas.

Como concepto donde convergen todos los elementos anteriores se considera a los servicios ambientales, siendo éstos un instrumento del desarrollo sustentable, que nos permite medir, cuidar y administrar una zona; para efectos de ésta investigación, se considera a la cuenca como la unidad de trabajo ideal para analizar Servicios Ambientales, entendiéndolos como los beneficios que nos proporcionan los distintos ecosistemas por el simple hecho de existir o a través de su manejo sustentable e influyen directamente en el mantenimiento de la vida.

Ahora bien, el desarrollo de las actividades humanas en mucho depende de estos servicios, de allí, que se vuelve necesario reconocer el valor de los Servicios Ambientales, de los ecosistemas que los proveen y por lo tanto de las personas o comunidades que permiten que los mencionados ecosistemas proveedores de servicios ambientales existan.

En México a partir del año 2003, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) lanzó a nivel nacional el “Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PPSAH)” y al año siguiente el “Programa para Desarrollar el Mercado de Servicios Ambientales por Captura de Carbono y los Derivados de la Biodiversidad y para Fomentar el Establecimiento y Mejoramiento de Sistemas Agroforestales” (PSA-

CABSA), mismos que han recibido una gran respuesta de los propietarios y poseedores de los bosques y selvas de nuestro país.

Con el fin de optimizar dichos programas se lleva a cabo una investigación referente a la evaluación de sitios aptos para el establecimiento de PSAH, en la microcuenca de los Berros. Se describen casos de estudio desde ámbitos internacionales hasta locales que sirven como ejemplos prácticos de manejo, cuidado y preservación de los recursos naturales a través de la gestión de cuencas hidrográficas.

En la Metodología se describe la forma de la elaboración del presente trabajo y se aclara que no se hace manipulación de variables cuantitativas que den como resultado efectos y consecuencias de algún experimento

Con la cartografía se procedió a la delimitación de la cuenca con base en el trazo del parte-aguas a través de elementos topográficos e hidrográficos y obedeciendo a las formas naturales. También se mencionan los materiales cartográficos y software utilizado para enriquecer y detallar de manera geoespacial la zona de estudio.

Para el primer capítulo, hace referencia el pensamiento sistémico; la percepción y manejo de una cuenca por otro lado se dan a conocer los elementos que conforman el ciclo del agua. así mismo, se menciona como pueden incluirse los PSAH, como instrumento del desarrollo sustentable para la gestión de cuencas hidrográficas.

Para poder elaborar el segundo capítulo se seleccionaron elementos jurídicos y de gestión vigentes que intervienen en materia de medio ambiente en México, tras reunir todas las herramientas jurídicas y de gestión y con la finalidad de realizar una descripción lógica y accesible al lector, la información fue organizada de acuerdo a los órdenes de gobierno del país en tres niveles: Federal, Estatal y Municipal y a su vez se separó a los elementos jurídicos de los de gestión pero siempre analizándolos sobre el mismo nivel.

El tercer capítulo se da a conocer la caracterización y diagnóstico de la zona de estudio con la intención de lograr la descripción de algunos componentes del medio biofísico, se usaron como métodos de estudio el análisis y síntesis de la información previamente reunida.

En el cuarto capítulo se mencionan los criterios y ponderaciones que permitieron elegir los predios aptos para PSAH y de acuerdo a las características que presentan dichos sitios se discuten algunas opciones para articular Programas gubernamentales diferentes al Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos buscando ofrecer una propuesta integradora.



La información utilizada fue obtenida de bibliografía y publicaciones referentes a la gestión y manejo de cuencas hidrológicas, servicios ambientales, planes, programas, problemática ambiental hídrica, provenientes de instituciones públicas así como de autores reconocidos.

## ANTECEDENTES

En un contexto, donde se hacen notorios los cambios a nivel global que afectan a las diferentes regiones en mayor o menor medida, frente a los cambios de uso de suelo y trasvases de agua de una cuenca a otra, etc., los sistemas de gestión de los recursos hídricos deben responder a las características tanto físicas como ambientales, sociales, económicas y ecológicas de cada región o país en correspondencia a sus cuencas, (Dourojeanni R., 1999) subcuencas y microcuencas, dando lugar a diferentes formas de gestión. Incluso dentro de una misma nación la gestión se realiza de diferentes maneras, ésta situación propicia el estudio de algunos de los caminos de gestión, así como sus objetivos y resultados, dando elementos útiles a la investigación.

Lo que ha sucedido en el ámbito internacional, son experiencias que nos sirven como “...ejemplo de manejo de recursos naturales a través de cuencas hidrográficas como motor del desarrollo sostenible en beneficio de los habitantes que viven en ellas...” (Henao, 2006) permitiendo apreciar el contexto en que la presente investigación se desarrolla.

Entre los antecedentes más destacados, tenemos la Tennessee Valley Authority (TVA) en el oeste de los Estados Unidos de América, cuyos antecedentes se remontan al año 1933, es a partir de ésta experiencia, que las consideraciones para manejar el agua a nivel de cuenca y para aplicar técnicas de desarrollo regional mediante proyectos integrados toman un auge importante, (Dourojeanni R., 1999) la TVA, permitió una ordenación del territorio considerada muy satisfactoria y por ello sirvió de inspiración a la Comisión del Rin, de allí que la experiencia del Rin también es retomada, considerando además que es un río que pasa por 5 naciones y su rescate fue un trabajo coordinado de forma internacional que atravesó la 2ª guerra mundial y sin embargo, fue exitoso. (UNESCO, 2000)

Para Latinoamérica resalta Brasil con el programa Cultivando Agua Buena, en la Hidroeléctrica Itaipu/Binacional (Brasil/Paraguay) cuyo modelo de Gestión incorpora de forma clara y práctica elementos ambientales, de participación social y acciones de responsabilidad socio ambiental en cuencas hidrográficas. (Friederich, 2011)

Ahora bien, otro de los destacados es Colombia, con una peculiar manera de conjugar un proyecto forestal con el plan de manejo de una cuenca conformada por 5 municipios, así mismo otra razón a considerar es la inclusión de dicho proyecto en el Plan de Desarrollo de todos los municipios que integran la cuenca del río Chinchiná, cuya continuidad se ha extendido durante tres administraciones diferentes, desde 1999 hasta 2007 y tras los éxitos obtenidos se programó una segunda fase que

abarcó de 2007 a 2012. (Cotler, 2004)

México, a través de la organización de eventos de participación internacional como el Coloquio Internacional de Cuencas, reconoce que "... por la falta de planeación y de asignación de agua para el medio ambiente devienen pérdidas de servicios ambientales con impactos ecológicos, económicos y sociales..." (Cotler, 2004) No obstante, en nuestro país ya se han desarrollado algunas prácticas en torno al PSA, una de las más interesantes es la experiencia del río Gavilanes en Veracruz, que parte de la premisa de desarrollar estudios que permitan demostrar que entre bosques y agua existe una relación que sirve de base para el establecimiento de programas de pago por servicios ambientales, cuya finalidad sea promover la conservación de zonas boscosas, sobre todo en áreas frágiles y con altos índices de marginación. (Cotler, 2004)

Otra perspectiva útil es la que se desarrolla en el estado de Chiapas, donde el sentido de urgencia por los daños causados por el huracán Stan, propicia que surjan en poco tiempo diferentes iniciativas de manejo de cuencas, tras reconocer que la incidencia negativa de los fenómenos naturales fue resultado del mal manejo de sus cuencas. (López B. W., 2007)

Habiendo pasado ya por los ámbitos Internacional y Nacional, es importante mencionar los esfuerzos que se han hecho en torno a PSA en el Estado de México y zonas cercanas a la de estudio.

Ahora bien, para 2007, el Estado de México inauguró el Fideicomiso para el Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos del Estado de México (FIPASAHM) e implementa el PSA, sin embargo, el interés de la población se manifiesta antes, un ejemplo de ello es la cuenca de Amanalco-Valle de Bravo donde la iniciativa surge de una Asociación Civil (Fondo Procuenca Valle de Bravo) integrada por habitantes de la cuenca y algunos visitantes preocupados por el deterioro que sufría la zona y las consecuencias que ello podría traer a nivel económico y en la capacidad de provisión de agua y servicios ambientales (Bonfil H., 2006)

También ha habido participación de la Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), a través del Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), quien determinó que era relevante crear un Plan Rector de Producción para la microcuenca Arroyo Salado en Tenancingo, donde el incremento desmedido de la población rural intensifica la escasez de agua, por tanto, diseñó un proyecto que impactó en las actividades que desarrollan los productores y la influencia que éstas ejercen sobre el medio ambiente a través del reconocimiento de la necesidad de una buena planeación para aprovechar los recursos naturales con los que se cuenta y la necesidad de aumentar la producción de agua haciendo consciente y participe a la población de las prácticas de conservación del suelo y agua.

# JUSTIFICACIÓN

---

Los bosques desempeñan un papel importante para los ciclos de la vida, sin embargo en México se ha generado un fuerte presión ya sea por cambio de uso de suelo, para fines agrícolas, por el crecimiento urbano y actividades antrópicas.

En el estado de México hay sitios incorporados al PSAH pero no todos son aptos, ya sea por las características del suelo, la geología o la edafología y en general debido a que se considera únicamente la cubierta forestal como criterio de elegibilidad, por tanto no se han instrumentado herramientas o mecanismos que permitan visualizar los predios aptos para PSAH de una forma más integral.

Mientras tanto, el análisis de la dinámica hídrica del sistema Cutzamala, generado por el INE en 2012, reconoce que entre las zonas más problemáticas de los años 2009 a 2011 se encuentra la presa Villa Victoria, y determina que con respecto a las 7 presas que integran el sistema Cutzamala, es ésta misma la que mayor superficie tiene enfocada al sector primario con agricultura de temporal y por tanto la que menores áreas boscosas contiene. (Bunge, et al., 2012)

Aunque fuentes oficiales como CONAGUA (2012), y Gobierno Federal reconocen que existe ya un déficit en la provisión de agua del sistema Cutzamala, (CONAGUA, 2012) del que forma parte la cuenca, se ha hecho evidente que la alternativa que encuentran es aumentar la extracción, situación que provocará aun mayor estrés hídrico a las cuencas y desde luego a los habitantes.

Es el caso del deterioro de la cuenca los Berros, la creciente presión a la que es sometida y los riesgos que ello implica para su capacidad de provisión de agua que surgió el interés de hacer una discriminación de los Programas existentes que son útiles para asegurar que siga funcionando.

El Programa de Pago por Servicios Ambientales ha sido elegido por

- Representar un instrumento de conservación que va más allá de aislar los recursos y hacerlos intocables.
- Es un instrumento económico, lo que significa que aquel subsistema sobre el que ha recaído la responsabilidad del deterioro ambiental, ha hecho una valoración del subsistema ambiental y está buscando su conservación.

- Es el único Programa que permite que algunos de los habitantes que han sido afectados desde la creación del Sistema Cutzamala reciban una compensación directa.
- Ha tenido alta aceptación entre las poblaciones y habitantes propietarios de zonas forestales, por el ingreso económico que les genera.
- Está siendo utilizado en varios países de América Latina, todos con buenos resultados.
- A 10 años de su lanzamiento en México ha permanecido y tenido avances significativos
- Ha recibido apoyo constante de Gobierno Federal que anualmente ha incrementado el presupuesto del Programa.
- Logró el interés y participación de la iniciativa privada y los dueños de las tierras proveedoras de Servicios Ambientales a través de los fondos concurrentes.
- Es un programa que propicia la justicia ambiental, es decir, los avances que ha tenido en México con los fondos concurrentes han permitido que los interesados en usar los Servicios Ambientales de una región en específico tengan dialogo directo con los propietarios de la zona, garantizando corresponsabilidades.
- El programa se puede adaptar al sistema cuenca sin perder su objetivo y es sujeto de mejoras constantes.

## **OBJETIVO GENERAL**

---

Evaluar los sitios aptos para establecer el Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos en la microcuenca los Berros, en los municipios de Villa Victoria y Villa de Allende, Estado de México.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

---

1. Analizar las teorías y conceptos que sirvan como marco teórico-conceptual para explicar cómo es que el PSA sirve como estrategia para encaminar a la cuenca hacia la gestión del agua
2. Seleccionar y analizar los elementos jurídicos y de gestión en torno al agua desde los tres órdenes del gobierno.
3. Describir algunos de los aspectos de la microcuenca que tienen incidencia en la provisión de Servicios Ambientales Hidrológicos
4. Evaluar e identificar los sitios de la microcuenca con características para la provisión de Servicios Ambientales Hidrológicos.
5. Realizar una propuesta de PSA

## **PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

---

Para fines de ésta investigación se formularon dos preguntas:

¿Cuáles son las características que deberán tener los sitios de la microcuenca los Berros que se integren al Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos? luego entonces ¿Cuáles son los sitios más aptos de la microcuenca Berros para ser incorporados al Programa de Pago por Servicios ambientales Hidrológicos?

# METODOLOGÍA

---

En este estudio no se realiza un experimento que requiera de la manipulación intencional de una o más variables independientes para analizar sus posibles efectos y consecuencias tras dicha manipulación, se infiere que al no haber dichos experimentos ni manipulaciones sobre variables, la investigación está diseñada con un enfoque cualitativo- inductivo, (Hernandez Sampieri, et al., 2006) que por considerar el todo sin reducirlo a sus partes va en concordancia con el enfoque sistémico, siendo que también se encuentra focalizado a la comprensión de fenómenos sociales complejos, si bien, el tema de estudio involucra como elemento principal al subsistema biofísico, se destaca la relación que tiene con los subsistemas económico y socio-cultural.

## **Primera fase, recolección de datos**

### **Datos de tipo documental**

- Se consideraron sólo aquellas publicaciones que están vinculadas con el manejo de cuencas, los Servicios Ambientales, ya sea de autores nacionales e internacionales, sin embargo se dio prioridad a aquellos con amplio reconocimiento o una extensa participación en las Instituciones encargadas de la ejecución de los planes y programas del País, un ejemplo de ello es que se retomaron diferentes publicaciones de la Dra. Helena Cotler. (2004) Así mismo se toman los documentos relacionados con la problemática en torno al abasto de agua para el Distrito Federal, el sistema Cutzamala, la cuenca Valle de Bravo, las poblaciones indígenas de México, sus zonas forestales y el agua en general.
- Otro de los criterios de selección de los libros, revistas y artículos fue el año de publicación, eligiendo aquellos que fuesen menores a 10 años, salvo que el autor de dicho documento sea relevante, no existe una edición más reciente o cuyo reconocimiento permitió su inclusión pese a la edad de la publicación, tal es el caso de Bertalanffy (1976) con la Teoría de Sistemas.
- Se dio suma importancia a los documentos expedidos por instituciones cuyo propósito sea la generación y difusión de conocimiento, por tanto son reconocidos organismos y sus publicaciones son oficiales para las Instituciones de enseñanza.
- Así mismo se asistió a eventos como coloquios, ponencias y congresos relacionados con el tema para obtener la información más reciente de voz de los autores.
- Aunque durante el proceso fueron encontrados interesantes títulos sobre el tema, la disponibilidad de los mismos fue clave para su discriminación.

## **Datos de tipo cartográfico**

Para la elección de la cartografía fue necesario determinar la escala del trabajo, de acuerdo con la dimensión de los municipios de Villa Victoria y Villa de Allende se buscó la carta topográfica donde se localiza la zona de interés, y se resolvió que la microcuenca se encuentra contenida en la carta topográfica Villa de Allende E14A36 con escala 1:50 000.

Dicha carta topográfica se obtuvo de INEGI tanto en papel como en formato digital TIFF, ambas con escala 1:50 000 en proyección UTM y Datum ITRF92, la carta impresa es del año 2000 y la digital es de 1999.

Se obtuvieron también los límites digitales del Estado de México proporcionados por INEGI 2005, escala 1: 250 000, con delimitación municipal y en formato vectorial Auto CAD Drawing Interchange, los cuales fueron exportados de AutoCAD a ArcGis para convertirlos a formato shp.

En formato DWG escala 1:50 000 de la carta topográfica Villa de Allende E14A36, las dos capas más importantes fueron:

- Curvas de nivel escala 1:50,000 de la carta topográfica E14A36 Villa de Allende con equidistancia de 20 metros para mejor detalle y variables x, y, z que permitieran la elaboración de modelos de elevación con ayuda de software especializado.
- Red hidrográfica superficial escala 1:50 000 de la carta topográfica E14A36 Villa de Allende, cabe mencionar que a falta de detalle de algunos de los afluentes más pequeños de la zona, fue necesario trazarlos con dibujo en monitor y con base en la observación del comportamiento de las curvas de nivel.

No obstante, se consiguió la información de toda la carta topográfica E14A36 con de datos en formato dxf de los conjuntos de datos vectoriales carta topográfica escala 1:50 000 versión 3, (Ver anexo 1)

- Con la finalidad de enriquecer y detallar la investigación se adquirieron también las ortofotos de la zona por ser la combinación de las características del detalle de una fotografía aérea con las propiedades geométricas de un plano, en Formato TIFF, escala 1:25 000 vuelo 2005 las ortofotos utilizadas son 369, 370, 371a, 371b, 372, 373, 377, 378, 379, 380, 381, 427, 428, 429, 430 y 431 del estado de México. (INEGI, 2010)

Ahora bien las cartas temáticas que sólo se obtuvieron en papel o que fue necesario escanear y georeferenciar para digitalizar son las siguientes:



- A falta de disponibilidad de ejemplares nuevos y más recientes, imagen escaneada de la carta Geológica E14A36 (1981) de Villa de Allende en escala 1:50 000 y con equidistancia de 20 metros entre curvas de nivel.
- A falta de disponibilidad de ejemplares nuevos y más recientes, imagen escaneada de la carta Edafológica E14A36 (1978) de Villa de Allende en escala 1:50 000 y con equidistancia de 20 metros entre curvas de nivel.

En lo que respecta a la información local, el apoyo del municipio de Villa de allende y de Probosque para proporcionar los datos fue de suma importancia, pues son parte fundamental de la investigación, su relevancia será descrita más adelante.

- En formato shp, proporcionado por la dirección de Desarrollo Urbano del municipio de Villa de Allende, en proyección UTM, Datum ITRF92 tenencia de la tierra en Villa de Allende en escala 1:50 000.
- En formato shp, proporcionado por la dirección de Servicios Ambientales de Probosque, en proyección UTM, Datum ITRF92, polígonos del Programa de Pago por Servicios Ambientales de la región VII del Estado de México, de los años 2007, 2008, 2009, 2011 y 2012.

### **Datos de tipo estadístico**

- Censos de población 1995, 2000, 2005 y 2010 con sus variables respecto a las localidades de los municipios de Villa de Allende y Villa Victoria, de las cuales a través de la proyección de sus coordenadas en ArcView se eligió únicamente aquellas que quedaron posicionadas dentro del polígono perteneciente a la zona de estudio. De dicho censo, se toman sólo los datos correspondientes al número de habitantes de las localidades, sexo, edades y actividades.
- Censo agropecuario
- Base de datos con la identificación de las estaciones meteorológicas de todo el estado de México, de las cuales a través de la proyección de sus coordenadas en ArcView se eligió únicamente aquellas que quedaron posicionadas dentro del polígono perteneciente a la zona de estudio.
- Normales meteorológicas de las estaciones elegidas obtenidas de la página del Servicio Meteorológico Nacional, desde el año 1971, hasta el levantamiento más reciente que puede variar desde el año 2000, hasta el año 2005.

## ***Diseño de la Investigación***

### **Marco Teórico-Conceptual**

Tras la compilación de literatura, cartografía, se procedió a la revisión de la información y se dio origen al marco teórico-conceptual que contiene parte de los resultados de la consulta y revisión de la información reunida y que es el primero de los cuatro capítulos que estructuran éste trabajo de Tesis.

Para la elaboración de dicho capítulo se consideró el enfoque inductivo, tras entender los elementos básicos de la Teoría de sistemas, se analiza la perspectiva sistémica vinculada al agua y por tanto se deriva la revisión de las cuencas como unidades geográficas donde es tangible el sistema hidrológico

Se analiza el tema desde la perspectiva de expertos internacionales como Axel Dourojeanni (2010) y nacionales como Helena Cotler (2004) que concuerdan con organismos como la CEPAL (1999), para obtener un punto de vista uniforme y aplicable a diferentes escalas administrativas.

Ya sumados todos los elementos anteriores, se analiza el Pago por Servicios Ambientales, por significar un instrumento del desarrollo sustentable aplicable a las unidades geográficas elegidas, en la escala planteada y que permite armonizar los subsistemas ambiental, económico y social, además de significar una herramienta innovadora, con resultados sobresalientes y con posibilidades de desarrollo importantes en la región.

Cabe aclarar, que con éste primer análisis también se obtuvieron aportaciones para enriquecer los siguientes capítulos de la investigación y que conforme se ha avanzado en el documento se ha continuado con la recopilación de información nueva o en su caso vigente, así mismo es importante mencionar que un factor importante para la revisión de nuevos documentos fue que están referenciados en la literatura revisada.

### **Marco Jurídico y de Gestión**

El segundo capítulo, es donde se señala el vínculo que existe entre las leyes vigentes en materia de medio ambiente, tomando como elemento principal la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos de cuyos artículos se desprenden como elementos reglamentarios para su cumplimiento diferentes leyes, las instituciones a las que se faculta para su aplicación, la elaboración y ejecución de los Planes, Programas y Políticas que sirven como base para garantizar el cumplimiento de los principios fundamentales de la Constitución.

## **Caracterización y Diagnóstico**

### *Subsistema biofísico*

En concordancia con la aproximación metodológica para el manejo de agua en una cuenca rural, propuesta por (Alvarado Granados, et al., 2012) el primer subsistema de análisis fue el biofísico por contemplar los entes y procesos naturales y artificiales que participan en el aprovechamiento del recurso agua, se destacaron los procesos del ciclo hidrológico en la microcuenca y la participación humana en la apropiación y alteración de los mismos. (Alvarado Granados, et al., 2012)

Siguiendo la aproximación metodológica de (Alvarado Granados, et al., 2012) se hizo una descripción breve de los ecosistemas partiendo de componentes como el clima, haciendo énfasis en la precipitación pluvial, el escurrimiento, la infiltración y la evaporación, pues desde el punto de vista de los autores, el manejo del agua nos exige conocer la configuración geológica, el relieve, la vegetación, los suelos y sus usos, todos ellos vinculados entre sí para conservar la perspectiva sistémica y teniendo muy presente el bucle de realimentación de los elementos y las propiedades emergentes del sistema.

El abordaje de los procesos geológicos es un referente importante en ésta investigación por explicar las condiciones de permeabilidad y el flujo del agua hacia los mantos (Alvarado Granados, et al., 2012), lo que a su vez justifica el análisis de aptitud de las unidades geo hidrológicas.

La edafología es atendida con base en que es el soporte de los procesos naturales y sociales, y su deterioro es resultado de actividades agrícolas, forestales y urbanas, por tanto se le caracteriza junto con su uso actual y su uso potencial (Alvarado Granados, et al., 2012) para verificar su estado con la finalidad de orientar la propuesta hacia un uso más adecuado al mantenimiento de los servicios ambientales del sistema cuenca.

Con relación a todos los componentes es el hídrico el que más destacó, por ser el elemento eje del estudio realizado, razón por la que se hizo una descripción de ciclo hidrológico en la cuenca, tratando de comprender su dinámica y los procesos de apropiación que la afectan (Alvarado Granados, et al., 2012). Con respecto al agua y su relación con el resto de los componentes “... el suelo posibilita, por un lado la filtración y por otro potencia actividades, a su vez el suelo con su geomorfología condiciona su espesor, la infiltración y la retención de humedad; esta última vinculada directamente con la vegetación...” (Alvarado Granados, et al., 2012) Indudablemente la infraestructura vinculada al agua juega un papel determinante por la influencia en las salidas del sistema cuenca, así como de los usos de suelo y las actividades humanas.

## **Elaboración de cartografía**

Con la cartografía obtenida en la primera fase de la investigación, se procedió a la delimitación de la cuenca con base en el trazo del parte-aguas a través de elementos topográficos e hidrográficos y obedeciendo a las formas naturales.

Con fines de verificación de la información, el trazo se hizo de manera digital y manual, el primero de ellos fue el diseño manual sobre la carta topográfica 1:50 000 (Cardosa Vazquez , et al., 2007)

1. Se remarcó la red de drenaje de interés.
2. Se identificó el inicio de la red de drenaje en la parte alta de la cuenca.
3. Se identificó la salida de la cuenca.
4. Se marcaron los cerros más altos que rodean la cuenca.
5. Se hizo el trazo del parte-aguas a través de la unión de los puntos de máximo valor visualizando las curvas de nivel, la red hidrográfica y las cotas de las curvas. Esto dio lugar a la demarcación de áreas de drenaje superficial donde confluyen las aguas principalmente pluviales hacia un punto de salida. (INE, 2005)

Para la elaboración digital, se utilizó la técnica de dibujo en monitor, en el software AutoCAD, se cargaron las curvas de nivel de la carta E14A36 con los datos “x, y, z”, se creó una nueva capa con el nombre parte-aguas y usando el trazo manual como guía, se procedió a localizar los puntos de máximo valor a través de la verificación del valor “z” y con base en la observación del comportamiento tanto de la red hidrográfica como de las curvas y sus respectivas altitudes, se fue trazando en pantalla, cada que se identificaba un punto más alto, o más bajo que el del diseño manual se redibujó la línea buscando obtener la mayor precisión posible.

Ya obtenido y cerrado el trazo completo en formato Dwg, se hizo la exportación de la línea obtenida a formato shp, para ser leída por ArcView y ArcGis, convirtiéndola en polígono durante el proceso.

Tras la revisión de las corrientes obtenidas de la carta topográfica 1:50 000, se detectó que las corrientes intermitentes estaban incompletas, por lo que utilizando la técnica de dibujo en monitor y observando el comportamiento de las curvas de nivel y la hidrología, se trazaron en el software AutoCAD con una nueva capa llamada corrientes faltantes en formato Dwg, que al igual que con el polígono del parte-aguas fue exportado a formato shp, en éste caso como líneas.

Para la generación de la cartografía temática se siguieron métodos distintos, para la Edafología y Geología se escanearon, geo referenciaron y digitalizaron las cartas 1:50,000 de INEGI. En el caso de

la vegetación, sobre las ortofotos del vuelo 2010 de IGCEM se dibujaron los rodales de vegetación con la técnica de dibujo en monitor.

## **Evaluación y propuesta**

### *Selección de criterios*

Ya sabiendo que la herramienta para la evaluación sería el análisis multicriterio se eligieron 4 elementos que de acuerdo con el aprendizaje de las Ciencias Ambientales se consideró determinantes en la provisión de Servicios Ambientales Hidrológicos, cada criterio fue asignado con el mismo peso específico buscando la integralidad del análisis.

Los criterios elegidos fueron:

- Geomorfología
- Geología
- Edafología
- Vegetación

En el apartado correspondiente a la caracterización y diagnóstico se ofrecen las bases de selección de cada uno de los criterios anteriores.

### *Proceso de identificación de sitios*

Habiendo ya asignado valores a las variables pertenecientes a cada criterio y con ésta información cargada en las bases de datos de los mapas, se procedió al análisis multicriterio en el sistema Arc Gis. Se sobrepusieron las capas de los criterios anteriormente explicados y con la herramienta Geo Wizards se calcularon valores, en razón de que los criterios tienen un peso específico los sitios pueden ser calificados de forma más objetiva.

Con éste primer proceso, se obtuvieron valores del 15 al 0 donde el mayor corresponde a la presencia de todas las variables que a su vez fueron calificadas con los rangos más altos, luego entonces en la medida en que el valor aumenta o disminuye lo hace su aptitud de provisión de Servicios Ambientales Hidrológicos.

De acuerdo con los objetivos de la investigación la información obtenida fue ajustada con base en la creación de nuevos rangos para establecer prioridades de atención en la cuenca según la aptitud de los sitios.

Se generó nueva cartografía que aumento la facilidad en la lectura de la información y se prosiguió contrastando cada criterio con los resultados finales, generando un nuevo mapa por cada cotejo.

### *Comparación de resultados versus acciones inherentes al PSAH en 2012*

En ésta fase de la investigación se compararon los resultados obtenidos contra los sitios que participaron con pago del programa en el año 2012, así mismo se cotejo el comportamiento de los resultados con cada criterio y se generó un nuevo mapa por verificación, esto se hizo con la pretensión de analizar la asertividad en la aprobación de predios, de ésta manera y bajo los resultados de la evaluación es posible conservar en el programa aquellas zonas que cuentan con características apropiadas y canalizar los recursos de otros programas e instrumentos hacia las zonas que obtuvieron rangos de aptitud media o baja.

### *Selección de instrumentos complementarios*

La selección de los instrumentos complementarios es uno de los resultados a destacar de la fase de investigación documental correspondiente al marco jurídico y de gestión, pues al haberse analizado los elementos de tres niveles de gobierno en cuanto al tema se refiere, se fueron visualizando áreas de oportunidad.

Los instrumentos elegidos tienen afinidad con la propuesta por ser objetos de aplicación en el área de trabajo de acuerdo a sus propias reglas de operación, por no contravenir la restricción de duplicación de pagos por conceptos iguales en la misma área, promover el desarrollo social, propiciar el fortalecimiento de las comunidades participantes y estar vinculadas con la restauración y conservación ambiental.

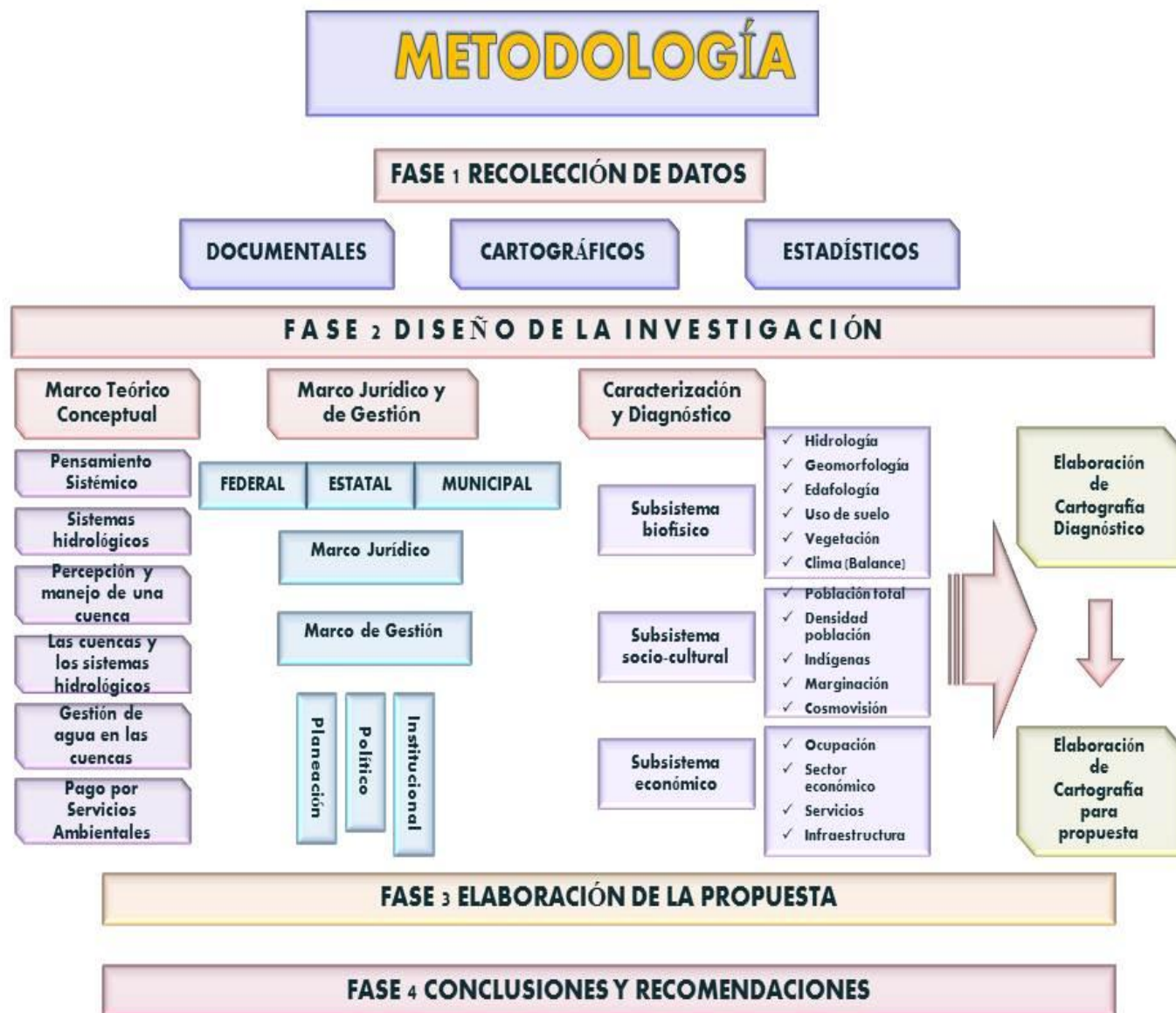
### *¿Por qué un Promotor Forestal Comunitario?*

El Promotor Forestal Comunitario es elegido como pieza clave de la consolidación de la propuesta tras hacer una revisión de los diferentes departamentos y figuras existentes en las dependencias e instituciones, dicha revisión estuvo basada primero en la identificación de una figura institucional con el poder de mediar la información del sector ambiental y de desarrollo entre las comunidades y las instituciones con elementos operativos suficientes para articular programas de diferentes instancias.

Se elige ésta figura pues el perfil que se solicita al Promotor Forestal comunitario exige cualidades como el poder de convocatoria, la capacidad de generar propuestas, guiar a las comunidades en los procesos de gestión de recursos y finalmente encaminar a las comunidades al fortalecimiento de sus estructuras internas y empoderamiento para su desarrollo.

## **Conclusiones y Recomendaciones**

Figura 1. Diagrama metodológico



# **CAPÍTULO 1.**

## **MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL**

---



## 1.1 El Pensamiento Sistémico

La Teoría General de Sistemas, es una herramienta que permite la explicación de los fenómenos que suceden en la realidad y que permite hacer posible la predicción de la conducta futura de esa realidad, a través del análisis de las totalidades y las interacciones internas de estas y las externas con su medio (Bertalanffy, 1976) ésta teoría aplica mecanismos interdisciplinarios, que permiten estudiar a los sistemas con un enfoque integral, que ilustra las interacciones entre las partes, por tanto es ideal para estudiar una cuenca y los servicios ambientales que provee, (Bertalanffy, 1976) afirma que “...*hay sistemas por doquier...*” y el concepto es aplicable en todos los campos de la ciencia y la vida cotidiana, dicho término ha dado lugar a innumerables investigaciones, cursos, conferencias y es objeto de estudio de diferentes profesiones.

Para O’ Connor y Mc Dermott (1998) “...*un sistema es una entidad cuya existencia y funciones se mantienen como un todo por la interacción de sus partes, funciona como un todo, luego, tiene propiedades distintas de las de las partes que lo componen...*”, una cuenca funciona bajo el mismo orden, los elementos físicos, geográficos, bióticos y sociales, presentan interacción y su influencia mutua da lugar a la complejidad dinámica del sistema cuenca y al sistema hidrológico, que tiene lugar en la cuenca misma.

De acuerdo con Manuel Maass y Helena Cotler (2006), una cuenca hidrográfica, es una superficie de terreno cuya topografía hace que el agua viaje a un punto común, siguiendo las leyes de la gravedad, mientras que para Heano, (2006) una cuenca es un área natural en la cual el agua se desaloja a través de un sinnúmero de corrientes, cuyos caudales son recogidos por un colector común, que sirve de eje de la zona.

*La cuenca, es un sistema, que representa el espacio geográfico donde tienen lugar los sistemas hidrológicos y el agua es el medio integrador a través del cual es posible conocer el funcionamiento de la cuenca, siendo éstas las “...formas terrestres dentro del ciclo hidrológico que captan y concentran la oferta de agua que proviene de las precipitaciones...”* (Dourojeanni Axel, 2002)

*Al interactuar los componentes de la cuenca, tenemos como resultado la complejidad dinámica del sistema, cuyos elementos se hallan interactuando y al funcionar de manera compleja y dinámica dan lugar a lo se denomina “propiedades emergentes” es decir, cualidades que el sistema adquiere únicamente en el momento en que se encuentra funcionando; debe destacarse que éstas propiedades no están en cada parte sino en el sistema como tal y que los Servicios Ambientales han sido identificados en ésta investigación como las propiedades emergentes del sistema cuenca.* (Dourojeanni

Axel, 2002)

El sistema cuenca se considerará abierto ya que éstos sistemas, se caracterizan por la circulación continua de flujos de materia y energía entrando y saliendo del sistema a través de sus límites, y por mantener una condición constante a pesar de ésta dinámica, (Sanjuame y Batalla, 1996), ahora bien *“...los sistemas funcionan esencialmente por que al cambiar una de las partes que los componen el efecto se esparce al resto de los componentes, los cuales, experimentan un cambio y ello modifica la parte original que responderá a la nueva influencia, generando así un bucle de realimentación...”* (O’Connor Joseph, 1998) que puede ser observado en la cuenca a través del sistema hidrológico.

Partiendo del hecho de que las Ciencias Ambientales son un complejo de relaciones y conocimientos interdisciplinarios que permiten la integración de información a diferentes escalas y temporalidades, en ellas se involucran los subsistemas social, ambiental y económico, por lo que es necesario reconocer que, *“...la moderna investigación de los sistemas puede servir de base a un marco más adecuado para hacer justicia a las complejidades y propiedades dinámicas del sistema sociocultural...”* (Bertalanffy, 1976)

## **1.2 Sistemas Hidrológicos**

Considerada como la base de la vida, el agua es un elemento estratégico ya que *“...de todos los recursos presentes en nuestro planeta, indispensables para la vida y para el desarrollo de nuestras sociedades, el agua es, sin duda, el más abundante y, si llega a faltar o degradarse, aquel cuya penuria es más cruelmente resentida...”* (Marsily, 2001)

El agua funciona en el planeta a través del ciclo hidrológico, se encuentra en constante movimiento en la tierra, y es el eje sobre el que gira el estudio de cuencas hidrológicas, ya que, *“... el funcionamiento de una cuenca se basa en los principios del ciclo hidrológico y la relación que este tiene con los suelos y las plantas...”* (Henaó, 2006)

El ciclo hidrológico, denominado también por (Marsily, 2001) como “máquina hídrica” por su desempeño ininterrumpido y naturalmente perfecto en cada uno de sus procesos, sucede, cuando por influencia de la energía del Sol, el agua se evapora desde la superficie tanto de los océanos como de los continentes, transita por la atmósfera, donde permanece solo algunos días y vuelve a caer como lluvia sobre los continentes y los océanos.

Figura 2. El ciclo del agua



Fuente: (USGS, 2012)

El ciclo hidrológico, se compone de las siguientes fases:

1) Precipitación: Considerada como el resultado del enfriamiento de las masas de aire caliente saturadas de agua, las cuales al perder temperatura por ascenso, se condensan para dar origen a las gotas de lluvia que posteriormente han de precipitarse. (Henao, 2006)

2) Intercepción: Es el proceso a través del cual, la lluvia es atrapada y retenida por el follaje, sucede cuando las precipitaciones caen sobre áreas cubiertas de vegetación, la cual es capaz de retener en alguna medida el agua de lluvia, de acuerdo con Henao (2006) la intercepción es "...la precipitación en campo abierto menos la precipitación bajo la cubierta de los árboles..." y depende de:

- Tipo de follaje.
- Densidad de vegetación por hectárea.
- Edad del arbolado
- Tipo de lluvia tamaño de la gota e intensidad

3) Infiltración y percolación: La infiltración es la entrada de agua al suelo, "...está sujeta al estado del horizonte superficial del suelo, cuyas condiciones determinan si las precipitaciones se convierten o no en escorrentía...", mientras que la percolación es el movimiento del agua a través del suelo hacia niveles inferiores. "... La capacidad de percolación, es la capacidad máxima a la cual el agua puede moverse a través del suelo..." (Henaó, 2006) Para que estos procesos se den, influye la naturaleza del suelo, la pendiente, la presencia de vegetación la intensidad de la lluvia y el estado de humedad del suelo antes de la precipitación. (Marsily, 2001)

Según Henaó (2006) ambos procesos (infiltración y percolación) se ven afectados por:

- -El tamaño y número de los poros del suelo,
- -El contenido de materia orgánica en el suelo,
- -Tipo de suelo, (Textura y estructura),
- -Contenido de humedad.

4) Escorrentía Superficial: Se le denomina así a la cantidad de agua de una precipitación que es drenada o escurre sobre la superficie del suelo, depende de la intensidad y frecuencia de las lluvias, contribuye a incrementar el volumen de los cauces y decrece en medida que termina la lluvia. Esta agua, es la que no alcanza a filtrarse en el suelo pues éste ha alcanzado su punto de saturación y por ello corre sobre la superficie a velocidades variables, también sucede que la precipitación es más rápida que la capacidad de absorción del suelo y ello origina el escurrimiento en la superficie del suelo abriendo surcos y cárcavas en las zonas vulnerables. Henaó (2006) considera que éste proceso es responsable en gran medida de la erosión del suelo y la sedimentación, por ende del empobrecimiento de los suelos de las cuencas.

5) Aguas Subterráneas: Denominada parte oculta del ciclo por Marsily (2001), el agua subterránea se encuentra por todas partes en minúsculos intersticios; fluye más o menos lentamente en función del tamaño de esos huecos.

Ya entendida la mayoría de los procesos que participan en el ciclo del agua, es notable la complejidad del mismo y de allí que sea tan frágil, si las variaciones estacionales lo modifican, imagine si no lo hará la disminución de la masa forestal en un área determinada, o si el hecho de que se extraiga el agua filtrada no modifica la magnitud de evapotranspiración y por ende de precipitaciones.

6) Evaporación y Transpiración: La evaporación es el fenómeno a través del cual el agua vuelve a la atmósfera en forma gaseosa, se encuentra condicionada por la temperatura del aire y del agua, la insolación, la humedad, la velocidad y turbulencia del viento, la presión atmosférica y la latitud, entre

otros. (Henaó, 2006) cuando el fenómeno se produce directamente de los suelos y océanos se denomina evaporación, mientras que a la transpiración de agua de los vegetales y animales posterior a su absorción se le llama transpiración y es el más complejo de los procesos, pues depende de las condiciones meteorológicas, de las plantas, animales y de las condiciones hídricas del suelo.

A los dos últimos procesos combinados es a lo que se conoce como evapotranspiración, sin embargo la magnitud de éste fenómeno varía de forma estacional por la diferencia del flujo solar que llega a la tierra. (Marsily, 2001)

### **1.3 Percepción y manejo de una cuenca**

Antes de explicar las diferencias de los conceptos y su relación, es importante considerar que de acuerdo con SEMARNAT (2006) nuestro país presenta altos índices de crecimiento poblacional, y por consiguiente *“...la demanda aumenta; para suplir ésta necesidad de agua, que inevitablemente proviene de cuencas hidrográficas, se requieren proporciones abundantes del recurso, en forma permanente y con buena calidad, esto solo puede conseguirse a través de un manejo integrado y un aprovechamiento apropiado de las cuencas hidrográficas...”* (Henaó, 2006)

Según (Dourojeanni Axel, 2002) los inicios del concepto original de manejo de cuencas (*“watershed management”*), en el sentido de “manejarla” o “manipularla” para regular la descarga de agua que proviene de la misma, se encuentran en las escuelas forestales de los Estados Unidos de Norteamérica.

De acuerdo con la acepción anterior de manejo, tenemos que; las actividades de manejo de cuencas, en su concepción original, tienen como fin manejar la superficie y subsuelo de la cuenca que capta el agua para regular la escorrentía en cantidad, calidad y oportunidad, siempre buscando retardar, reducir la escorrentía superficial y aumentar la infiltración, o bien también pueden buscar el efecto contrario para poder almacenar el recurso.

Originalmente, el manejo de cuencas era campo de los hidrólogos forestales que luego se amplió a los agrónomos especialistas en suelos, y luego a los expertos en agroforestería y también a la gestión de los recursos naturales con fines productivos.

El manejo de cuencas ha evolucionado, partiendo del enfoque en que se influía desde la captación de agua hacia otros niveles más complejos como la protección de recursos naturales, mitigación del efecto de fenómenos naturales extremos, control de erosión, control de la contaminación, y luego conservación de suelos, rehabilitación y recuperación de zonas degradadas, para luego pasar a los de

mejoramiento de la producción, primero forestal y de pastos, y luego agrícola, agroforestería o agrosilvopastoril en forma combinada. Actualmente, se dan casos de proyectos que conservan el nombre de manejo de cuencas, pero que más bien son de desarrollo regional, puesto que incluyen desde caminos, viviendas, colegios y postas médicas hasta el uso de cocinas solares y digestores de biogás. (Dourojeanni Axel, 2002)

Entrando al concepto del ordenamiento de cuencas, tenemos que la SEMARNAT (2003) considera que para manejar una cuenca es fundamental el ordenamiento ecológico del territorio. Es decir, establecer actividades y proyectos rentables desde el punto de vista económico, ambientalmente sustentables y socialmente justos.

No obstante para otros autores como Heano (2006) el concepto debe abordarse como la ordenación integrada de cuencas hidrográficas, que tiene como aspecto técnico central la planeación de los recursos naturales, con énfasis en el agua, y como objetivo el desarrollo humano, por ello, debemos tener en cuenta que “...nos introducimos a la administración racional de todos los recursos naturales para producir el mayor beneficio posible causando el menor deterioro...” (Henao, 2006) ello coincide con el énfasis que hace la SEMARNAT (2003) en que no debemos olvidar que se considera al agua como el elemento integrador del análisis socioeconómico y eje central para la toma de decisiones; no como elemento aislado, sino integrado a los ecosistemas.

Manejar una cuenca desde el punto de vista del ordenamiento tiene diferentes ventajas, una de ellas, es que la cuenca es vista como un sistema y se integra el buen manejo de todos los recursos existentes, teniendo en cuenta que la presencia de agua no es un fenómeno aislado sino que resulta de la compleja interacción de diferentes procesos, “...una cuenca hidrográfica ordenada adecuadamente, con una densidad apropiada de árboles en las partes altas y una agricultura ecológica de ladera, incrementa la infiltración obteniéndose un mayor almacenamiento de agua en el suelo...” (Sanguinés, 2003)

Como se observa en el párrafo anterior, el concepto de ordenamiento de cuencas, obedece al hecho de manejar la cuenca, sirviendo como elemento técnico para definir qué hacer y en donde, no obstante, (Aguilar, 1999) considera que la diversidad y complejidad de los problemas asociados a un término tan general como lo es el de “manejo integrado”, tiende a centrar las energías hacia la solución de problemas de conservación de suelos y bosques; en otros casos la atención a los problemas de contaminación de las aguas y de los cuerpos receptores de forma parcial, pero no integra realmente los elementos.

Pero, se habla de ordenar o manejar la cuenca, cual si el problema fuese tal entidad, sin reconocer que lo que se ordena o maneja son las acciones que se ejercen en ella con la finalidad de no alterar el correcto equilibrio y dinámica naturales que posee (Dourojeanni, 2010)

Tenemos entonces, que tras la evolución del concepto de manejo de cuencas surge la gestión integrada del agua como "...un proceso que promueve la gestión y el aprovechamiento coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales..." (Dourojeanni Axel, 2002)

Por otro lado, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) centra su atención en el hecho de que la gestión integrada del agua implica tomar decisiones y manejar los recursos hídricos para varios usos de forma tal que se consideren las necesidades y deseos de diferentes usuarios y partes interesadas, así mismo afirma que la gestión integrada del agua comprende la gestión de las aguas superficiales y subterránea, la gestión integrada del agua tiene las siguientes consideraciones (Dourojeanni Axel, 2002):

- La integración de los intereses de los diversos usos y usuarios de agua y la sociedad en su conjunto, con el objetivo de reducir los conflictos entre los que dependen de y compiten por este escaso y vulnerable recurso;
- La integración de todos los aspectos del agua que tengan influencia en sus usos y usuarios (cantidad, calidad y tiempo de ocurrencia), y de la gestión de la oferta con la gestión de la demanda;
- La integración de los diferentes componentes del agua o de las diferentes fases del ciclo hidrológico (por ejemplo, la integración entre la gestión del agua superficial y el agua subterránea);
- La integración de la gestión del agua, la gestión de la tierra, otros recursos naturales y ecosistemas relacionados y;
- La integración de la gestión del agua en el desarrollo económico, social y ambiental.

### **1.3 Las cuencas y los sistemas hidrológicos**

La diferencia entre cuenca hidrológica y cuenca hidrográfica es sujeto de confusión, sin embargo, de acuerdo con (SEMARNAT-INE, 2008) la cuenca hidrográfica es aquella que se refiere a la delimitación geográfica de la misma, mientras que la cuenca hidrológica es entendida como una unidad para la gestión que se realiza dentro de la cuenca hidrográfica.

No obstante, de acuerdo con la misma SEMARNAT en conjunción ésta vez con CONAFOR, la diferencia radica en que la primera abarca tanto los elementos de hidrología superficial delimitados con un parte-aguas y la estructura geo-hidrológica subterránea y la cuenca hidrográfica sólo es delimitada por los sistemas topográficos superficiales. (Cardosa Vazquez , et al., 2007)

Ahora bien, nuevamente para (INE, 2005) las cuencas hidrológicas comprenden a las cuencas hidrográficas y a las unidades hidrogeológicas subterráneas, pudiendo éstas tener límites diferentes a los límites únicamente hidrográficos.

Dentro de las más importantes características de una cuenca debemos resaltar que tiene límites bien definidos que no corresponden a los político-administrativos, sino más bien funcionales, ya que el agua viaja de la parte más alta de la cuenca a la parte baja y en el proceso contribuye al desarrollo de procesos físicos, biológicos y por supuesto sociales, por lo que la disponibilidad del recurso es determinante para el adecuado funcionamiento de los ecosistemas.

La extensión de una cuenca puede variar desde unas pocas a miles de hectáreas, está compuesta por subcuencas o cuencas tributarias, es decir, de menor extensión que la principal, cuando una cuenca posee pocas hectáreas se le llama microcuenca. (Dourojeanni Axel, 2002)

Entonces, *“...las cuencas tienen una estructura jerárquica: una grande está formada por otras más chicas, las que a su vez, están formadas por otras más pequeñas...”* (Maass y Cotler, 2006) de allí que una de las formas de incidir en una cuenca sea a través del manejo de las subcuencas o las microcuencas, pues al ser parte del sistema cuenca, la manipulación de una parte, aunque sea pequeña, altera el resto del funcionamiento del mismo.

Los elementos que componen una cuenca son todos los recursos naturales de la misma (agua, suelo, vegetación, fauna), así como el hombre y en general el ambiente (Henaó, 2006) pues si bien, está definida por la forma de la red hidrográfica, solo la presencia y dinámica de todos los componentes dan lugar a la cuenca como tal y la integran al sistema hidrológico.

Teniendo ya claro que la cuenca está compuesta por todos los elementos que existen dentro de ella, hay que aclarar que la relación entre usos y usuarios de la cuenca es muy estrecha, pues, *“...los usos y usuarios situados aguas abajo dependen de manera crítica de la cantidad, calidad y tiempo de los sobrantes, caudales de retorno o pérdidas de los usos y usuarios situados aguas arriba...”* (Dourojeanni Axel, 2002)

Considerar a las cuencas como sistemas, forma parte de las premisas de muchas ciencias como la



Hidrología, la Geografía y la Geomorfología ya que la cuenca está formada por el *"...conjunto de aguas que drenan hacia un mismo tronco y que constituyen, por tanto, una unidad hidrológica y geográfica bien definida..."* (Sanjuame y Batalla, 1996), aunque cabe resaltar que para que el conjunto de aguas se halle en la cuenca, el resto de los elementos existentes debe tener buena calidad, pues la presencia de agua en buen estado y en proporciones adecuadas es el resultado del funcionamiento correcto de todo el sistema cuenca.

A la cuenca se le ha catalogado como un sistema abierto pues gracias al ciclo hidrológico tiene continuas entradas y salidas de energía, éste dinamismo se debe a fenómenos como la precipitación y la evaporación, entre otros, así como a las grandes obras hidráulicas que propician el trasvase o salida y entrada del recurso entre cuencas.

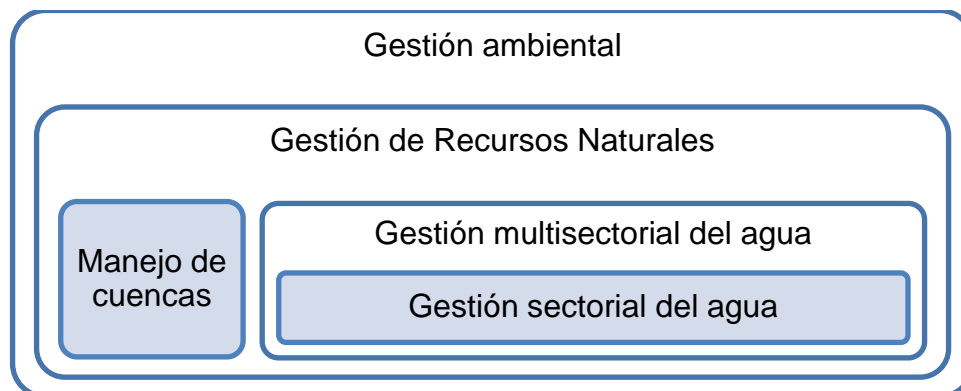
De acuerdo con Sanjuame y Batalla (1996) utilizar la visión sistémica para analizar la cuenca facilita la evaluación de los recursos hídricos por hacer presente la interacción de elementos dentro de la unidad, asimismo permite entrever como las acciones que afectan un sector del sistema cuenca repercuten en otros sectores.

Éste análisis es útil debido a que la cuenca como unidad tiene características geográficas, físicas y biológicas que se convierten en componentes dinámicos y que se encuentran interactuando, por ello es que considerando a Heano (2006), son la mejor unidad geográfica para promover el desarrollo. Entendemos entonces que las partes que componen una cuenca están conectadas y funcionan todas juntas por lo que si se cambian o añaden elementos se modifica el comportamiento del sistema.

#### **1.4 La gestión del agua en las cuencas**

Teniendo ya bien claro que la cuenca es la unidad geográfica más aceptada, y también la más adecuada para lograr *"...una mejor integración entre la gestión y el aprovechamiento del agua, por un lado, y las acciones de manejo, explotación y control de uso de otros recursos naturales que tienen repercusiones en el sistema hídrico, por el otro..."* (Dourojeanni Axel, 2002), tenemos que los conceptos diferenciados en el apartado anterior, son un conjunto que da lugar a la gestión del agua.

Cuadro 1 Acciones de gestión en la cuenca



(Dourojeanni Axel, 2002)

La expansión del concepto original de manejo de cuencas lo ha hecho hasta llegar al manejo integrado de los recursos naturales de una cuenca, y por último evolucionar a la gestión integrada, pues "...la gestión en ámbitos territoriales de cuencas facilita la coordinación entre múltiples actores, unidos en torno a un recurso común que los integra e interrelaciona unos con otros..." para investigadores de la CEPAL (2002) las etapas en un proceso de gestión de cuencas, son las siguientes:

1. La *etapa previa*: estudios, formulación de planes y proyectos.
2. La *etapa intermedia*: etapa de inversión para la habilitación de la cuenca con fines de aprovechamiento de sus recursos naturales. Esta etapa se asocia en inglés con el término "*development*" (por ejemplo, "*river basin development*" o "*water resources development*"), por lo que se la ha traducido al español usualmente como "desarrollo de cuencas" o "desarrollo de recursos hídricos". (Dourojeanni Axel, 2002)
3. La *etapa permanente*: etapa de operación y mantenimiento de las obras construidas y gestión y conservación de los recursos naturales. Esta etapa se asocia en inglés con el término "*management*", término que en español tiene hasta cuatro acepciones: gestión, administración, ordenamiento y manejo, que ya fueron discriminadas en el apartado anterior. En general, se traduce "*water resources management*" como "gestión de los recursos hídricos" y "*watershed management*" como "manejo de cuencas".

Es fundamental que toda propuesta en tal sentido se haga con la participación activa tanto de las autoridades de las demarcaciones político-administrativas como de las otras variadas autoridades públicas y privadas, organizaciones no gubernamentales y otros actores, que intervienen en la regulación y gestión del uso de los recursos naturales, principalmente el agua y los cauces, en la

cuenca (Dourojeanni Axel, 2002) tomando también en cuenta los factores sociales y económicos que forman parte de los objetivos del desarrollo sustentable.

## **1.5 El Pago de Servicios Ambientales como instrumento del desarrollo sustentable para la gestión de cuencas hidrográficas**

Ya que el desarrollo sustentable es un "...proceso más que un conjunto de metas bien específicas..." (Barkin, 1998) y que en el momento en que es considerado, este debe dar pie a diferentes estrategias locales, regionales, nacionales o bien globales que encaminen a las naciones hacia aquello que el mismo Barkin, (1998) "...reconoce en la diversidad, la autosuficiencia, el control y la participación local, la democracia de base y la autonomía, como preceptos básicos de todo verdadero desarrollo sustentable..." ya que si el desarrollo sustentable se mantiene en el tiempo, se alcanza la sostenibilidad.

Ahora, el concepto de desarrollo que procura integrar y asociar las dimensiones económica y social con la ecológica, surge al final de los años sesenta como resultado de la conciencia de los crecientes problemas ambientales y de los límites impuestos por la naturaleza a la explotación y crecimiento económico descontrolado (inicialmente publicado en el libro *The limits of Growth*), posterior a la comprensión de los problemas ambientales también surge una nueva temática política y teórica para los proyectos de desarrollo de los países subdesarrollados dado que el límite de la naturaleza impide que alcancen los mismos niveles tanto de crecimiento como de consumo de los países más desarrollados (aunque habría que considerar que tan conveniente sería alcanzar tales niveles), es decir, se encontraron amenazas al modelo de crecimiento.

Si consideramos que una sociedad sustentable es aquella que asegure la salud, la vida y cultura humanas, así como del capital natural para la presente y las futuras generaciones. Las sociedades deben detener las actividades que resultan dañinas para la vida y cultura humanas y que por ende degradan también el capital natural, en cambio se deben promover aquellas que conserven lo que existe, fomenten la recuperación de lo que ha sido destruido y prevengan daños futuros, actualmente el concepto más adoptado, es aquel que establece como desarrollo sustentable a aquel que "*...satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades...*" (Comisión Mundial del Medio ambiente y el Desarrollo, 1987)

Para Barkin (1998), el desarrollo sustentable es un proceso de transformación en el cual la explotación de los recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del desarrollo tecnológico y el cambio institucional se armonizan y refuerzan el potencial presente y futuro, con el propósito de atender a las

necesidades y aspiraciones humanas. (Barkin, 1998)

Es notable la similitud entre los conceptos que establecen los autores, sin embargo las diferencias proporcionan elementos valiosos que complementan el concepto original, como ya se ha mencionado anteriormente, el desarrollo sustentable no es una meta que se pueda cuantificar o cumplir en un plazo determinado, sino un proceso en el cual se involucran tres objetivos principales, el ambiente, la sociedad y la economía, con la finalidad de alcanzar un equilibrio entre ellos.

Siendo el ambiente uno de los objetivos vinculados a la sostenibilidad, es conveniente saber que su cumplimiento está directamente asociado a la gestión de territorios, sus recursos y a la dinámica de intercambio que existe entre ellos, (Dourojeanni Axel, 2002) no obstante, debe existir una fuerte capacidad de negociación entre las regiones que participan en el proceso de intercambio de recursos, tal es el caso del trasvase de agua que sucede con algunas cuencas mexicanas pues su sostenibilidad recaerá en la mencionada capacidad de negociación y de establecer mecanismos adecuados de conservación.

Lo anterior hace evidente que "...la relación del desarrollo sustentable con el territorio y el intercambio de flujos entre los mismos es lo que lo asocia con las acciones de gestión de cuencas. La gestión de cuencas, bajo sus diferentes variantes es una opción entre muchas de gestión territorial y ambiental con fines productivos, de conservación y de protección de sus habitantes..." (Dourojeanni Axel, 2002) pero se encuentra que hasta tiempos muy recientes es que se ha buscado ampliar las acciones de aprovechamiento del agua, para ello, primero fueron incorporados enfoques de uso múltiple, luego se consideraron también aspectos ambientales y solo en algunas ocasiones se han incorporado aspectos sociales.

En ese sentido, los servicios ambientales son entendidos como los procesos y funciones de los ecosistemas que, además de influir en el mantenimiento de la vida, generan beneficios y bienestar para las personas y para las comunidades. (Sanguinés, 2003)

Para el INE (2005), los servicios ambientales son todos los beneficios que proporcionan los distintos ecosistemas por el simple hecho de existir o a través de su manejo sustentable, mientras que para la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, son aquellos que brindan los ecosistemas forestales de manera natural o por medio del manejo sustentable de los recursos forestales, algunos de los que reconoce son la provisión de agua en calidad y cantidad; la captura de carbono, de contaminantes y componentes naturales; la generación de oxígeno; el amortiguamiento del impacto de fenómenos

naturales; la modulación o regulación climática; la protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida; la protección y recuperación de suelos; el paisaje y la recreación, entre otros.

El INE (2004) afirma que "...el concepto de *servicios ambientales* y la noción de recompensar a quienes permiten su provisión ofrece una oportunidad para entender mejor las ventajas que brindan los ecosistemas; saber quiénes contribuyen a tal provisión y quiénes se benefician de estos servicios..." que según la SEMARNAT se producen en tres ámbitos: globales, regionales y locales, por ello es necesario comprender que beneficios obtenemos de los ecosistemas y el ambiente, de qué manera están vinculadas nuestras actividades con esos servicios, los beneficiarios de los mismos y sobre todo quien ayuda a proporcionarlos y cuál sería la forma más equitativa de distribuir los costos y los beneficios de mantenerlos.

### **1.5.1 Antecedentes de los Servicios Ambientales**

Los servicios ambientales siempre han existido, la diferencia es que en la actualidad se reconoce el valor del esfuerzo que realizan las personas para garantizar que los recursos naturales estén ahí, brindándonos sus beneficios.

Recientemente se han iniciado varios programas de Pago por Servicios Ambientales (PSA) en distintas partes del mundo. Estos programas buscan promover la sustentabilidad de los ecosistemas mediante el uso de incentivos económicos.

El concepto de servicios ambientales se planteó por primera vez en la legislación mexicana el 3 de julio de 2000, con la promulgación de la Ley General de la Vida Silvestre en su artículo 3º, dos años después, en Diciembre de 2002, se reiteró la necesidad de incorporar este concepto en la política ambiental y de recursos naturales al promulgarse la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (Sanguinés, 2003), que en su más reciente versión reconoce como Servicios Ambientales a los beneficios tangibles e intangibles, generados por los ecosistemas, necesarios para la supervivencia del sistema natural y biológico en su conjunto, y para que proporcione beneficios al ser humano. (LGEEPA, 2012)

Sin embargo se encuentra también la definición por parte de la Ley de Aguas Nacionales, que describe los Servicios Ambientales en su fracción XLIX como los beneficios de interés social que se generan o se derivan de las cuencas hidrológicas y sus componentes, tales como regulación climática, conservación de los ciclos hidrológicos, control de la erosión, control de inundaciones, recarga de acuíferos, mantenimiento de escurrimientos en calidad y cantidad, formación de suelo, captura de carbono, purificación de cuerpos de agua, así como conservación y protección de la biodiversidad;

para la aplicación de éste concepto en esta Ley se consideran primordialmente los recursos hídricos y su vínculo con los forestales. (LAN, 2012)

México cuenta desde el 2003 con un programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) y en octubre de 2004 se inició el programa de Pago de Servicios Ambientales por la captura de carbono y protección de la biodiversidad.

En general en México se reconoce que los bosques y las selvas proporcionan servicios ambientales de distinta naturaleza. Entre ellos protección del suelo, ayuda en la retención de humedad, en el almacenaje y reciclaje de nutrientes. En particular, por medio del PSAH el gobierno mexicano busca atender de manera exitosa los problemas de agua y deforestación en el país. (Pérez-Maqueo & Delfín, 2005)

Para caracterizar los servicios ambientales, es necesario primero mencionar que los principales servicios ambientales que nos brindan los bosques y las selvas son:

- La provisión del agua en calidad y cantidad,
- La captura de carbono, de contaminantes y componentes naturales,
- La generación de oxígeno,
- El amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales,
- La modulación o regulación climática,
- La protección de la biodiversidad, los ecosistemas y formas de vida,
- La protección y recuperación de suelos,
- El paisaje y la recreación, entre otros.

Para que los servicios mencionados sean generados por un bosque, intervienen varios factores ambientales, entre ellos destacan:

- El régimen de lluvias
- La geología del terreno
- La cobertura forestal
- La topografía
- El manejo del bosque

Los Servicios Ambientales Hidrológicos, se derivan de los Servicios Ambientales Forestales, entre los servicios ambientales hidrológicos destacan (Stefano Pagiola, 2003):

- Recarga de los mantos acuíferos,
- Mejoramiento de la calidad del agua,
- Incremento de los flujos hídricos,

- Prevención de desastres naturales, como inundaciones o deslaves,
- Reducción de sedimentos.

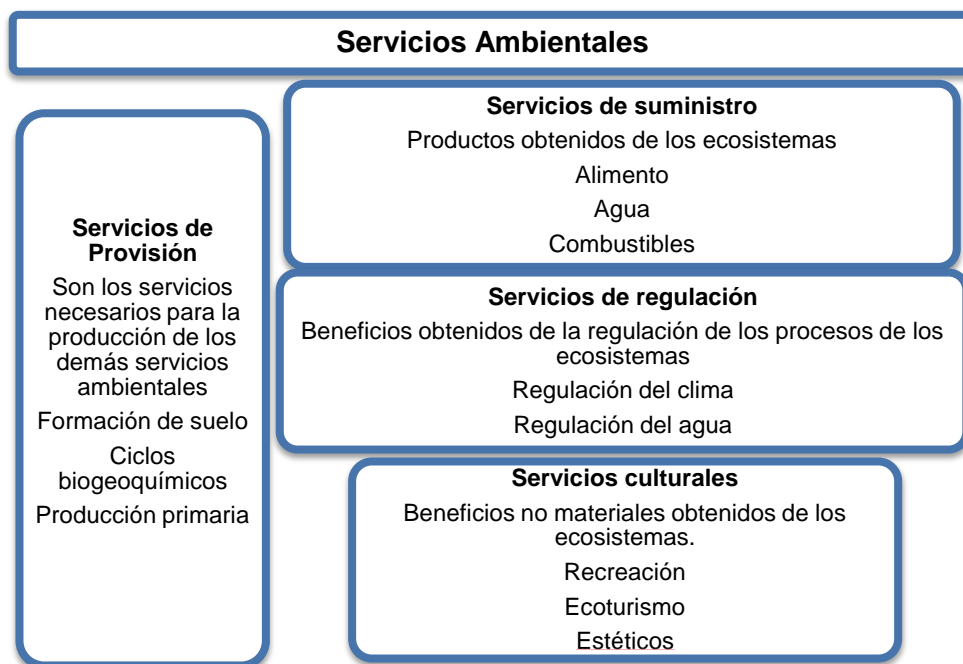
Estos servicios se pueden agrupar en cuatro grandes categorías según el Programa Millenium Assesment 2005:

- Proveedores (alimentos, agua, fibras)
- Reguladores (regulación del clima, purificación del agua)
- Culturales (valores espirituales, escénicas, usos recreativos)
- Sustento (formación de suelo, ciclo de nutrientes)

(Pérez-Maqueo & Delfín, 2005)

Sin embargo, de acuerdo con la SEMARNAT, (2006) los servicios que brindan los ecosistemas se dividen también en cuatro categorías con la diferencia que son de: provisión, categoría en la que se encuentran los servicios de suministro, regulación y culturales.

**Cuadro 2 Categorización de Servicios Ambientales**



Fuente: SEMARNAT 2006:28

La SEMARNAT (2003) considera que por sus características, hay servicios ambientales que se disfrutan localmente, por ejemplo los Servicios Ambientales de una cuenca que serían proveedores y reguladores, mientras que muchos de los servicios ambientales se articulan mejor en el contexto internacional, tal es el caso de la conservación de la biodiversidad o de la captura de carbono.

## **1.5.2 El programa de pago por servicios ambientales**

El pago por Servicios Ambientales (PSA) es la retribución directa (por diferentes mecanismos) a quienes se ocupan de manejar, resguardar conservar y mejorar los ecosistemas que brindan servicios ambientales necesarios para el bienestar de la sociedad, (Sanguinés, 2003) surge de la aplicación tanto de políticas como de acciones para el desarrollo de mercados de Servicios Ambientales.

Mediante el PSAH se paga a los beneficiarios, dueños o legítimos poseedores de terrenos con recursos forestales por los servicios ambientales hidrológicos que presta el buen estado de conservación de sus bosques y selvas.

Una de las ideas sobre las cuales se basa el PSAH en México es que la conservación de bosques y selvas favorece los procesos de filtrado, retención y almacenaje de agua incrementándose la oferta de varios servicios y bienes; así mismo, el PSAH da prioridad a proyectos que beneficien a comunidades indígenas o con alto nivel de marginación y que se propongan un impacto en las cuencas hidrológicas, es decir, en los bosques localizados en zonas de recarga, captación y riesgo.

El PSAH mexicano acota como servicios ambientales hidrológicos a aquellos que brindan los bosques y selvas y que inciden directamente en el mantenimiento de la capacidad de recarga de los mantos acuíferos, el mantenimiento de la calidad de agua, la reducción de la carga de sedimentos cuenca abajo, la reducción de las corrientes durante los eventos extremos de precipitación, la conservación de manantiales, el mayor volumen de agua superficial disponible en época de secas y reducción del riesgo de inundaciones (Stefano Pagiola, 2003) Algunas de las instituciones encargadas de promover los Servicios Ambientales en México son:

- La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), se encuentra facultada para realizar monitoreo aleatorio en los diferentes predios, prorrogar de forma anual la carta de adhesión con los beneficiarios, dar por terminada la carta de adhesión en caso de incumplimiento y evaluar el programa.
- El Fondo Forestal Mexicano (FFM), apoya proyectos de servicios ambientales relacionados con bosques y agua.
- El INE se ha encargado de generar documentos que permitan dar seguimiento y estructura a los Programas de Pago por Servicios Ambientales.
- La SEMARNAT, ha tenido como función principal vincular a la sociedad con los Programas de pago por Servicios Ambientales.

Las reglas de operación establecen un pago por hectárea para los predios cuyas condiciones corresponden a los criterios técnicos del programa, sin embargo no se presentan mecanismos claros sobre las formas en que los pagos que realiza el programa ayudarán al manejo sustentable y al incremento de la calidad y extensión de los recursos forestales



El gobierno Federal tiene el interés de detonar un mercado de cobro y pago de servicios ambientales y tratar que los gobiernos locales y organismos operadores de agua potable tomen el liderazgo del programa, (Stefano Pagiola, 2003) pero existe la posibilidad de que una transferencia de derechos de agua pueda ser beneficiosa para el comprador y el vendedor, pero ineficiente desde una perspectiva económica, social y ambiental global. (Dourojeanni R., 1999)

### **1.5.3 Los servicios ambientales de las cuencas**

Como ya se ha visto en el apartado de cuencas, estas unidades geográficas engloban importantes, variadas y complejas relaciones entre los elementos que las componen, por ello los servicios ambientales que proveen son sumamente importantes y el INE (2004) los clasifica en dos grandes categorías:

- **Soporte:** Servicios necesarios para producir todos los otros servicios, incluida la producción primaria, la formación del suelo, la producción de oxígeno, retención de suelos, polinización, provisión de hábitat, reciclaje de nutrientes, en la clasificación de la SEMARNAT, éstos servicios se consideran dentro de los servicios de provisión, mientras que para la evaluación de los ecosistemas del milenio se les considera como de sustento (Sala & Montes, 2007). Es importante destacar que independientemente del nombre de la clasificación, estos servicios son fundamentales para la presencia del resto de las clasificaciones y por ello su preservación debe ser primordial dentro de las estrategias de conservación y gestión del medio ambiente.
- **Regulación:** Servicios obtenidos de la regulación de los procesos eco-sistémicos, como la calidad del aire, regulación de clima, regulación de agua, purificación de agua, control de erosión, regulación de enfermedades humanas, control biológico, mitigación de riesgos, a diferencia de la categoría anterior, tanto la SEMARNAT como la evaluación de los ecosistemas del milenio coinciden en denominarles servicios de regulación. La preservación de estos servicios es necesaria por qué en conjunto con los servicios de la categoría anterior son los que permiten la provisión de agua de calidad y en cantidad y participan en el importante proceso de regulación del clima en el planeta. (Sala & Montes, 2007)

Ahora bien, la relación entre el agua y las cuencas es fundamental y compleja para el ciclo hidrológico, así como para la provisión de servicios ambientales pues el agua es el eje rector de las cuencas, mientras que éstas son las mejores unidades de administración para la gestión integrada del agua que busca el desarrollo sustentable.

Teniendo claro que el ideal es la gestión integrada de las cuencas hidrográficas, o sea, tomar decisiones y manejar los recursos hídricos para varios usos, de forma tal que se consideren las

necesidades y deseos de diferentes usuarios y partes interesadas, así mismo que la gestión integrada del agua comprenda la gestión de las aguas superficiales y subterráneas en los sentidos cualitativo, cuantitativo y ecológico desde una perspectiva multidisciplinaria y centrada en las necesidades y requerimientos de la sociedad en lo que a agua se refiere, dando lugar a los servicios ambientales, cuya presencia se debe a las adecuadas funciones ambientales, cabe aclarar que dentro de los servicios que proveen las cuencas tenemos los de regulación y los de soporte que son elementales para los de provisión y que de acuerdo con la evaluación de los ecosistemas del milenio dan lugar al resto de los servicios. (Sala & Montes, 2007)

Los servicios ambientales son herramientas útiles para la gestión integrada de las cuencas hidrográficas nos permiten vincular los tres subsistemas del desarrollo sustentable, pues es la sociedad la que aprovecha los servicios ambientales y al mismo tiempo la que debe propiciar su mantenimiento para que su economía funcione adecuadamente, mientras tanto el pago por servicios ambientales a quienes se aseguran de su provisión es un instrumento del subsistema económico para asegurarse de que el social mantenga en buenas condiciones al ambiental.

# **CAPÍTULO 2.**

## **MARCO JURÍDICO Y DE GESTIÓN**

---

De acuerdo con (Cecilia Tortajada, 2004) disponer de "...marcos legales, normativos e institucionales puede considerarse como un paso adecuado en la dirección correcta para el uso racional y a largo plazo de los recursos naturales, particularmente el agua que desde una perspectiva jurídica puede percibirse como..." "...un bien indispensable y susceptible de apropiación, explotación, uso, goce, aprovechamiento, etc. razones por las que la existencia de un marco jurídico se convierte en un factor indispensable..." (UNAM, 2008)

El contexto jurídico y de gestión, es fundamental para entender la importancia y sustento de instrumentos económicos y sociales Planes y Programas en materia ambiental hídrica, que se describen en el presente estudio y que buscan que las actividades que realiza el hombre sean llevadas a cabo de tal manera que sean compatibles con el medio ambiente: que a través de leyes, normas, códigos, planes y programas vigentes se regule y gestionen el uso o aprovechamiento, su distribución, la preservación de la calidad para consumo y así mismo, causar el menor impacto y generar un desarrollo sustentable del recurso hídrico.

Ahora bien, el Derecho considera el agua como un objeto de propiedad que para ser regulado toma en cuenta su naturaleza jurídica como cosa o bien, su característica de recurso natural, de activo social y al mismo tiempo de propiedad común, tenemos que en México existen diferentes elementos jurídicos para regular su uso, administración y cuidado (UNAM, 2008), dichos elementos serán descritos a continuación buscando establecer un orden que parte de las herramientas Jurídicas y de Gestión Federales, Estatales y Municipales.

## ***2.1 El marco jurídico y de gestión a nivel federal***

En cada uno de los tres órdenes de gobierno, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), establece facultades y atribuciones político-administrativas. Como primer elemento Jurídico de Nivel Federal la (CPEUM) reconoce en su artículo 4º el derecho de las personas habitantes del país a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, así mismo declara en una de sus más recientes y significativas reformas en torno al recurso: el derecho humano y como una garantía individual al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo humano que sea suficiente y salubre y que el Estado garantizara este derecho y la ley definirá las bases y apoyos para el acceso equitativo y sustentable del recurso hídrico en coordinación con los tres ámbitos de gobierno; de igual manera en el artículo 2º vislumbra el uso preferente de los recursos naturales de las tierras que habitan los grupos indígenas, haciendo énfasis en que se salvaguarden los espacios que se consideren estratégicos.

En el Artículo 25 párrafo sexto establece el cuidado del medio ambiente con motivo de regulación del uso de los recursos productivos de los sectores social y privado.

Por otro lado, el artículo 27 menciona que la propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro del territorio nacional son un bien originario de la nación y el derecho de la nación misma para regular en beneficio social; por lo que en su párrafo cuarto concibe las aguas de los mares territoriales, las aguas marinas interiores, lagunas, los lagos, los ríos y afluentes directos e indirectos desde el punto en que el cauce inicie las primeras aguas permanentes, intermitentes o torrenciales hasta su desembocadura en el mar, lagos, lagunas son propiedad de la Nación, en su numeral VII reconoce la personalidad jurídica a los núcleos de población ejidal y comunal y se protege su propiedad sobre la tierra tanto para el asentamiento humano como sus actividades productivas (Constitución, 2012)

Dentro de las atribuciones y facultades que otorga al Estado y Municipios en los artículos 73 fracciones XXIX segundo inciso, XXIXG; artículo 115 numeral II primer párrafo; V incisos a, b, c, d, e, f, g, j, i; se relacionan con la competencia de los Estados y municipios y su participación en materia ambiental (Constitución, 2012)

De la surgen leyes que regulan los artículos antes descritos en materia de medio ambiente, particularmente el 4º y el 27º (UNAM, 2008) el primero de éstos ordenamientos reglamentarios es la Ley General de Equilibrio y Protección al Ambiente promulgada en 1988, cuyo reconocimiento en materia de Servicios Ambientales y Gestión de Cuencas se basa primero en preservar y restaurar el equilibrio ecológico, la protección al ambiente en el territorio nacional, así como establecer las bases que permitan garantizar a toda persona el derecho de gozar de un medio ambiente adecuado (LGEEPA, 2012)

La LGEEPA establece además las disposiciones para regular la coordinación entre la Federación, los estados y los municipios en torno al medio ambiente, y reconoce el derecho de la denuncia popular, el cual destaca por el reconocimiento que hace de la existencia de un interés colectivo por parte de los gobernados, y con respecto al caso de estudio.

Para ayudarse a cumplir con la Constitución, la LGEEPA da lugar en su Capítulo II, artículo 4º a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) como parte de la distribución de competencias en materia de protección y preservación de los recursos forestales y el suelo. (LGEEPA, 2012)

La LGDFS es establecida como ley reglamentaria del artículo 27 de la CPEUM, en su artículo 2º define como objetivo contribuir al desarrollo social, económico, ecológico y ambiental del país, mediante el

manejo integral sustentable de los recursos forestales, así como de las cuencas y ecosistemas hidrológico-forestales, sin perjuicio de lo previsto en otros ordenamientos, en su fracción III establece desarrollar los bienes y servicios ambientales y proteger, mantener y aumentar la biodiversidad que brindan los recursos forestales; así como establece en la Fracción VII de su 3er artículo como objetivo específico coadyuvar en la ordenación y rehabilitación de las cuencas hidrológico-forestales, y en la fracción siguiente del mismo artículo recuperar y desarrollar bosques en terrenos preferentemente forestales, para que cumplan con la función de conservar suelos y aguas, además de dinamizar el desarrollo rural. (LGDFS, 2012)

Cabe aclarar que en la terminología de la LGDFS aparece el término de cuenca hidrológico-forestal que es definido en ésta misma ley como la unidad de espacio físico de planeación y desarrollo, que comprende el territorio donde se encuentran los ecosistemas forestales y donde el agua fluye por diversos cauces y converge en un cauce común, constituyendo el componente básico de la región forestal, que a su vez se divide en subcuencas y microcuencas (LGDFS, 2012)

Ahora bien, la Ley de Aguas Nacionales cuya publicación se realiza en 1992 funcionando también como ordenamiento reglamentario del artículo 27 de la CPEUM (UNAM, 2008), tiene como objeto en su artículo 1º regular la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas nacionales, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable y reconociendo en su artículo 7 BIS a la cuenca conjuntamente con los acuíferos como la unidad territorial básica para la gestión integrada de los recursos hídricos (LAN, 2012)

En el Artículo 5º de la LAN fracción I, hace notar que para el cumplimiento de la misma se deberá promover la gestión de los recursos hídricos por cuenca hidrológica a través de los 3 niveles de Gobierno, y en el séptimo reitera que la gestión integrada de los recursos hídricos superficiales y del subsuelo, a partir de la mencionada unidad geográfica será de utilidad pública, un asunto prioritario y de seguridad nacional y en la V fracción de éste mismo artículo declara también de utilidad pública el restablecimiento del equilibrio de los ecosistemas vitales vinculados con el agua. (LAN, 2012)

En ésta Ley son indicadas las Atribuciones de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), ésta Secretaría funge dentro del marco de gestión como Institución de la que se derivan otros órganos, en primera instancia se menciona en la LAN que es atribución de la Secretaría proponer al Ejecutivo Federal la política hídrica del país, los proyectos de ley, reglamentos, decretos y acuerdos en éste rubro. (LAN, 2012)

La misión institucional de la SEMARNAT es incorporar en los diferentes ámbitos de la sociedad y de la función pública, criterios e instrumentos que aseguren optima protección, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales del país, conformando así una política ambiental integral e incluyente. (SEMARNAT, 2012)

A su vez, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) es establecida como órgano descentralizado de la SEMARNAT y tiene por objeto ejercer las atribuciones que le corresponden en materia hídrica y constituirse como el Órgano Superior con carácter técnico, normativo y consultivo de la federación, en materia de gestión integrada de los recursos hídricos, incluyendo la administración, regulación, control y protección del dominio público hídrico a nivel nacional y regional hidrológico-administrativo a través de los Organismos de Cuenca. (LAN, 2012)

La misión de la CONAGUA es administrar y preservar las aguas nacionales y sus bienes inherentes para lograr su uso sustentable, con la responsabilidad de los tres órdenes de gobierno y la sociedad en general. (CONAGUA, 2012) Este órgano tiene también la atribución de formular política hídrica nacional y proponerla al Ejecutivo Federal, pero debe hacerlo a través de la SEMARNAT, la CONAGUA es también encargada de proponer el Programa Nacional Hídrico, actualizarlo y vigilar su cumplimiento haciendo énfasis en elaborar programas especiales de carácter interregional e intercuenas en materia de aguas nacionales (LAN, 2012)

CONAGUA tiene la visión institucional de ser autoridad con calidad técnica y promotor de la participación social en los diferentes órdenes de gobierno en la gestión integrada del agua y sus bienes inherentes y cuenta también con una visión para el sector hidráulico en la que espera una nación que cuente con agua en cantidad y calidad suficiente, que reconozca su valor estratégico, la utilice de manera eficiente, y proteja los cuerpos de agua, para garantizar un desarrollo sustentable y preservar el medio ambiente. (CONAGUA, 2012)

En materia de Servicios Ambientales la LAN atribuye a CONAGUA la facultad de estudiar los montos para el cobro de derechos de agua y tarifas de cuenca incluyendo el cobro por extracción de aguas nacionales, descarga de aguas residuales y servicios ambientales vinculados con el agua y su gestión. (LAN, 2012)

De la misma manera en que participa la CONAGUA en el sector hídrico, tenemos que la LGDFS designa a la Comisión Nacional Forestal CONAFOR, como un organismo público descentralizado de la Administración Pública Federal, con personalidad jurídica y patrimonio propios. La coordinación

sectorial de la Comisión corresponde a la Secretaría, de conformidad con las disposiciones jurídicas aplicables.

El objeto de la CONAFOR es desarrollar, favorecer e impulsar las actividades productivas, de protección, conservación y de restauración en materia forestal, que conforme a la presente Ley se declaran como una área prioritaria del desarrollo, así como participar en la formulación de los planes y programas y en la aplicación de la política de desarrollo forestal sustentable y sus instrumentos. (LGDFS, 2012)

Las anteriores leyes y órganos, son respaldadas en materia de Gestión por el Plan Nacional de Desarrollo que contiene 5 ejes sobre los cuales el gobierno federal alcanzará sus metas: (PND, 2012)

- Estado de Derecho y Seguridad
- Economía Competitiva y Generadora de Empleos
- Igualdad de Oportunidades
- Sustentabilidad Ambiental
- Democracia Efectiva y Política Exterior Responsable

Para lograr los objetivos mencionados toma como premisa a alcanzar el “Desarrollo Humano Sustentable”, que considera como una capacidad de los habitantes del país para asegurar sus necesidades de empleo, salud, educación, y vivienda, entre otras; pretendiendo que las oportunidades de las generaciones futuras puedan incrementarse. Ello implica que “...el desarrollo de hoy no comprometa el de las generaciones futuras...” (PND, 2012) y pretende alcanzar objetivos a largo plazo, de acuerdo con la visión “México 2030”, que como parte fundamental del marco de Gestión a Nivel Federal y de largo plazo pretende ser un diseño del México que se espera tener, ésta política fue estructurada alrededor de los mismos cinco ejes básicos en los que se enfoca el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012

Dentro del eje 4 del PND se plantea que la sustentabilidad ambiental es uno de los fundamentos para el desarrollo del país y el Plan mismo considera el desarrollo humano sustentable como su premisa fundamental, sin embargo cuando se analizan los alcances que se pretenden en materia ambiental, es observable que los indicadores usados representan solo una parte de lo que la sustentabilidad ambiental significa. Esto es, por ejemplo, el incremento porcentual de áreas naturales protegidas con respecto al total del territorio, no nos refleja la sustentabilidad con que crece el país, ni tampoco nos habla de su desarrollo vinculado al medio ambiente; la cifra en km<sup>2</sup> de áreas reforestadas, no ofrece más que la cantidad de árboles que se siembran en contraste con los que se pierden, pero no nos habla de la calidad del suelo, los servicios ambientales que los bosques proveen o a biodiversidad que

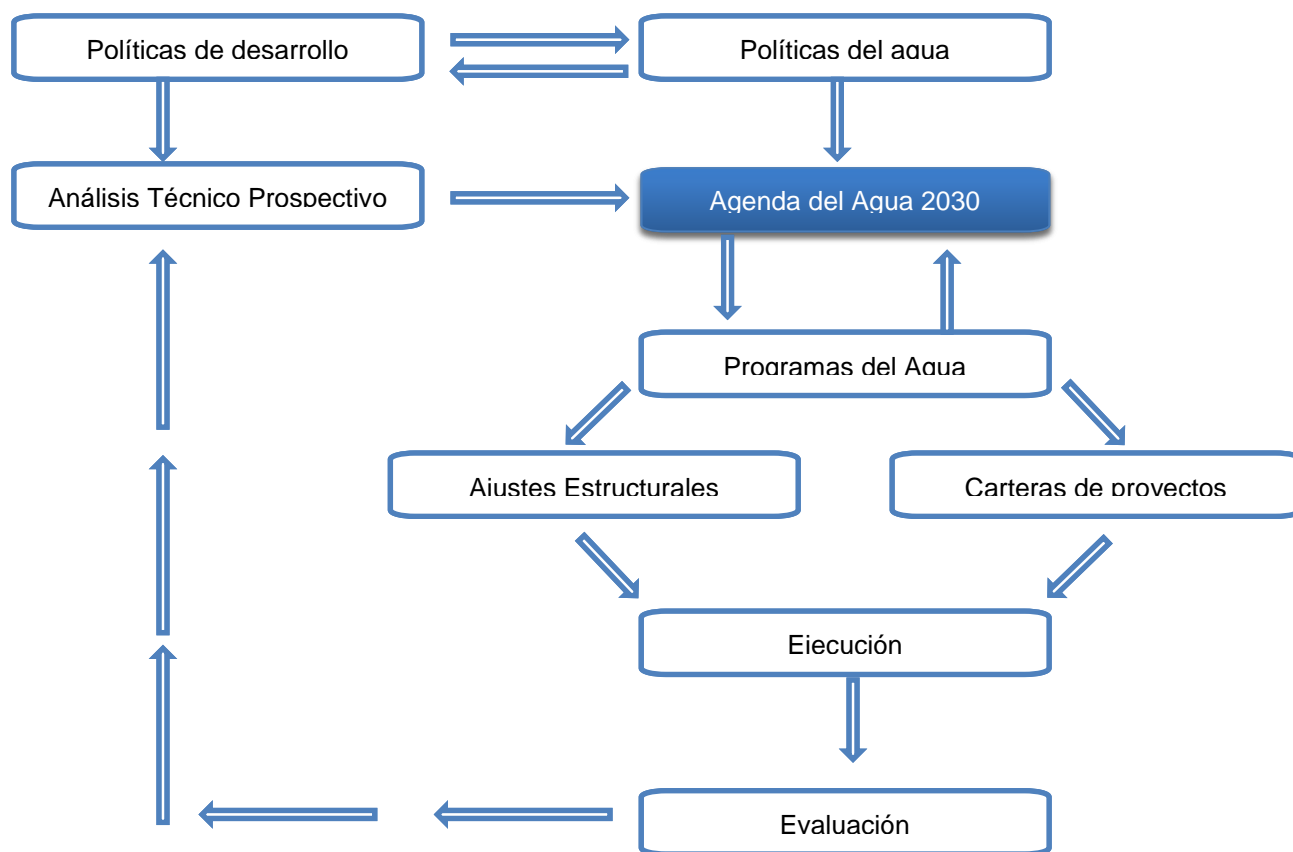


albergan, por tanto, no representa un indicador con la capacidad de reflejar la sustentabilidad de un país.

Para el cumplimiento de la visión México 2030, se establecen 28 metas, de las cuales, el eje de sustentabilidad ambiental cuenta con 3: medio ambiente, bosques y selvas, así como la protección de áreas naturales con un análisis del estado actual y la meta que se pretende alcanzar a través de un indicador determinado. (VisiónMexico2030, 2007)

Con relación al agua en visión a largo plazo tenemos la Agenda del Agua 2030 (AA2030), que es un instrumento que coadyuva en la consolidación de políticas de sustentabilidad hídrica y con ella deben alinearse todos los Programas Nacionales y Regionales Hídricos, así como las inversiones de nivel federal y estatal, los presupuestos de egresos fiscales en materia de agua y los programas de cultura de agua, es también una estrategia a seguir en el largo plazo, cuyos avances se revisan sexenalmente (AgendadelAgua2030, 2012)

**Cuadro 3. AA2030 en la gestión del agua en México**



(AgendadelAgua2030, 2012)

El Programa Nacional Hídrico, integra los planes hídricos de las cuencas a nivel nacional, en éste plan se definen la disponibilidad, el uso y aprovechamiento del recurso, así como las estrategias, prioridades y políticas, para lograr el equilibrio del desarrollo regional sustentable y avanzar en la gestión integrada de los recursos hídricos (LAN, 2012)

En su Eje 2. Economía competitiva y generadora de empleos; incorpora como objetivo incrementar la cobertura de agua potable y alcantarillado para todos los hogares mexicanos, así como lograr un manejo integrado y sustentable del agua en cuencas y acuíferos.

En su artículo 11º, la LGEEPA declara que por conducto de la SEMARNAT los estados y los municipios tienen la facultad de proteger y preservar el suelo, la flora y fauna silvestre, terrestre y los recursos forestales (LGEEPA, 2012)

El Programa Nacional Forestal (PNF), está vinculado al Programa Estratégico Forestal para México 2025 (CONAFOR, 2011) Abarca los temas más importantes del sector y que permiten conocer la situación actual y los retos en materia forestal que enfrentaremos en los próximos años: fundamento jurídico, marco general, análisis del sector, desafíos del sector, prioridades institucionales, objetivos, estrategias y líneas de acción; financiamiento y, finalmente, seguimiento y evaluación, así mismo, se considera el Manejo Forestal Sustentable (MFS), los recursos naturales maderables y no maderables, la biodiversidad y bioenergía.

Como instrumento de valoración y conservación ambiental se cuenta con el Pago por Servicios Ambientales en sus diferentes vertientes, pero en él no se hace una valoración económica de los recursos naturales ni de los servicios ambientales que proveen los ecosistemas. Así mismo tiene como gran limitante que forma parte de un sistema de conservación ambiental que restringe el aprovechamiento de las masas forestales en el caso de pago los servicios ambientales del bosque, y que no ofrece alternativas de desarrollo en el caso de pago por servicios ambientales hidrológicos.

Por otro lado, si bien se reconoce que las cuencas hidrográficas son elementos viables para la gestión integrada del recurso agua en el país, no hay especificaciones claras respecto a la forma en que han de manejarse sin poner en conflicto los derechos gubernamentales estatales, municipales o bien internacionales. Aun así en el PNH se proponen numerosas estrategias con sus respectivas líneas de acción, muchas de las cuales propician el desarrollo del país bajo esquemas de sustentabilidad, en lo que al tema se refiere, tanto el PNH como el PSA son las herramientas más útiles y con objetivos claros.

PROÁRBOL es el principal programa federal de apoyo al sector forestal que ordena en un solo esquema el otorgamiento de estímulos a los poseedores y propietarios de terrenos para realizar acciones encaminadas a proteger, conservar, restaurar y aprovechar de manera sustentable los recursos en bosques, selvas y zonas áridas de México.

La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) es la institución responsable de llevar a cabo este programa, bajo reglas de operación y a través de una convocatoria anual en la que se establecen los requisitos, plazos y procedimientos para la asignación y entrega de recursos a los beneficiarios.

Programa de restauración de microcuencas en zonas prioritarias que defina la CONAFOR con fundamento en el artículo 78 de la LGEEPA dispone que aquellas áreas que presenten procesos de degradación o desertificación, o graves desequilibrios ecológicos, la SEMARNAT deberá formular y ejecutar programas de restauración ecológica, con el propósito de que se lleven a cabo las acciones necesarias para la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los procesos naturales que en ella se desarrollaban. (LGEEPA, 2012)

## ***2.2 Marco jurídico y de gestión a nivel estatal***

Ante la creciente presión de la sociedad sobre los recursos naturales en el Estado de México se han establecido programas ambientales estatales como mecanismos para el uso, manejo sustentable y conservación de los recursos naturales.

Para llevar a cabo una mejor regulación en materia ambiental en el Estado de México se crea el Código para la Biodiversidad del Estado de México (CPBEM) que es un instrumento cuyo contenido holístico abarca a cada una de las actividades humanas, tanto las sociales, como las privadas, públicas para su regulación en materia ambiental que forma parte del orden Jurídico Mexiquense para detener los efectos nocivos medio ambientales.

Uno de los objetivos primordiales del CPBEM mencionado en el artículo 1.2 fracción VIII promueve la aplicación racional y manejo de los pagos por servicios ambientales o ecosistémicos derivados de las actividades humanas sostenibles. Que da lugar a los programas de pago por Servicios ambientales hidrológicos que se llevan a cabo en el Estado de México.

Por lo consiguiente se atribuye al Estado promover los bienes y servicios ambientales de los ecosistemas forestales en el artículo 3.13 numeral I; asimismo también se le atribuye diseñar,

desarrollar y aplicar instrumentos económicos para promover el desarrollo forestal descrito en la fracción XXXV del CPBEM.

Para la atribución descrita en el anterior párrafo se crea la Protectora de Bosques del Estado de México que tiene por objeto la protección, conservación, reforestación, fomento y vigilancia de los recursos forestales del Estado de México (CPBEM, 2012).

A partir del LGEEPA en donde se establecen líneas generales para lograr una coordinación institucional en multidisciplinaria en los ámbitos de gobierno en materia ecológica se cuenta con la Secretaría de Medio Ambiente del Estado de México que es la encargada de conservar el medio ambiente a través de la protección y aprovechamiento racional de los recursos naturales, transversal a la política ambiental de todos los sectores del gobierno y de la sociedad que sienta las bases hacia un desarrollo sustentable en beneficio de los mexicanos.

En el Estado de México se instauró el 2007 el Programa por Servicios ambientales que tiene el fin de conservar las áreas de bosque que permitan tener áreas de recarga hídrica para garantizar el suministro de agua. (Probosque, 2012). Con fundamento en el Artículo 27 numeral XX de la CPEUM alude a que el Estado promoverá las condiciones para el desarrollo rural integral con el propósito de generar en la población campesina el bienestar y su participación e incorporación al desarrollo nacional y de fomentar la actividad agropecuaria y forestal para el uso óptimo de la tierra.

En coordinación con la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y la Secretaría de Medio Ambiente del Estado de México a través de la PROBOSQUE le compete integrar políticas, estrategias y acciones inherentes para el pago de servicios ambientales hidrológicos de Estado de México destinados a la protección, conservación, mantenimiento y aumento de la cobertura forestal como una herramienta que coadyuva a mejorar las condiciones socioeconómicas de productores forestales.

La Secretaría de Medio Ambiente del Estado de México en coordinación con Probosque impulsa un Programa de reforestación y restauración integral de microcuencas con el fin de proteger las fuentes más importantes de generación y almacenamiento de agua mediante apoyos transitorios para fomentar el establecimiento y mantenimiento de las reforestaciones y plantaciones forestales comerciales.

En el artículo 2.8 del CPBEM se señala la coordinación entre dependencias y entidades estatales o municipales para prever las acciones a realizar sobre contaminación de agua acorde a los lineamientos de la CONAGUA.

Para ello se tiene a la Comisión de Agua del Estado de México que es un organismo descentralizado planea, programa construye, conserva, mantiene opera y administra sistemas de agua para consumo humano, industrial y de servicios; de drenaje, tratamiento y reúso de las aguas residuales dentro de un marco de desarrollo sustentable para los mexiquenses.

En el 2.128 del CPBEM se tiene contemplado el aprovechamiento y uso sostenible del agua y los ecosistemas acuáticos, que es regida por la Ley de Aguas del Estado de México- en los artículos 2.129, 2.130 menciona que el suelo es insustituible e importante para preservar el equilibrio ecológico para la recarga de mantos acuíferos

La Ley del Agua del Estado de México (LAEM) tiene por objeto normar la explotación, uso y aprovechamiento, administración, distribución y control de aguas de jurisdicción estatal y sus bienes inherentes; así como las aguas asignadas y concesionadas por el Gobierno Federal al Estado o municipios. (LAEM 2012)

### ***2.3 Marco jurídico y de gestión a nivel local***

La LGEEPA menciona en su artículo 8º sobre las facultades de los municipios, argumentando que éstos son los encargados de formular, ejecutar y evaluar el programa municipal y de protección al ambiente, (LGEEPA, 2012)

En el artículo 3.14 del CPBEM indica que le corresponde a los Gobiernos municipales las atribuciones aplicar los criterios de política Forestal en zonas de competencia municipal y coordinar las acciones que no estén expresamente reservadas para la Federación o el Estado

Representado y administrado por el ayuntamiento, el municipio es el punto más cercano entre los ciudadanos y su sistema de gobernanza, está integrado por 1 presidente municipal, 1 síndico y 10 regidores, tiene la función de formular aprobar y expedir el Bando Municipal de Policía y Buen Gobierno, los reglamentos, acuerdos y disposiciones generales para el funcionamiento de la administración y servicios públicos y también aprobar la solicitud de permisos para el uso y aprovechamiento de las áreas públicas. (Gobernación, 2012)

El Bando Municipal tanto de Villa Victoria como de Villa de Allende, aclara en su artículo 13 que el ayuntamiento, en cualquier tiempo, tiene la facultad de hacer las segregaciones, adiciones y modificaciones que considere convenientes en cuanto al número y delimitación territorial de las delegaciones, esto se fundamenta en varios aspectos y es de particular interés aquel en que la modificación sirva para mejorar la organización territorial, administrativa y poblacional. (www.edomex.gob.mx, 2009)

El ayuntamiento como representante del municipio, está conformado por el cabildo, que funciona a través de sesiones y comisiones, las sesiones pueden ser ordinarias, extraordinarias, públicas y privadas; (www.edomex.gob.mx, 2009) para que éstas sesiones sean válidas deben tener la asistencia de la mayor parte de los integrantes del cabildo, las comisiones son distribuidas entre los regidores estando entre las más comunes la comisión de obras públicas y la de agua y saneamiento, siendo los regidores los encargados de reportar al presidente municipal cualquier anomalía en su respectiva comisión.

En los municipios rurales, se suelen presentar también órganos administrativos como la secretaría de ayuntamiento, la comandancia, la tesorería y la oficina de obras y servicios públicos.

De las partes que conforman el municipio, los síndicos son los encargados de vigilar las finanzas del municipio, controlar el inventario de bienes, procurar el cobro oportuno de los créditos, multas y rezagos a favor del municipio. (Gobernación, 2012)

Los regidores tienen la función de proponer las sesiones de cabildo que consideren necesarias, asistir a los actos oficiales y de más comisiones que les sean conferidas, así como vigilar el funcionamiento de las dependencias administrativas.

La parte final de la estructura municipal, son las autoridades auxiliares, (www.edomex.gob.mx, 2009) éstas se encuentran en cada localidad y actúan como representantes políticos y administrativos del municipio, vigilando la salud pública, la educación, el establecimiento y prestación de servicios, así como informar al ayuntamiento de las alteraciones de orden público y las medidas tomadas al respecto. (Gobernación, 2012)

En la disposición X del artículo 31 del Bando Municipal, se establece que el municipio debe coadyuvar a la conservación de la ecología mediante la protección y mejoramiento del medio ambiente del municipio a través de las acciones propias, delegadas o concertadas. (www.edomex.gob.mx, 2009)

# **CAPÍTULO 3.**

## **CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA ZONA DE ESTUDIO**

---



Dado que la zona de estudio es una cuenca, es necesario aclarar que la delimitación de la misma se basa en las fuentes disponibles y podría ser diferente respecto de las regionalizaciones existentes en el país, ello debido a que aunque México cuenta con avances significativos en la conservación de sus cuencas, aun se tienen retos por salvar, en ese sentido la SEMARNAT reconoce que aún se tienen deficiencias en "...la heterogeneidad de criterios y denominaciones para la elaboración de algunos mapas de delimitación geográfica de las cuencas hidrográficas pero, sin duda, tal situación también está vinculada con la diferencia de visiones entre las instituciones y, por lo tanto, en los planes de acción encaminados al cuidado o a la gestión de las cuencas en nuestro país..." (SEMARNAT-INE, 2008)

Para la elaboración de éste capítulo se siguió la aproximación metodológica para el manejo de agua en una cuenca rural, propuesta por (Alvarado Granados, et al., 2012), por tanto el estudio se dividió en subsistemas para su caracterización y diagnóstico.

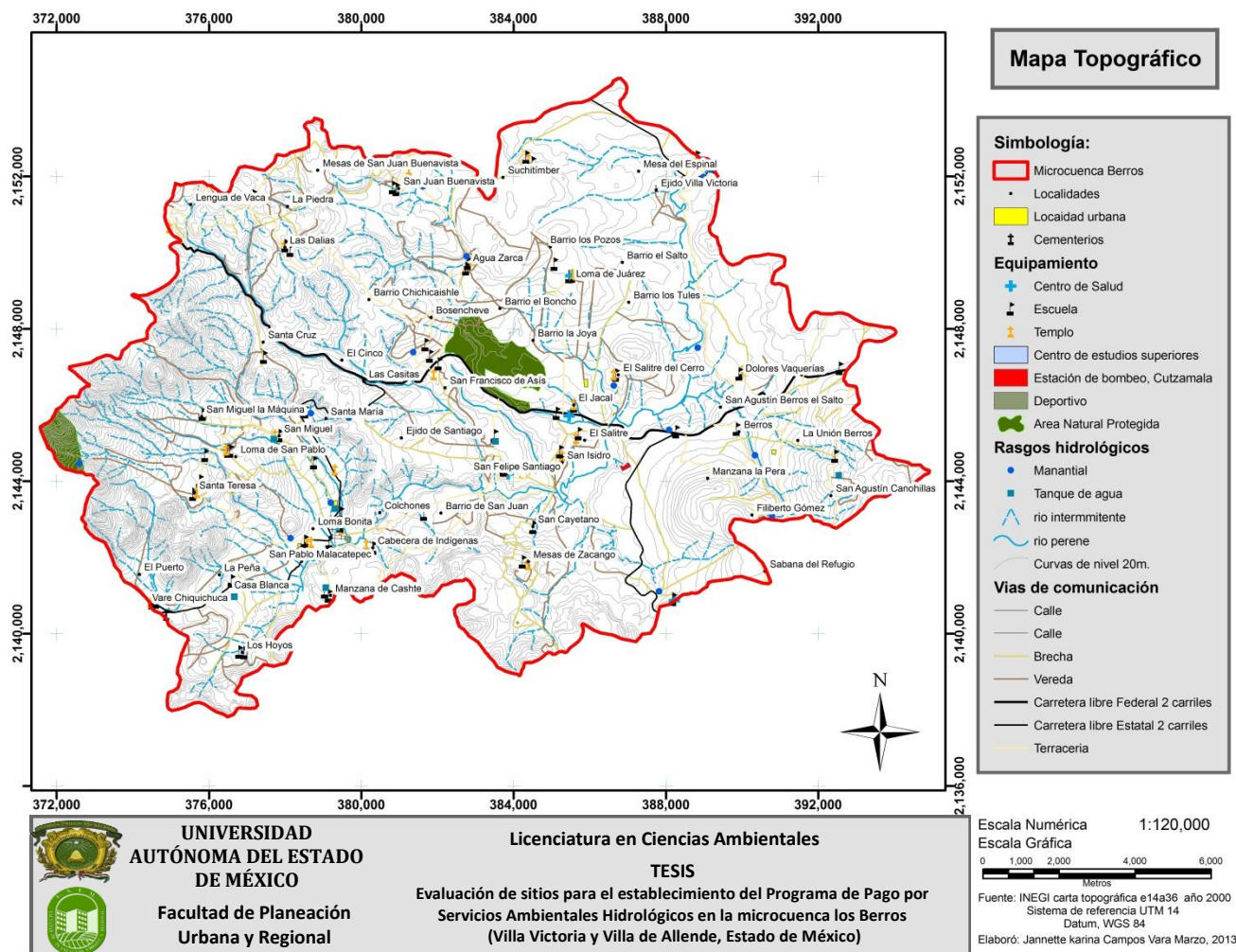


Figura 3 Mapa topográfico

### 3.1 Subsistema biofísico

#### Hidrología

La microcuenca “Los Berros” tiene una extensión de 189.017 km<sup>2</sup>, se ubica política y administrativamente entre los municipios de Villa de Allende y Villa Victoria.

Respecto a su localización hidrológica, la microcuenca “Los Berros” se localiza en la región hidrológica 18 correspondiente al Balsas, en la cuenca del río Cutzamala y en la subcuenca Tilostoc.

**Cuadro 4. Región hidrológica en la que se ubica la microcuenca “Los Berros”**

REGIÓN	CUENCA	SUBCUENCA
<b>RH-18 BALSAS (14440)</b>	<b>G R CUTZAMALA (8526)</b>	<b>B R ZITACUARO (1695)</b>
		<b>C R TUXPAN (1938)</b>
		<b>D R PURUNGUEO (2410)</b>
		<b>F R TEMASCALTEPEC (560)</b>
		<b>G R TILOSTOC (1923)+(344)</b>

Fuente: Elaboración propia con base en carta de Hidrología Superficial de INEGI (1983)

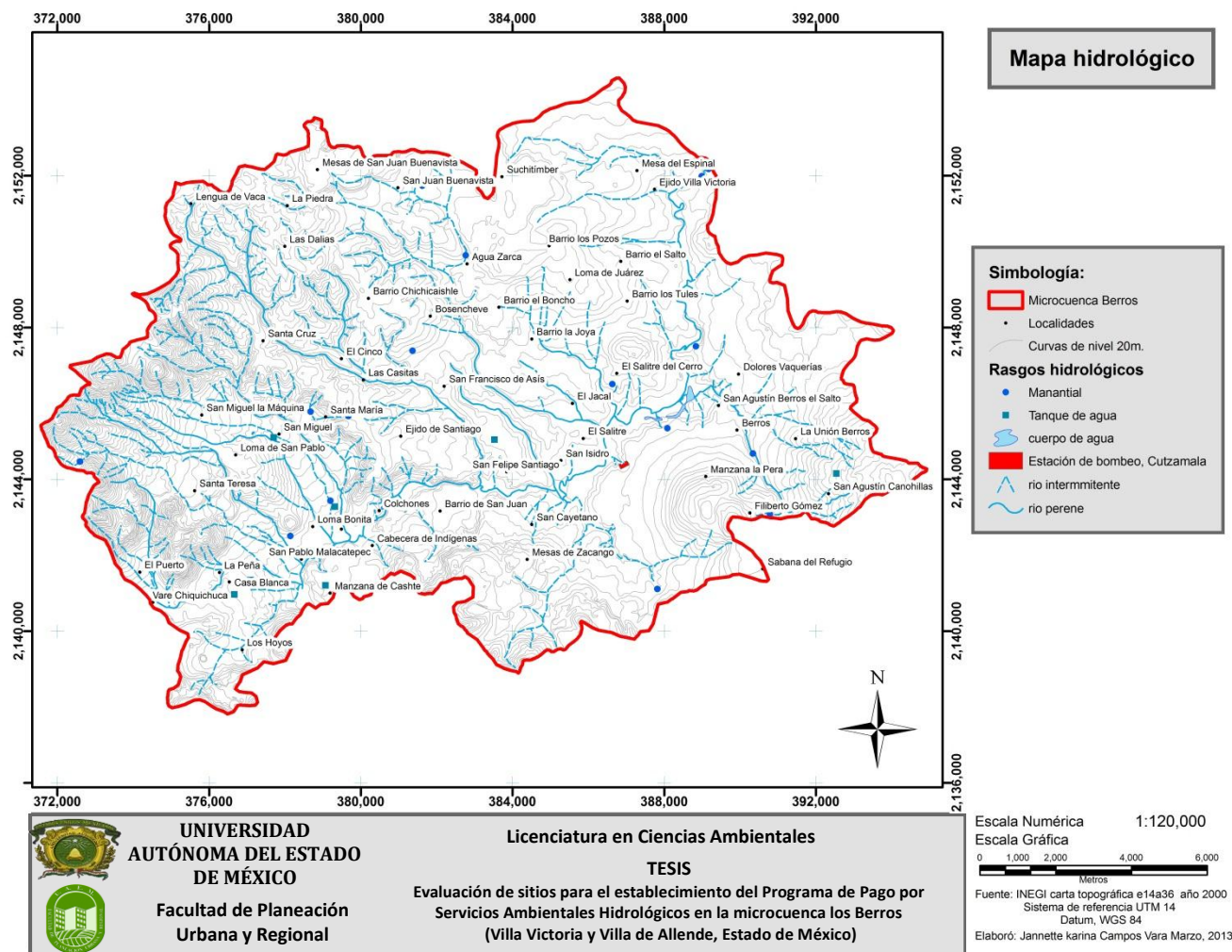
Así mismo se localiza en las siguientes coordenadas geográficas extremas:

**Norte** 19° 17' 43'', 99° 55' 53''

**Sur** 19° 29' 53'', 100° 15' 07''

La mayoría de las corrientes de la microcuenca se localizan en el municipio de Villa de Allende, de acuerdo al análisis cartográfico la corriente principal de la cuenca inicia con el nombre de Río San José Malacatepec que nace en la Presa de Villa Victoria, su recorrido va de noreste a suroeste pasa cerca del centro del municipio y cambia de nombre a Los Berros y posteriormente a Salitre convirtiéndose en Río San José que desemboca en la Presa Chilesdo al final del municipio de Villa de Allende.

Figura 4. Mapa Hidrológico



## Geomorfología

La constitución geomorfológica de la zona es mayormente de relieve montañoso con disecciones que van desde las fuertemente diseccionadas hasta las colinas y los depósitos aluviales. Se presentan rocas volcánicas metamórficas del mesozoico, también rocas ígneas extrusivas de la misma era que al igual que las anteriores forman montañas con pendientes pronunciadas, del cenozoico provienen rocas sedimentarias e ígneas extrusivas, ambas cubren parte importante de la microcuenca.

Rocas sedimentarias:

- Areniscas

Rocas sedimentarias detríticas cementadas, están formadas mayoritariamente por cuarzo (o silicatos).

La sustancia cementante puede haber sido depositada durante la diagénesis por aguas subálveas, o

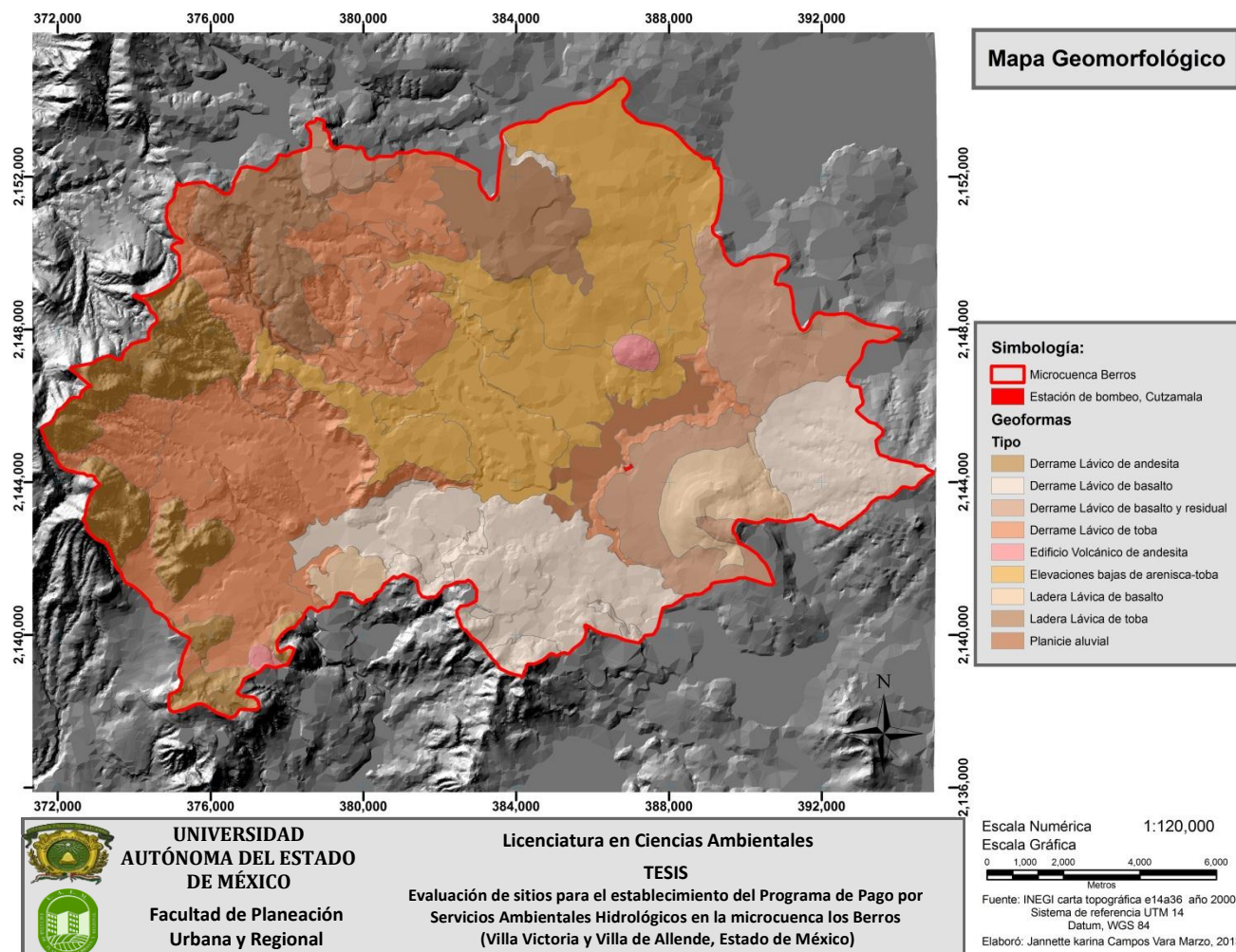
bien pueden contener otros materiales detríticos más finos como las arcillas, lo cual, indica que en su transporte intervinieron aguas turbulentas Lexis/22 Vox (1981)

Rocas ígneas

- Basaltos

Rocas volcánicas compuestas por plagioclasas. Son de grano fino y color oscuro, son consideradas las rocas efusivas que de mayor abundancia. (Lexis/22 Vox, 1981: 29).

Figura 5. Mapa Geomorfológico



## Unidades geo hidrológicas

De acuerdo con la hidrología y las unidades Geomorfológicas se tiene que de acuerdo con la carta de aguas subterráneas (INEGI, 1983), las unidades geo hidrológicas de la microcuenca son de material consolidado con posibilidades bajas y están constituidas por rocas de diferente origen y composición. Las rocas metamórficas más antiguas pertenecen al mesozoico y son: esquisto, filita y pizarra, se

caracterizan por tener color verde claro a oscuro y al intemperismo son pardas; tienen foliación y textura lepidoblástica; las fracturas varían de escasas a intensas, la mayor parte de dichas fracturas están rellenas de sílice; se presentan en una morfología que varía de suave a abrupta, en lomeríos y montañas.

### ***Unidad de materiales no consolidados con posibilidades bajas***

Forman parte de esta unidad rocas del Cenozoico representadas en el terciario superior por areniscas, toba ácida, brecha sedimentaria y conglomerado; al cuaternario corresponden depósitos de conglomerado, aluvión, lacustre y residual.

La arenisca-toba ácida es material arenoso de origen volcánico, mal consolidado, con granos de tamaño fino y fragmentos pumiciticos, se encuentran en pseudoestratos horizontales y de poco espesor. (INEGI, 1983)

Al conglomerado lo forman clastos redondeados y sobre ondeados de diferente composición y tamaño, semicompactado en matriz arcillo arenosa; intemperismo somero a moderado. La brecha sedimentaria contiene fragmentos angulosos de roca volcánica de composición intermedia, de tamaño de grava y bloques, en matriz arenosa; el intemperismo es moderado; se encuentra cerca de unidades de andesitas. Los depósitos de aluvión están formados por arcilla, limo y arena de grano fino y medio; el lacustre tiene bajo contenido de materia orgánica y forma parte de zonas sujetas a inundación y el suelo residual se ha formado a partir del intemperismo de unidades de basalto, andesita y toba. Esta unidad forma parte de lomeríos de pendiente suave, depósitos al pie de montaña, zonas sujetas a inundación y valles. (INEGI, 1983)

## **Geología**

Las tobas por su composición porosa, resistente y angulosa, fueron formadas con acumulación de cenizas y arenas.

Las andesitas se ubican en la parte alta de la cuenca se consideran de composición media con presencia de cuarzos y otros minerales

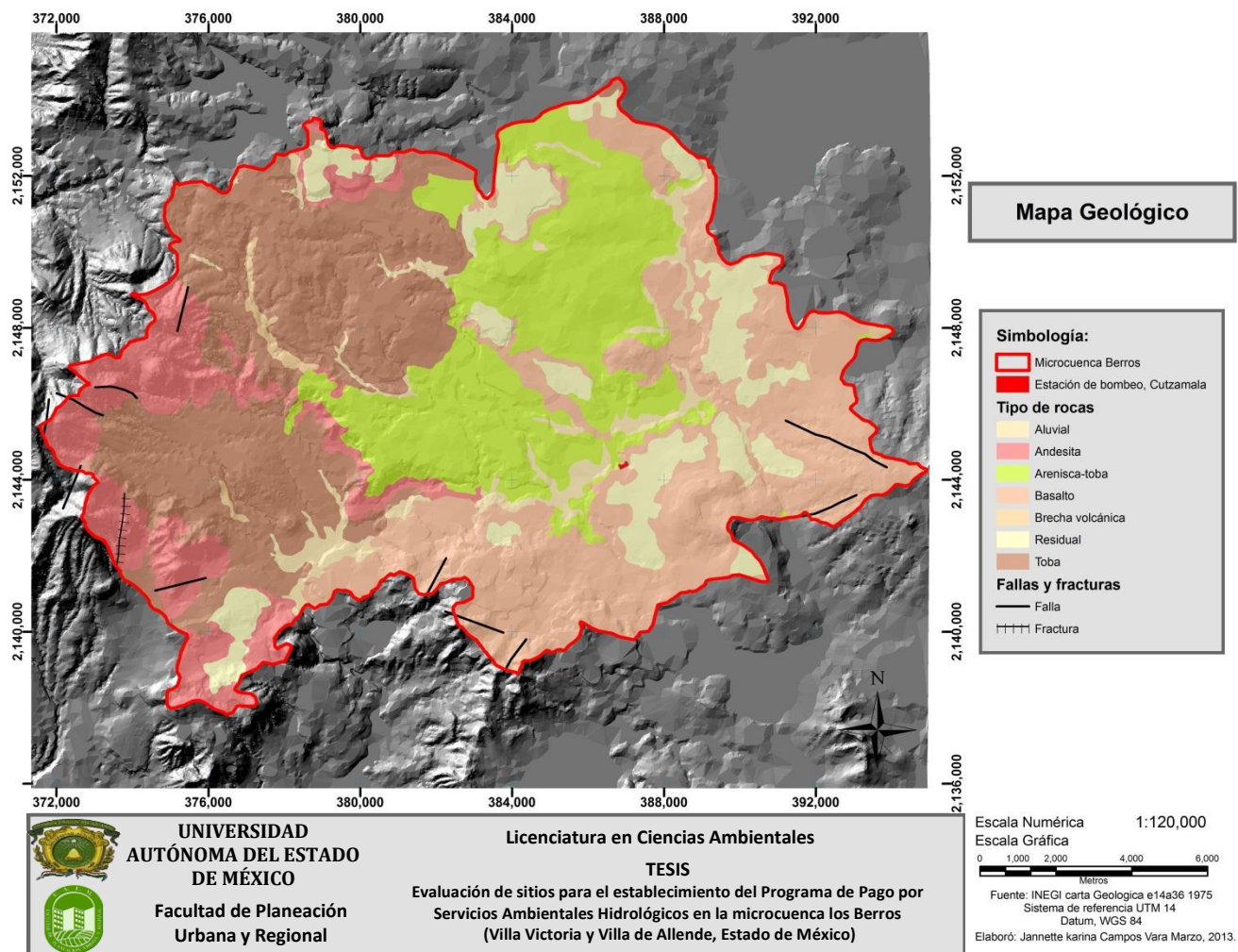
Las areniscas son rocas sedimentarias con espacios intersticiales que tienen una composición clástica, porosa, arenosa, ligera e irregular, al encontrarse en presencia de Tobas, son una combinación resistente y permeable.

Los Basaltos son considerados impermeables con alta dureza pero al mismo tiempo facilidad de fracturarse, son las rocas con mayor presencia en la superficie

Las brechas volcánicas son angulosas e irregulares, tienen una alta composición de cristales y granos finos.

Las rocas residuales son aquellas sometidas a la intemperie (intemperismo) y por tanto a los efectos de la meteorización tanto física y química.

Figura 6. Mapa Geológico



## Edafología

Dentro de la zona de estudio se encuentran de forma predominante dos tipos de suelos: el Acrisol con poca presencia y el Andosol que se localiza en la mayor parte del territorio estudiado.

#### Andosoles;

Los andosoles son suelos jóvenes compuestos de cenizas volcánicas con superficies oscuras que se desarrollan en ambientes ondulados a montañosos y húmedos, (Buol, 1990) que en condiciones favorables están cubiertos por vegetación de bosque templado, sobre todo pinos y encinos, son susceptibles de erosión si pierden su cubierta vegetal natural por lo que su uso agrícola proporciona rendimientos muy bajos debido a la alta fijación de fósforo; en éste orden de ideas, se concluye que el uso recomendable para éste tipo de suelo es el forestal por su elevada capacidad de retención de humedad, de no ser así sus posibilidades son limitadas, tendrán bajos rendimientos e irán en detrimento del ecosistema. (Ordenamiento Villa Victoria, buscar referencia original)

#### Acrisoles

Los acrisoles son suelos con horizonte Ah ócrico que presentan una mezcla de material mineral y orgánico, son suelos ácidos, arenosos. De acuerdo con (Ordenamiento Villa Victoria, buscar referencia original) los acrisoles son fácilmente erosionables y bajos en nutrientes, por lo que su uso potencial es el forestal.

#### Fluvisoles

Suelos jóvenes, desarrollados sobre depósitos aluviales, se encuentran en zonas lacustres y sedimentos de ríos son fértiles y comúnmente usados para el establecimiento de zonas de cultivo, sin embargo son propensos a inundaciones periódicas.

(WRB, 2007)

#### Luvisoles

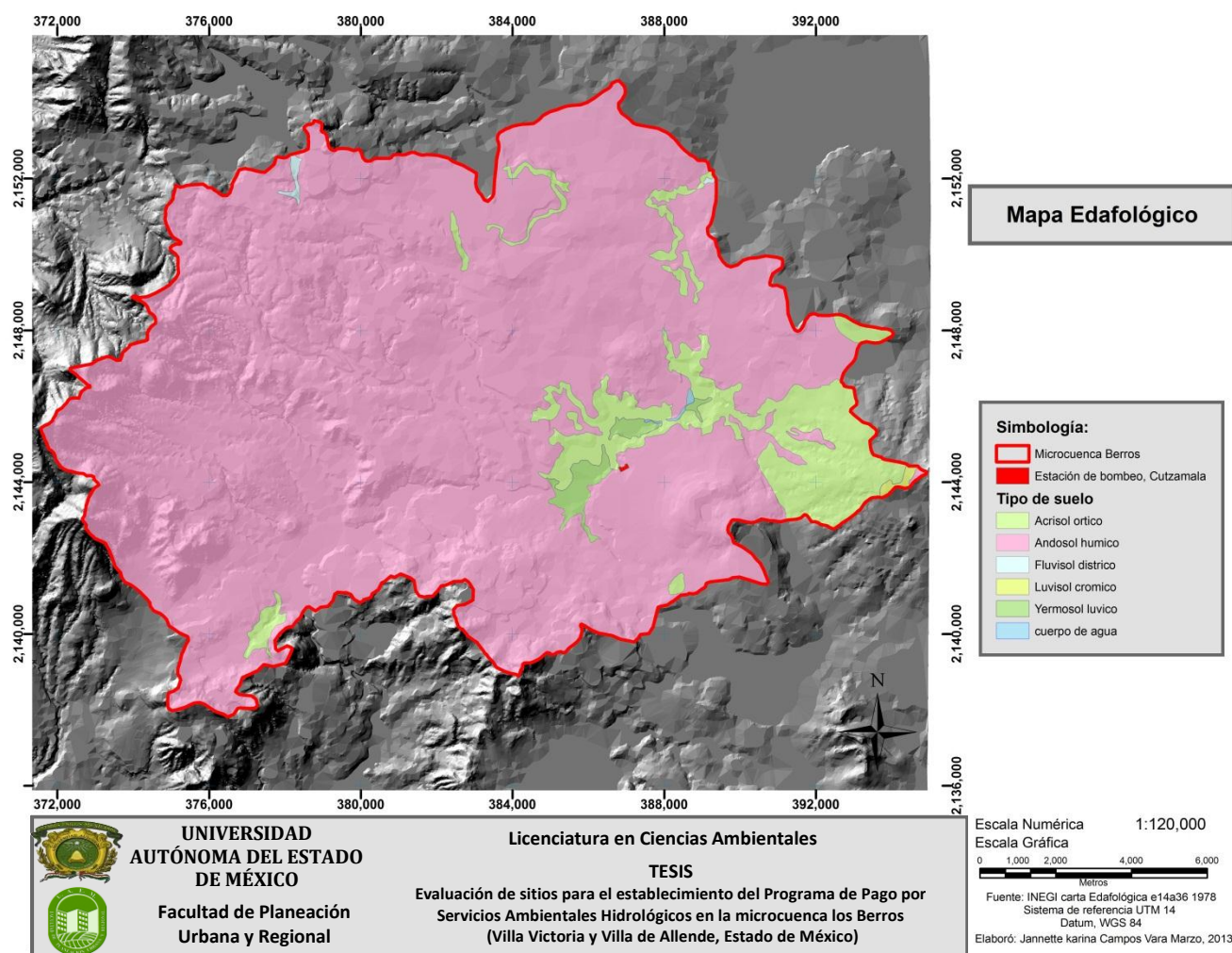
Los luvisoles ocurren principalmente sobre superficies jóvenes, se caracterizan por tener una capa con mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en su superficie debido a procesos de migración, son suelos fértiles y apropiados para diferentes usos agrícolas, su presencia en la cuenca es muy poca y el uso que recibe corresponde a zonas agrícolas.

#### Yermosoles

Suelos áridos que contienen poca materia orgánica; la capa superficial es clara, debajo de ésta puede haber acumulación de minerales arcillosos y/o sales, como carbonatos y sulfatos.

Cabe destacar, que el plan de Villa de Allende, reconoce que “...en toda el área existen procesos de degradación del suelo, evidenciados por zonas con fuerte erosión laminar y en forma de cárcavas. En algunas áreas con elevada pendiente del terreno, la roca madre está expuesta al haber sido trasportadas las partículas de suelo por la acción del agua...” (Plan de Ordenamiento de Villa de Allende)

Figura 7. Mapa Edafológico



## Uso de suelo

Corresponde al uso que se le da al suelo, derivado de las actividades del hombre, independientemente de la vocación o potencial natural de las unidades edáficas.

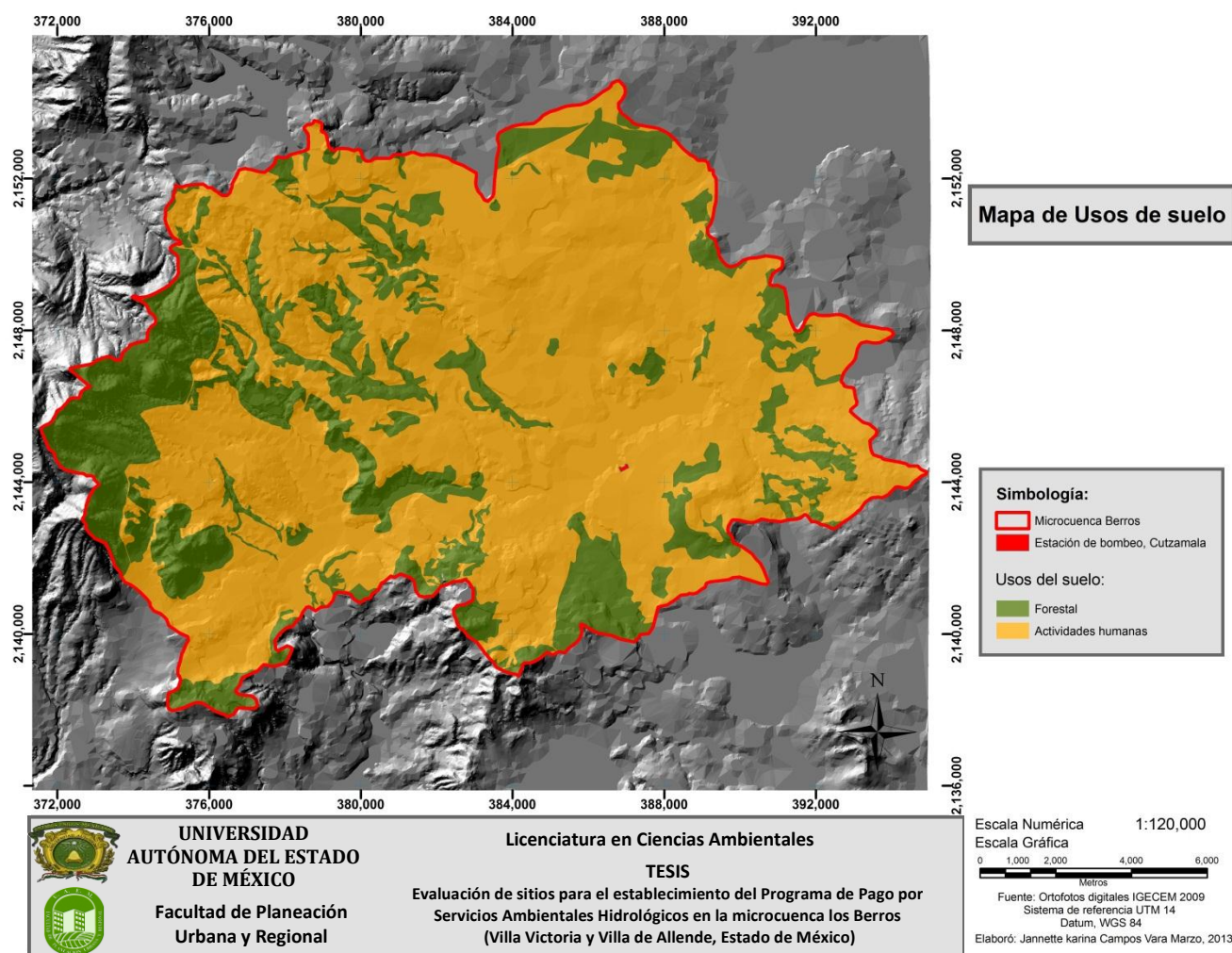
Dentro de los usos de suelo que existen en la cuenca, se encuentra que predominan las actividades humanas cuyas prácticas de uso del suelo son incompatibles con la conservación de los bosques y el recurso agua, por lo que en el territorio destinado a usos humanos en la cuenca predominan procesos



productivos, ganaderos y agrícolas de bajo rendimiento, por encontrarse en zonas inadecuadas para estas actividades.

Con la finalidad de hacer la información accesible y usar pocas variables, se generalizaron dos usos de suelo, el uso forestal y los usos humanos, con una presencia mayoritaria de éstos últimos.

Figura 8. Mapa de uso de suelo



## Vegetación

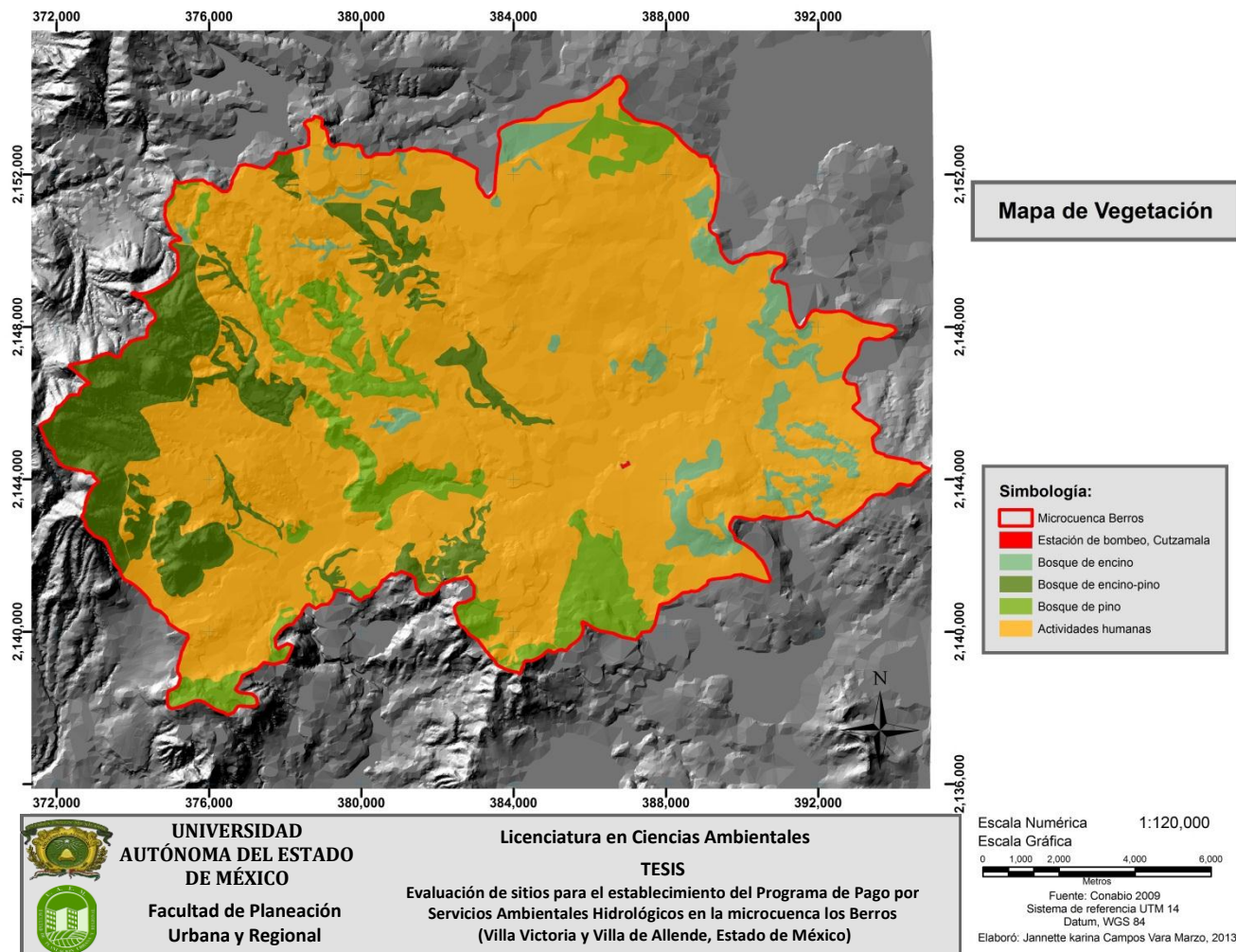
De acuerdo con (Rzedowski, 2006) la microcuenca se ubica dentro la provincia florística de las serranías meridionales, dentro de la región mesoamericana de montaña, la cual es a su vez, una zona de transición biogeográfica, “Los Berros” se localiza al sur de dicha provincia, en las estribaciones de la depresión del balsas.

Ahora bien de acuerdo al clima, a las abundantes lluvias y a la situación geográfica de los municipios que conforman la cuenca, la vegetación que existe es predominantemente de coníferas y especies de bosques templados, tras la revisión de los planes municipales y la cartografía de (INEGI, 2010) las especies más representativas en la zona de estudio son: *Pino (Pinus pseudostrabus, Pinus michoacana, Pinus spp.)* y *Encino (Quercus spp)*

Los ecosistemas templados a que pertenecen los pinos y los encinos forman parte del conjunto de vegetación de zonas donde hay una estacionalidad anual marcada con heladas en invierno, su presencia depende de factores como el tipo de suelo, presentando afinidad a los suelos ácidos como los de la cuenca, la orientación de las laderas, la abundancia y estacionalidad de la lluvia (Challenger, 2003)

De acuerdo con (Rzedowski, 2006) a pesar de la diferencia fisonómica entre los pinos y los encinos, suelen presentarse como un solo tipo de vegetación “...de hecho la similitud de las exigencias ecológicas de los pinares y los encinares ha dado como resultado que los dos tipos de bosques ocupen nichos muy similares que se desarrollan con frecuencia uno al lado del otro formando intrincados mosaicos y complejas relaciones sucesionales y que a menudo se presenten en forma de bosques mixtos...” (Rzedowski, 2006)

Figura 9. Mapa de vegetación



La presencia de zonas con cobertura vegetal se ha visto disminuida por la extracción de madera, la ganadería intensiva y el cambio de uso de suelo de forestal a agrícola, pese a que ya se ha hecho mención sobre sus bajos rendimientos relacionados con la fragilidad del suelo. De acuerdo con la cartografía revisada, las ortofotos y los planes de Desarrollo Municipales "...casi la mitad de los bosques tienen una densidad inferior al 40% y tan solo el 13% de ellos son catalogados como muy densos. Los bosques de baja densidad están distribuidos en casi todo el territorio..." (Plan de Ordenamiento de Villa de Allende)

La importancia del pino y el encino para la conservación de los Servicios Ambientales Hidrológicos radica en que sus raíces son profundas y extensas, por tanto tienen una amplia capacidad de retención

de suelos y humedad, así mismo potencian la infiltración por el tiempo que el agua debe permanecer en el suelo antes de escurrir.

## Clima

De las diferentes variables de que está compuesto el clima, (Alvarado Granados, et al., 2012) afirma en su propuesta metodológica que las más importantes para analizar el Ciclo Hidrológico de una Cuenca son: la precipitación, la infiltración, la evaporación y el escurrimiento, por ello pretende mostrarse de manera general los procesos del ciclo hidrológico en la cuenca como expresión natural, para ello cada componente a analizar se ha determinado por separado y posteriormente serán analizados en conjunto a través del método de balance hidrológico propuesto por el Colegio de Posgraduados de Chapingo (1982)

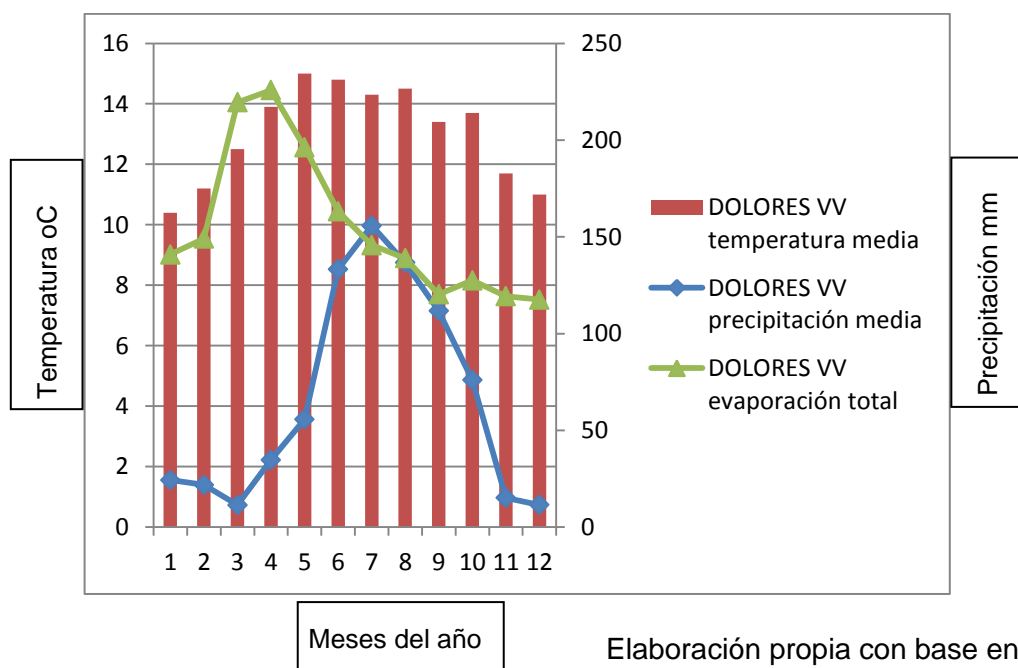
### *Precipitación, temperatura y Evaporación*

Existen nueve estaciones meteorológicas dentro de la zona estudiada, el clima de la microcuenca se clasifica como templado subhúmedo con lluvias en verano (Cwi).

La distribución temporal de la precipitación de la cuenca nos indica que los meses más lluviosos son de junio a octubre, es decir el verano.

Los meses calurosos van de mayo a septiembre, mientras que los que mayor evaporación presentan son Marzo, Abril y Mayo.

Figura 10 Variables del clima en la cuenca



## **Disponibilidad superficial de agua**

El método rápido de disponibilidad superficial de agua se obtiene a partir de identificar tres elementos esenciales: área de la cuenca, datos de la precipitación, y por último, la identificación de los coeficientes de escurrimiento de la cuenca.

Por el “método rápido”, con datos de la carta hidrológica de aguas superficiales y con base en el manual de conservación del suelo y del agua Colegio de Posgraduados, Chapingo (1982):

$$\mathbf{Vm = A C Pm}$$

Dónde

Vm = Volumen medio anual escurrido (miles de m<sup>3</sup>)

A = Área total de la cuenca (km<sup>2</sup>)

C = Coeficiente de escurrimiento

Pm= Precipitación media (mm)

Los valores de las variables son:

A= 189.017 km<sup>2</sup>

Pm= 933.333 mm

Precipitación de acuerdo con las isoyetas de la carta de hidrología superficial

C = 0.275

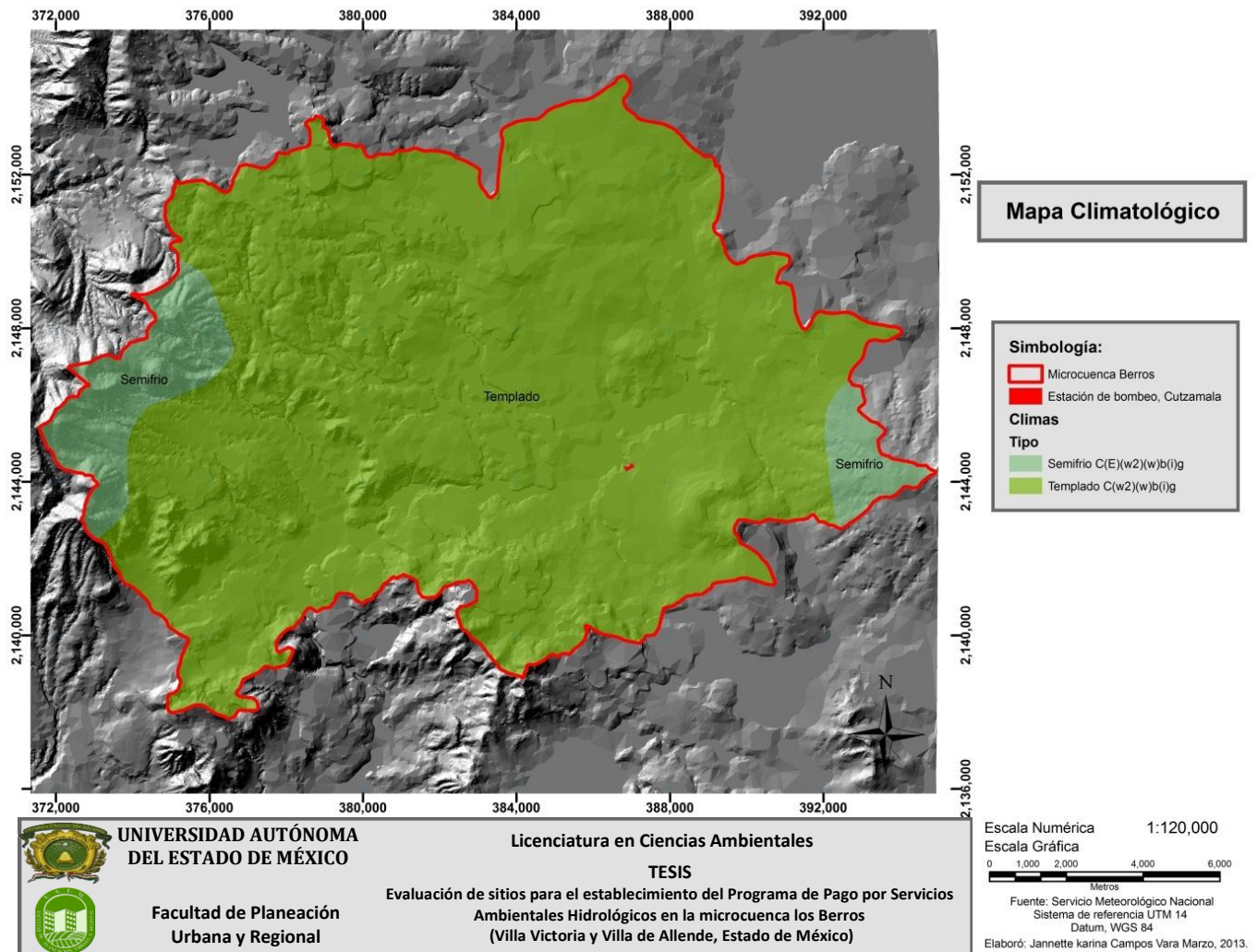
Entonces,  $Vm = (189.017) (0.275) (933.333)$

Para algunos casos, es factible emplear, como principio precautorio, umbrales definidos para la explotación sustentable de un recurso. Por ejemplo, el umbral que determinó el Consejo Mundial del Agua (World Water Council) a partir del modelo global de utilización y disponibilidad de agua WATER GAP-2, en el que se considera que un territorio está sometido a fuerte presión hídrica cuando se explota más del 40% del agua naturalmente disponible.

Otro ejemplo útil es la definición de áreas prioritarias para la conservación publicadas, en el caso de México, por la Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO) y que pueden ser sustraídas del espacio total disponible para una actividad a fin de asegurar una serie de servicios ambientales. Cabe mencionar que a estas áreas habría que añadirles aquéllas que son importantes por infiltrar agua (Bunge Vivier, 2010)

Como señala Gutiérrez Yurritia (2009:62) “la capacidad de carga es un punto de no retorno, sobrepasa lo deseable y se convierte en lo superviviente; podrá haber crecimiento económico pero éste será a costa de deteriorar los elementos ambientales que le confieren la integridad ecológica al sistema”.

Figura 11. Mapa Climatológico

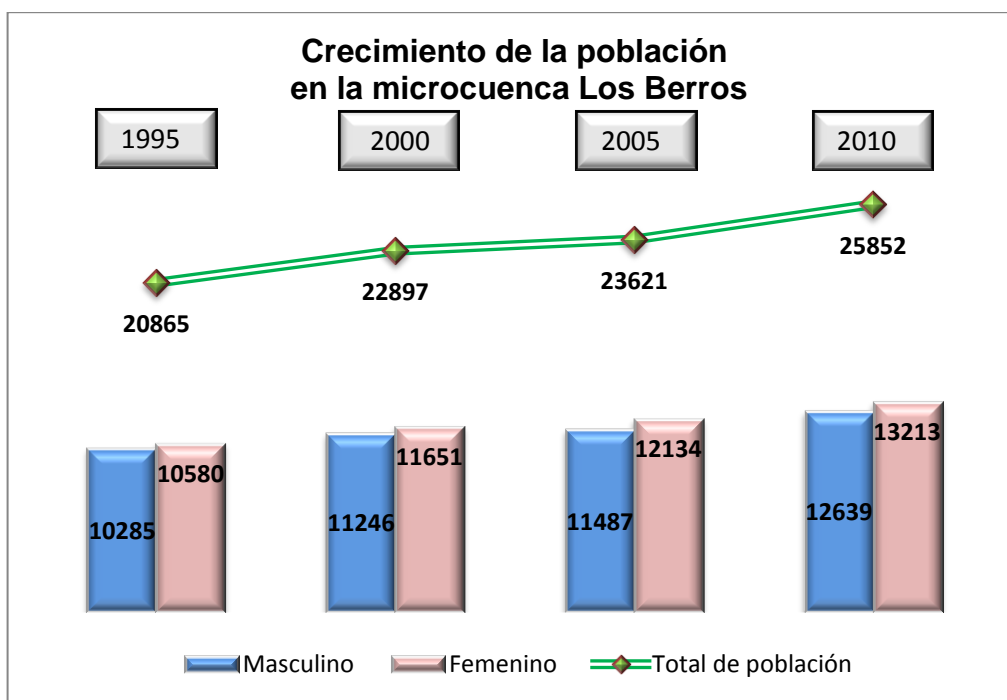


### 3.2 Subsistema socio-cultural

Éste subsistema de acuerdo con la aproximación metodológica de Alvarado (2012) "...es la expresión humana del uso y manejo del líquido vital..." actualmente la cuenca "Los Berros" cuenta con una población total aproximada de 25,852 personas, está integrada por 29 localidades de las cuales 26 son rurales y solo 3 están consideradas como urbanas. (INEGI, 2010) La población desde 1995 ha crecido mesuradamente, pues de acuerdo al análisis de los 4 últimos conteos, en 20 años hay 4987 habitantes más, en cuanto al sexo se muestra una ligera mayoría de mujeres en los 4 censos.

Ésta situación es favorable para la microcuenca pues la densidad de población actualmente es de 136 hab/km<sup>2</sup>.

Figura 12. Crecimiento de población



Fuente: Elaboración propia con base en (INEGI, 2010)

Ahora bien la población se encuentra distribuida mayormente en la parte centro y sur de la cuenca con 10 del total de las localidades, las demás se encuentran dispersas en el resto de la microcuenca, por lo que la mayor presión en cuanto a uso habitacional se refiere es en la parte baja de la zona de estudio.

De acuerdo con el Plan de Desarrollo Municipal, los municipios en que se ubica la cuenca, forman parte de los considerados con un alto número de habitantes indígenas, además datos nacionales, reportan que la zona está ocupada por Nahuas y Mazahuas.

### **3.3 Subsistema económico**

El costo ambiental de las actividades agrícolas es perceptible únicamente en grandes periodos de tiempo, generalmente de varias décadas. El Plan de Ordenamiento Ecológico de Villa de Allende considera que las principales tres problemáticas derivadas de las prácticas agrícolas en el municipio son: erosión del suelo, pérdida de fertilidad y cambio de uso del suelo. (Ordenamiento Ecológico de Villa de Allende, 2006)

Como ya se mencionó en párrafos anteriores, actualmente la cuenca “Los Berros” cuenta con una población total aproximada de 25,852 personas, su población económicamente activa solo corresponde a 8, 576 miembros, cifra que solo representa el 33.16% del total, de los cuales el 76.86% son hombres y 23.13% son mujeres. (INEGI, 2010) Esto significa que hay más de 17, 276 pobladores que no participan económicamente en la cuenca equivalentes al 66.82% de la población.



# **CAPÍTULO 4.**

## **EVALUACIÓN Y PROPUESTA**

---

## **4.1. Criterios y ponderaciones de sus variables**

El Pensamiento sistémico como herramienta que permite analizar la realidad a través de las totalidades y las interacciones de sus elementos reconoce a la cuenca como la forma terrestre que representa el límite de los sistemas hidrológicos y al agua como elemento integrador del sistema.

Ya se ha dicho que los servicios ambientales hidrológicos de una cuenca de acuerdo con la teoría de sistemas son las propiedades emergentes del sistema cuenca funcionando bajo complejidad e interacción dinámica, éstas cualidades del sistema que sólo son perceptibles cuando la cuenca se encuentra funcionando tienen zonas específicas de producción, justo esas áreas son identificadas a través de la técnica de ponderación multivariable y del análisis multicriterio como los espacios que al resultar con el valor más alto son también los sitios más aptos para ser incorporados al Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos.

Partiendo de que un cambio en una de las partes que componen el sistema tendrá efectos en el resto de los componentes y la influencia será respondida a través de un bucle de realimentación, entonces garantizar la permanencia de las propiedades emergentes del sistema cuenca será el efecto que garantice que el resto de la cuenca funcionará adecuadamente y para ello el PSAH como instrumento del desarrollo sustentable para la gestión de cuencas hidrográficas asegura la conservación de las propiedades emergentes del sistema cuenca, siempre y cuando las áreas a proteger sean las adecuadas, se definan bajo un análisis integrador que incorpore la mayor parte posible de elementos del sistema y sea adaptado a las particularidades de cada cuenca.

Los datos generados en el capítulo descriptivo fueron evaluados en éste apartado de manera tal que la incorporación de los componentes geomorfológicos, edafológicos, geológicos y por supuesto de vegetación del sistema cuenca nos permite identificar los sitios aptos para la Provisión de Servicios Ambientales

Cabe aclarar que para ésta evaluación los criterios se han considerado con pesos específicos iguales garantizando así una distribución equitativa de los valores que se asignarán a sus variables, lo que nos permite comparar entre sí de manera objetiva los sitios que se obtienen.

### **4.1.1. Ponderación para geomorfología**

Dado que la geomorfología es la expresión de las formas de la superficie terrestre y juega un importante papel en el proceso de escurrimiento del agua, su infiltración, que son favorecidos con los grados de inclinación (Alvarado Granados, et al., 2012) y los materiales que la constituyen es que se toma éste criterio como el primero para el ejercicio de ponderación.

### Cuadro 5. Ponderación para geomorfología

Tipo de Geoforma	Valor para ponderación
Derrame lávico de Toba	4
Derrame lávico de Andesita	3
Elevaciones bajas de Arenisca-Toba	3
Derrame lávico de Basalto	2
Edificio volcánico de Andesita	2
Ladera lávica de Toba	2
Derrame lávico de Basalto y residual	1
Ladera lávica de Basalto	1
Planicie aluvial	0

Fuente: Elaboración Propia

Para la consideración de los valores, también se tuvo presente la ubicación de las geoformas en la microcuenca, los materiales de que están compuestas y el tamaño de la extensión territorial que ocupan.

Los derrames lávicos de toba fueron asignados con un valor de 4 por la naturaleza porosa y ligera que les concede el tipo de roca y su localización en la parte alta de la cuenca con constitución morfológica montañosa y con disecciones moderadas que son ideales para la acumulación de agua y formación de ríos.

A los derrames lávicos de andesita se les dio un valor de 3, son rocas poco permeables, sin embargo la geomorfología en que se presentan tiene carácter montañoso fuertemente diseccionado que da pie a escurrimientos hacia los derrames lávicos de Toba, donde la acumulación y formación de afluentes es más factible.

Las elevaciones de Arenisca y Toba recibieron una valoración de 3, la razón de ello radica en su composición porosa y arenosa que surge de la presencia de las rocas que componen ésta geoforma con carácter muy alomado y con disecciones marcadas, su ponderación pese a sus cualidades no pudo ser más alta debido a su localización y su importancia radica en el alojamiento del curso medio de las corrientes de la cuenca.

Los derrames lávicos de Basalto recibieron un 2 en la ponderación por ser impermeables, alomados y encontrarse en pies de monte cercanos a las planicies aluviales.

El edificio volcánico de Andesita que fue identificado se calificó con 2 pues su geomorfología le confiere pendientes marcadas y su presencia en el territorio es pequeña, aun así, se reconoce su

potencial para propiciar escurrimientos hacia las elevaciones de arenisca y toba de las que está rodeado.

Las laderas lávicas de Toba pese a ser porosas, no muestran ser propicias para la acumulación de agua en la parte de la microcuenca en que se localizan con razón en su morfometría alomada y con disecciones, pero sus características generales dictan que tienen potencial, por lo que se les asignó un valor de 2.

Los derrames lávicos de Basalto y residuales poseen una morfometría alomada y colinosa, pero el material de que están compuesto no es permeable y los escurrimientos que propicia son recibidos por los derrames lávicos de toba, donde se generan pocos afluentes, por ello han sido valorados con 1.

Las laderas lávicas de basalto fueron ponderadas con 1 debido a su impermeabilidad, aunque favorecen escurrimientos y presentan fracturas que podrían facilitar la infiltración del agua.

En las planicies aluviales la ponderación fue 0, pues son las zonas que reciben la acumulación de los flujos que escurren desde cuenca arriba, son importantes por recibir al afluente principal, no obstante no proveen servicios ambientales hidrológicos pero son la evidencia de que las zonas provisoras de dichos servicios funcionan de forma adecuada.

#### 4.1.2 Ponderación para geología

La ponderación de las variables geológicas se hizo con base en los resultados obtenidos en el diagnóstico, nótese que los valores fueron asignados de manera similar a la ponderación geomorfológica, por la constitución de los materiales de la cuenca, su ubicación y extensión territorial.

**Cuadro 6. Ponderación para geología**

Tipo de roca	Valor
Toba	4
Andesita	3
Arenisca-Toba	3
Basalto	2
Brecha volcánica	1
Residual	1
Aluvial	0

Fuente: Elaboración propia

Las tobas por su composición porosa, resistente y angulosa, reciben el valor más alto, así mismo su acumulación de cenizas y arenas las hace factibles para la recolección y filtración de agua

Las andesitas han sido calificadas con 3 por su predominante ubicación en la parte alta de la cuenca, su potencial para generar escurrimientos hacia las tobas y las fracturas que se presentan en la zona donde se localizan, pese a sus favorables características no fueron ponderadas con el valor más alto por su baja permeabilidad,

Las areniscas-tobas como se ha dicho en la ponderación geomorfológica poseen una composición clástica, porosa, arenosa, ligera e irregular que les otorga propiedades absorbentes, razones que las hacen ser estimadas con 3 y no con más pues la presencia de areniscas las vuelve susceptibles de erosión y sus funciones deben ser complementadas con otros de los componentes evaluados.

El valor 2 fue determinado para los Basaltos dada su impermeabilidad, dureza y facilidad de fracturarse, tienen pocas posibilidades de infiltración pero también pueden generar escurrimientos con bajo potencial de erosión.

Las brechas volcánicas son impermeables, angulosas e irregulares, pero por su composición de origen volcánico su capacidad fue calificada en 1

#### **4.1.3 Ponderación para vegetación**

Para ésta ponderación las variables a considerar son solo 3, por tanto, este valor es el más alto, con base en que la vegetación de un bosque crea un suelo poroso que admite y almacena grandes cantidades de agua, al mismo tiempo, los árboles consumen abundante agua al crecer y transpirar lo que refleja una pérdida de agua. Esos dos hechos han sido causa de innumerables controversias en cuanto al papel que juegan los bosques en la regulación de los cursos de agua, por tanto considerar la cubierta forestal como elemento único es discutible, sin embargo dada la fragilidad de los suelos andosoles, lo que se necesita es que el suelo retenga la mayor cantidad posible de agua de las lluvias que de otro modo producirían avenidas erosivas y la paulatina exposición de la roca madre. (FAO, 1991)

En razón de lo anterior es que se asignan los valores a las variables donde el pino posee las raíces más aptas para captación y potenciamiento de la infiltración, así como para la protección del suelo, seguido del bosque de Pino-Encino y finalmente el Encino recibió la valoración más baja en cuanto a vegetación, las actividades humanas fueron calificadas con 0 por representar elementos que degradan la vegetación de la cuenca.

### Cuadro 7. Ponderación para vegetación

<b>Pino</b>	<b>3</b>
<b>Pino-Encino</b>	<b>2</b>
<b>Encino</b>	<b>1</b>
<b>Actividades humanas</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.4 Ponderación para edafología

Para la ponderación de las variables edafológicas se utilizaron los criterios de acuerdo a la clasificación de la FAO (2007), los datos del ordenamiento ecológico de Villa de Allende y del Plan de Desarrollo de Villa Victoria.

### Cuadro 8. Ponderación para edafología

<b>Andosol húmico</b>	<b>4</b>
<b>Acrisol ortico</b>	<b>3</b>
<b>Luvisol crómico</b>	<b>2</b>
<b>Yermosol lúvico</b>	<b>2</b>
<b>Fluvisol districo</b>	<b>1</b>
<b>Cuerpo de agua</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia

Los Andosoles húmicos (Th) recibieron una valoración de 4 que es la más alta por ser suelos que presentan una proporción alta de hierro y aluminio en la fracción de tierra fina y una alta retención de fosfatos hasta una profundidad de 35 cm. como mínimo, con horizonte húmico que es el que se presenta en la cuenca, éstos suelos tienen una capa superficial rica en materia orgánica y nutrientes, (WRB, 2007) brindándoles una alta capacidad de retención de agua, posibilidades altas de propiciar la infiltración y sustentar favorablemente la cobertura forestal.

Los Acrisoles orticos (Ao) fueron calificados con un 3 por ser suelos asociados a los Andosoles con un horizonte muy marcado de acumulación de arcilla pero una baja saturación, en su horizonte ortico presente en la cuenca son gravosos y arenosos lo que les confiere una alta pero lenta permeabilidad volviéndolos suelos susceptibles a la erosión de no estar provistos de vegetación, sin embargo, su acidez les permite tener un favorable uso forestal, que permitirá que la infiltración sea lenta y favorezca la absorción de agua del estrato arbóreo y herbáceo.

Los Luvisoles tienen poca presencia en la cuenca sin embargo se ponderaron con 2 debido a que en su horizonte crómico son suelos que contienen más arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial, propiciando una absorción lenta propensa a la saturación.

Para los Yermosoles lúvicos se les asignó un valor de 2 pues aunque tienen baja materia orgánica pero su horizonte lúvico tiene presencia de arcillas.

Finalmente los Fluvisoles districos (Jd) por su origen aluvial y su predominante presencia en los márgenes de ríos y zonas lacustres, fueron ponderados a 1, por ser zonas en las que existe marcada presencia de agua y porque en la cuenca con su horizonte districo tienen pocos nutrientes.

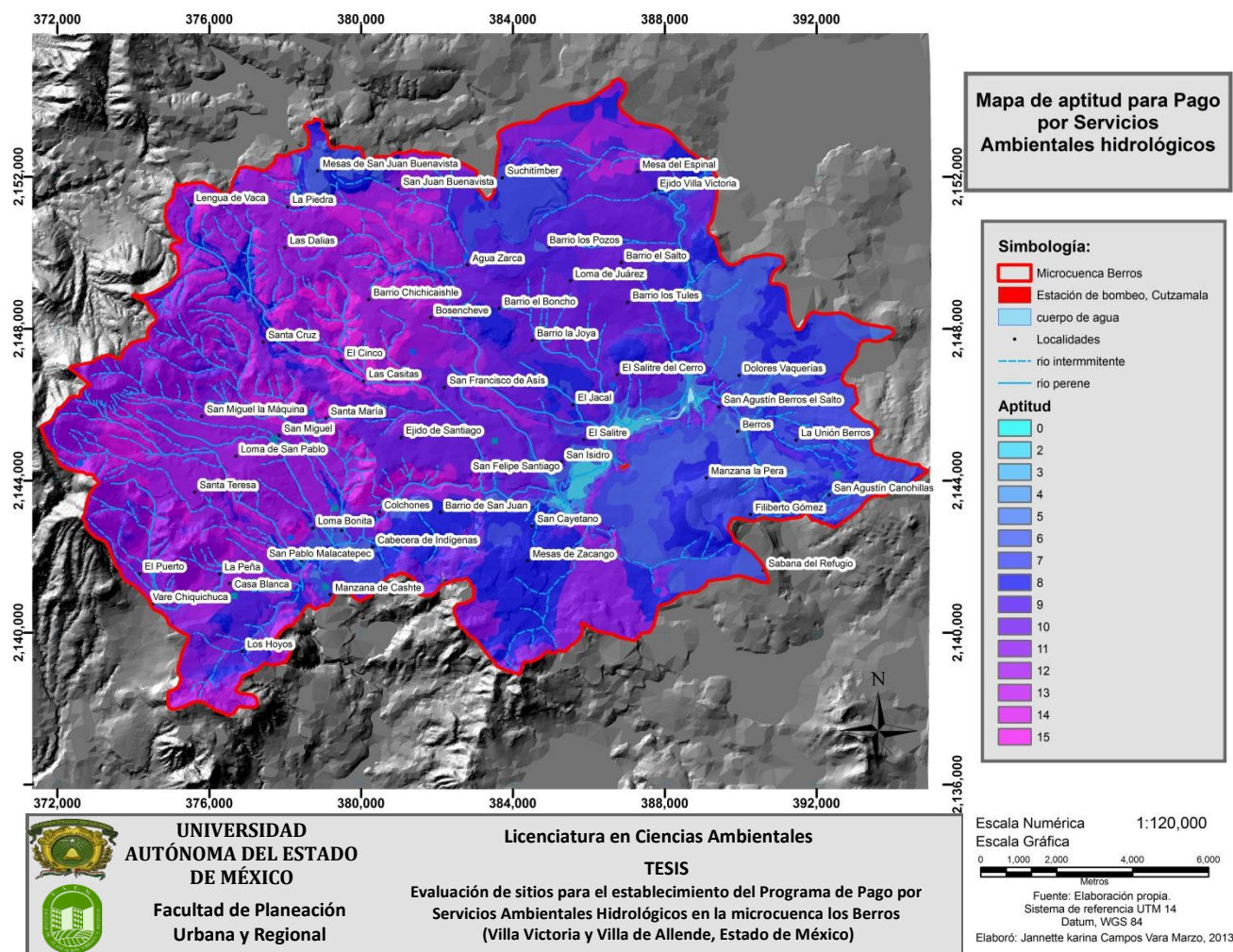
## ***4.2 Evaluación e identificación de sitios para la Provisión de Servicios Ambientales Hidrológicos***

El manejo de los recursos naturales es complejo debido a la intervención de diversos factores, los cuales, resultan de suma importancia en la toma de decisiones que involucran un proceso de múltiples objetivos con diferentes alternativas y preferencias sociales, en consecuencia las planeaciones espaciales del territorio han dado origen a lo que se denomina decisión espacial multicriterio como herramienta útil para la solución de problemas espaciales complejos, que facilita la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de información especialmente referenciada de la cuenca. (Meza Rodríguez, et al., 2011)

La suma de las variables ponderadas da como resultado valores que permiten la identificación de los espacios que son aptos para la provisión de servicios ambientales hidrológicos por poseer los resultados más altos, de manera tal que conforme disminuye o aumenta el valor de cada sitio lo hace su capacidad para proveer servicios ambientales hidrológicos y su factibilidad de ser o no incorporado al programa.

Los resultados obtenidos con respecto a la zona de estudio nos dicen que del total de los criterios utilizados en la ponderación multivariable; la geomorfología, la edafología y la geología tienen como valor más alto 4, mientras que la vegetación tiene 3 como el mayor, ello significa que los rangos cercanos a 15 serán los sitios aptos para la Provisión de Servicios Ambientales Hidrológicos y por tanto viables para ser incorporados al Programa, todo ello se muestra en la figura de aptitud de espacios para PSAH en la microcuenca “Los Berros”

Figura 13. Mapa Aptitud de espacios para PSAH en la microcuenca “Los Berros”



Tras la obtención de los resultados iniciales y para facilitar la identificación de los sitios, que se han obtenido tras la evaluación multicriterio, los valores se distribuyeron en cuatro órdenes de prioridad de atención para su incorporación al Programa, como se muestra en el cuadro 9.

Cuadro 9. Reclasificación de rangos de aptitud y prioridad de atención

Rango de Aptitud	Prioridad de atención
15-12	Alta
11-9	Media
8-5	Baja
4-0	Se recomienda otro programa

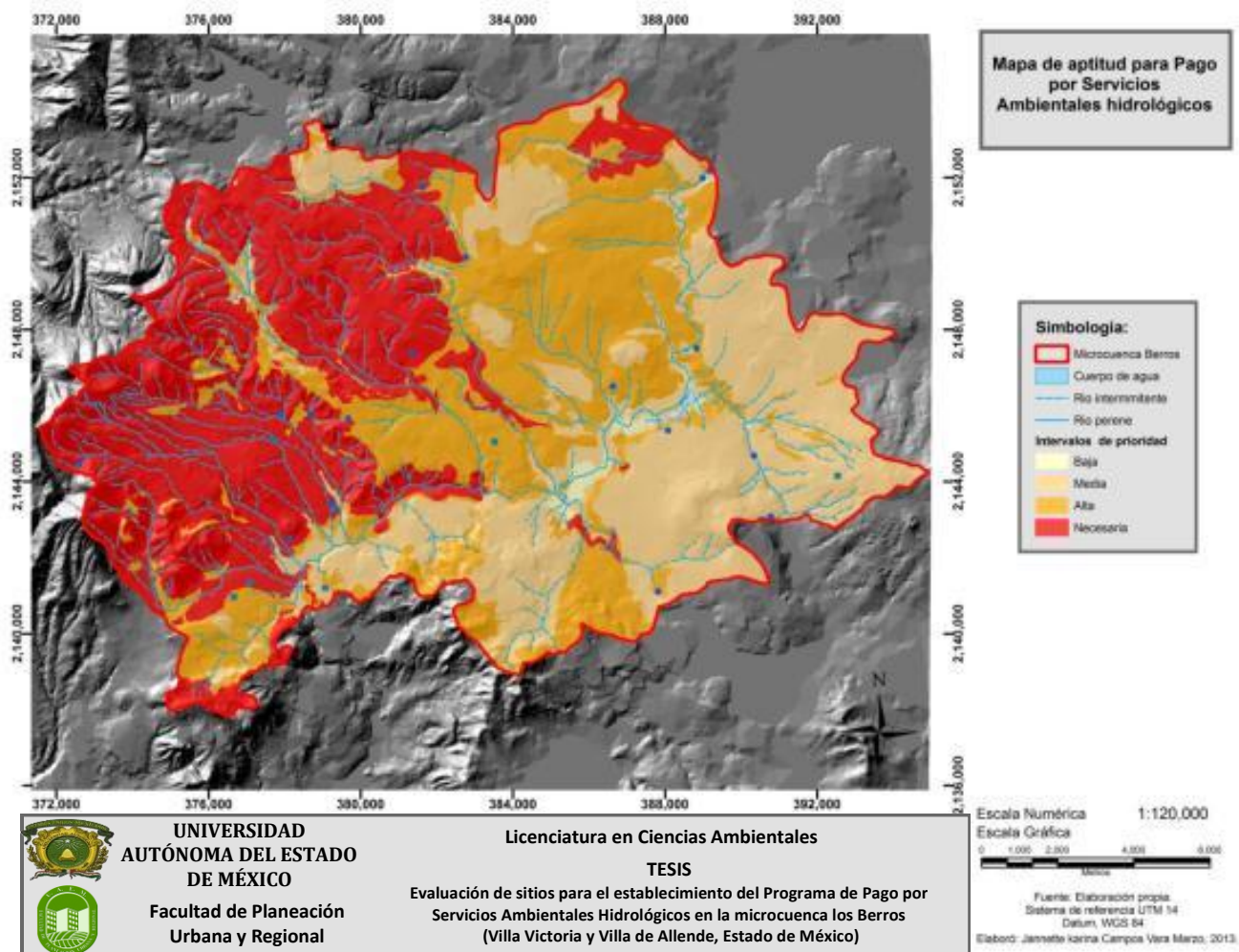
Fuente: Elaboración propia

Ahora bien y dado que la información cartográfica bajo éstas ponderaciones resulta confusa, se procedió a una reclasificación para obtener sólo áreas determinadas por los 4 rangos anteriormente



mencionados. Con la reclasificación se obtuvo un nuevo mapa de aptitud para Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos donde la interpretación de la información es más sencilla.

Figura 14. Mapa de Reclasificación de Rangos Aptitud para PSAH



Los sitios que se obtuvieron de acuerdo a los valores y su rango de aptitud tienen ciertas particularidades que obedecen a las cualidades de la cuenca vinculadas con el ciclo hidrológico del que existen diferentes fases, siendo las más tangibles en la superficie de la cuenca, la infiltración, la percolación y la escorrentía superficial, en estas fases participan de manera directa los componentes del sistema cuenca que se han ponderado, mientras que obedeciendo a que la cuenca es un sistema abierto la evaporación y la precipitación son influenciados por factores externos como la insolación, las masas de aire y la presión atmosférica.

Rango 15-12, prioridad alta.

En éste rango se presentan los sitios evaluados con las mejores aptitudes para formar parte del programa, esto implica los valores más altos y por tanto la combinación de suelos andosoles que son porosos y a su vez garantizan infiltraciones rápidas, morfología que muestra pendientes accidentadas , tobas que son angulosas pero resistentes y al mismo tiempo porosas. Cabe mencionar que dado que el rango va del 15 al 12, existen zonas que cuentan con vegetación, pero no necesariamente corresponden a todos los sitios, siendo que existen otros tres criterios que ayudaron a obtener una buena cuantificación.

Se obtuvo nueva cartografía enriquecedora pues al comparar el mapa de reclasificación de rangos de aptitud con cada criterio usado en el análisis fue posible observar cómo se comporta cada rango de prioridad con respecto a cada variable y cada uno de sus criterios, dejando ver que el análisis ha dado resultados confiables y útiles para contribuir en la mejora de los criterios de elegibilidad de los programas actuales.

Figura 15. Mapa comparativo del criterio geomorfología con los resultados

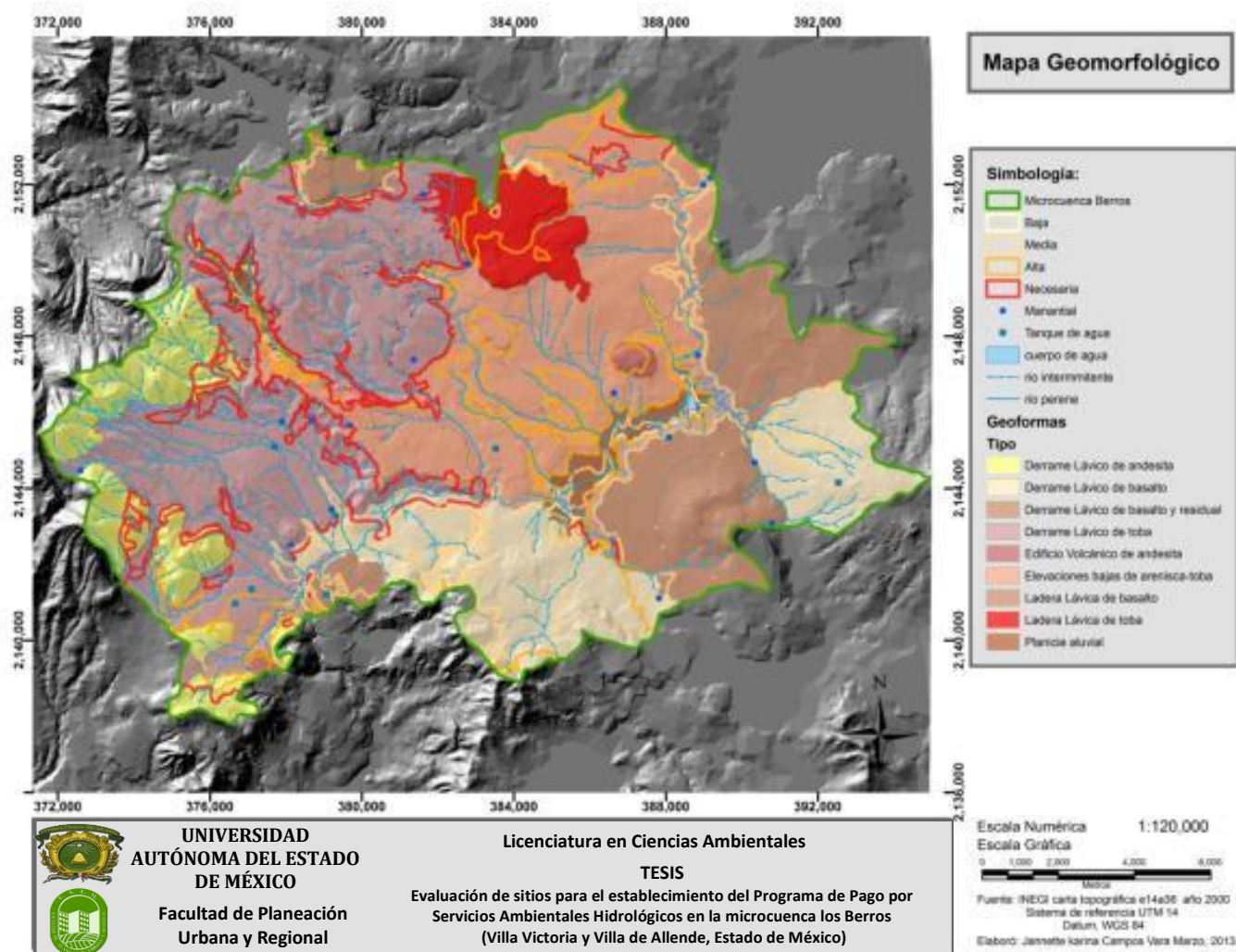


Figura 16. Mapa comparativo del criterio geología con los resultados

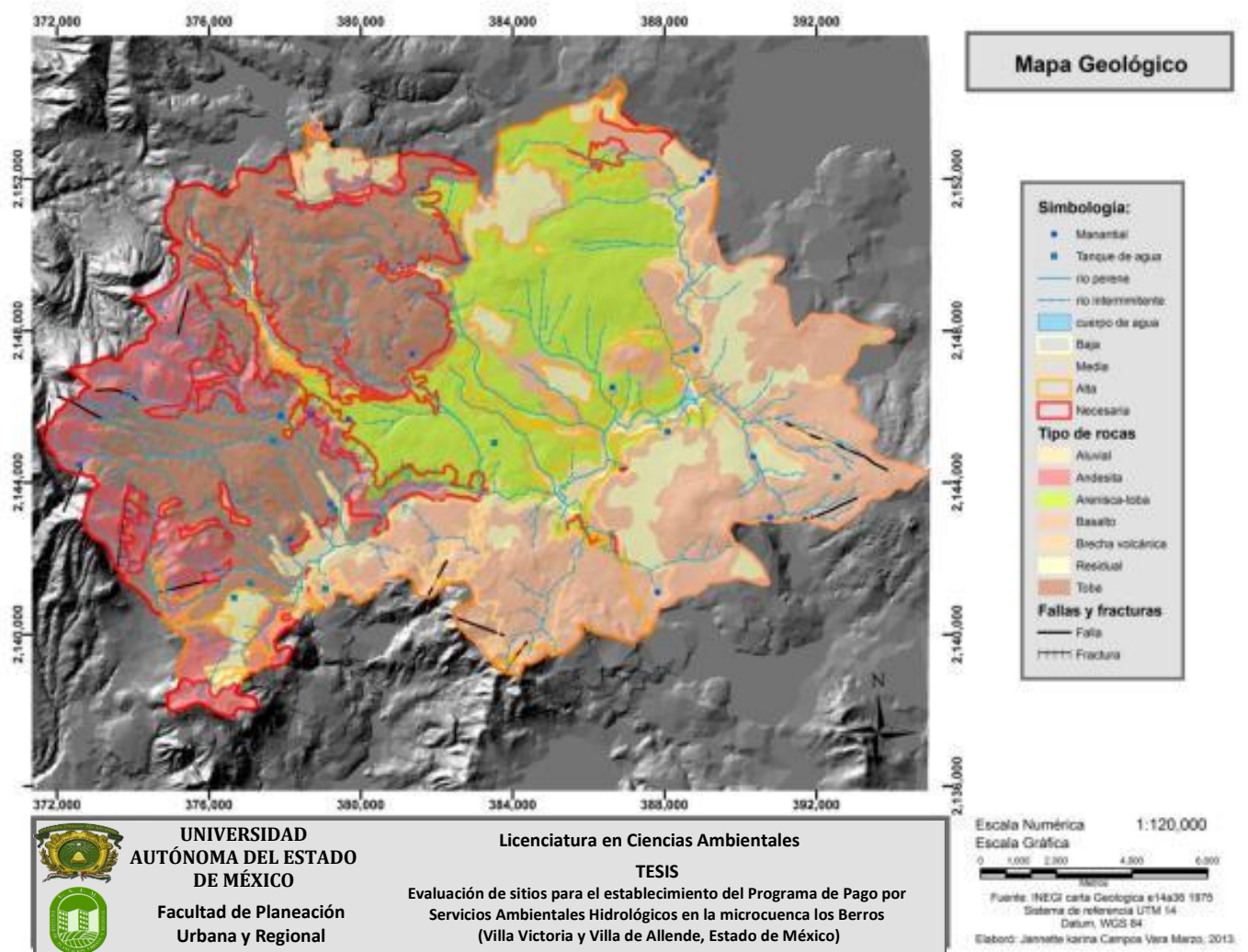


Figura 17. Mapa comparativo del criterio edafología con los resultados

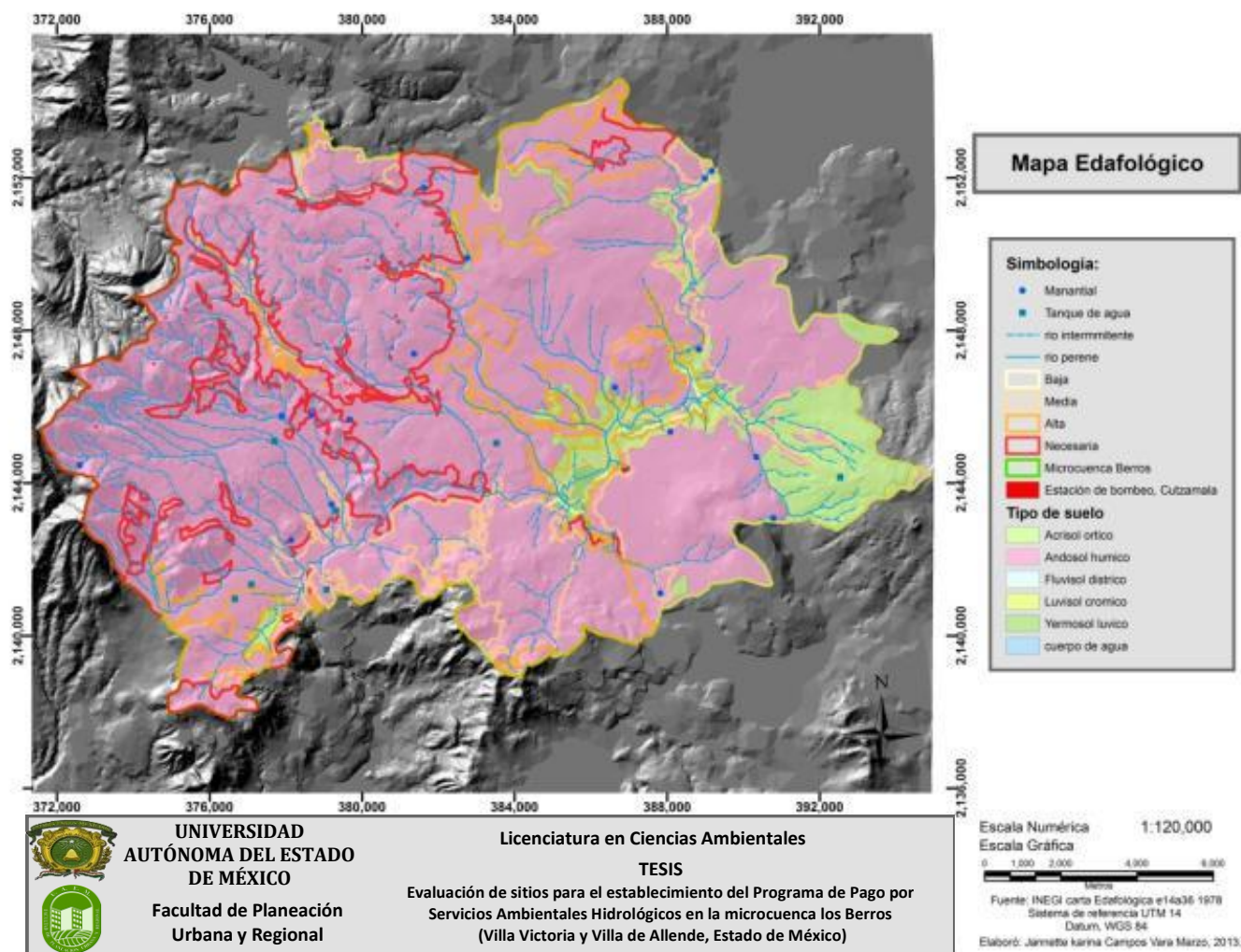
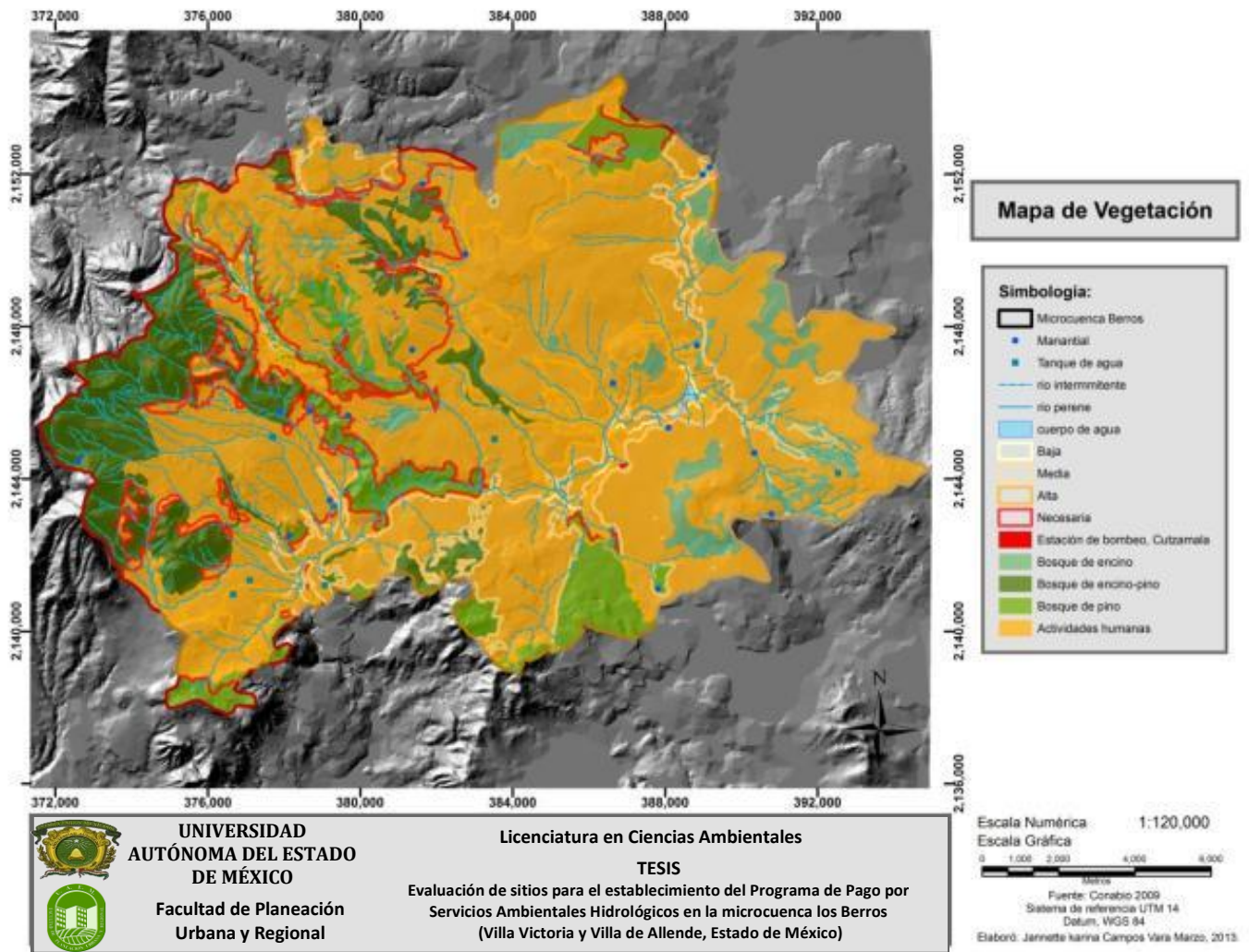


Figura 18. Mapa comparativo del criterio vegetación con los resultados



### **4.3 Acciones inherentes al PSAH en la cuenca para 2012 en comparación con los resultados**

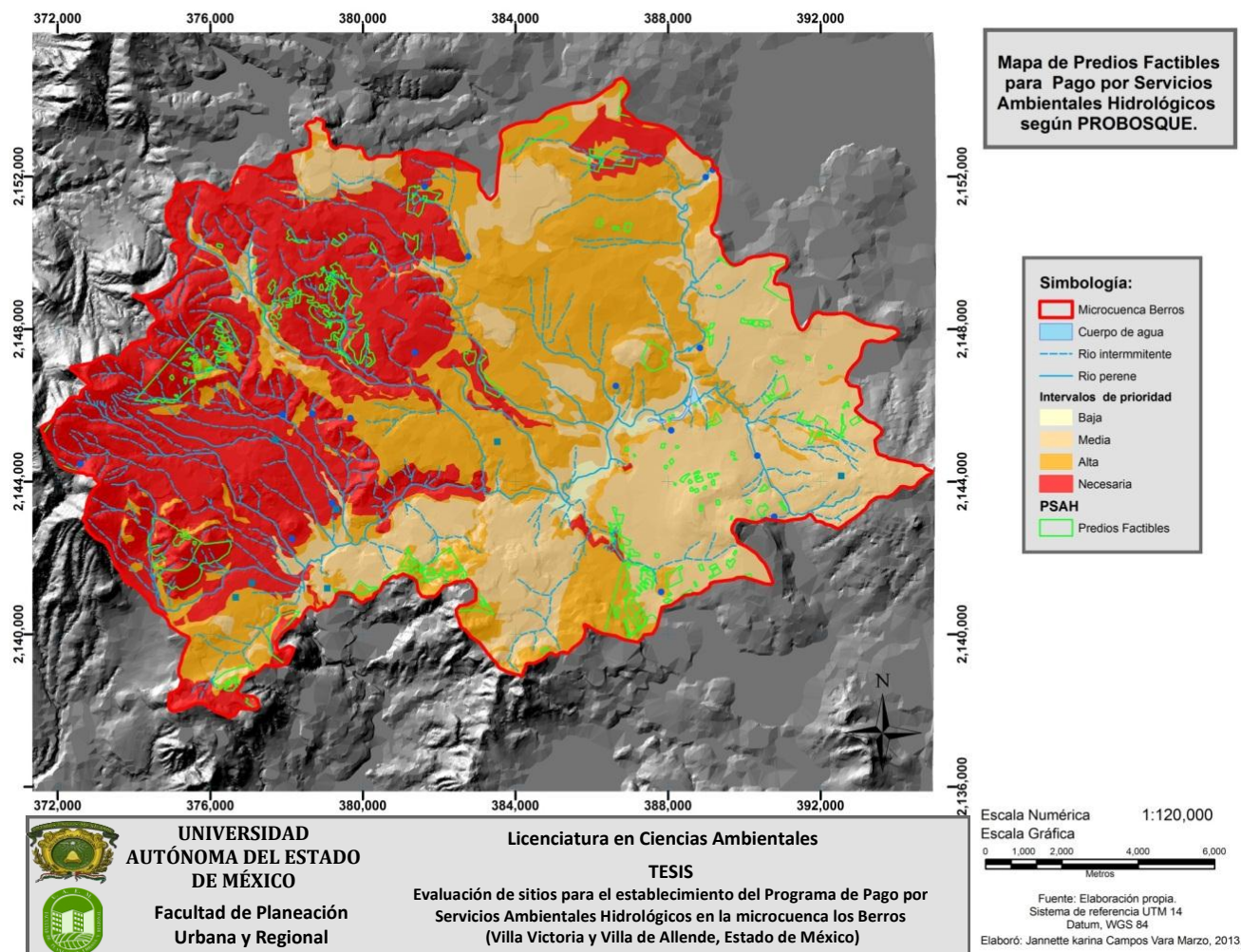
Tras tener identificados los sitios aptos para PSAH, se sobrepusieron los polígonos de las zonas que ya participan en el programa, con la intención de hacer un análisis que facilite hacer las propuestas que logren una asignación más eficiente de los recursos de conservación.

Para la selección de los polígonos con los que se trabajó fue solicitada información sobre los sitios que formaron parte del programa durante el año 2012 tanto en la Comisión Nacional Forestal como en la Protectora de Bosques del Estado de México, también se tomó en cuenta el tiempo de renovación del contrato, el monto de pago por hectárea y la complejidad de los trámites a realizar para la inscripción de los predios al programa.

Se obtuvo que Probosque con respecto a Conafor, es la que posee la mayor cantidad de predios inscritos al programa, se detectó el mismo nivel de complejidad en los trámites para inscribir los sitios, sin embargo el factor que determinó cuáles serían los polígonos a tomar en cuenta fue el monto anual de pago por hectárea de bosque, siendo que Probosque otorga un pago por \$1,500.00 anuales por hectárea y Conafor realiza un pago quinquenal por \$2,108.00 que anualmente significan \$421.00 pesos.

Se procedió al análisis de la cartografía resultante en comparación con los polígonos que participaron en 2012 en el programa pasando también por cada criterio para observar su comportamiento y en cada caso se encontraron datos interesantes.

Figura 19. Mapa de acciones inherentes al PSAH en la cuenca para 2012 en comparación con los resultados



Son notables diferentes fenómenos con respecto a cada intervalo, en primera instancia la prioridad de atención más alta, resaltada en rojo, efectivamente cuenta con predios que ya participaron en 2012 con PSAH, no obstante hay sitios que significan áreas de oportunidad que bajo la evaluación realizada en ésta investigación bien podrían ser incorporadas al Programa.

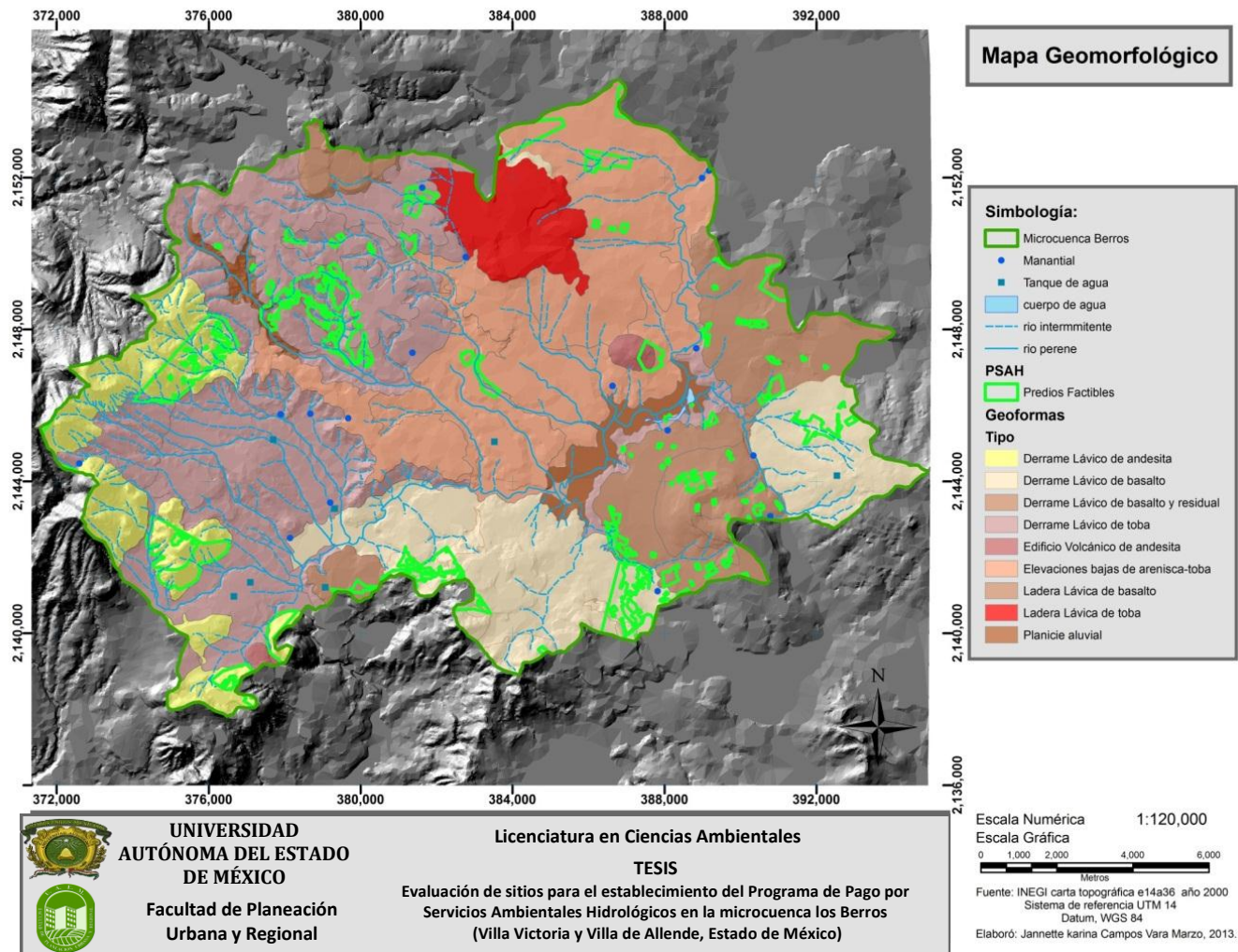
El siguiente intervalo en color mostaza nos da la prioridad media, que determina aquellas zonas que aunque cuentan con buena capacidad de provisión de SAH, reúnen características un poco menores a la prioridad anterior, para éste rango los predios que participaron en 2012 corresponden sólo a una pequeña porción, dejando aún zonas que pueden ser beneficiadas por el programa.

El intervalo que corresponde a las zonas con las condiciones bajas para la provisión de SAH sólo hay algunos predios que recibieron beneficios del Programa en 2012.



Tras el primer análisis se revisó el comportamiento de cada criterio con respecto a los Predios que fueron factibles para Probosque en 2012

**Figura 20. Mapa de acciones inherentes al PSAH en la cuenca para 2012 en comparación con el criterio geomorfológico**



Adviértase que las zonas marcadas en verde correspondientes a los predios factibles para Probosque en 2012 que sólo algunos están situados en los derrames lávicos de Tobas siendo éstas formaciones las que recibieron la mayor ponderación. Teniendo presente que el criterio de elegibilidad es actualmente el porcentaje de cubierta forestal, el fenómeno encontrado da la razón a la evaluación.

Figura 21. Mapa de acciones inherentes al PSAH en la cuenca para 2012 en comparación con el criterio geología

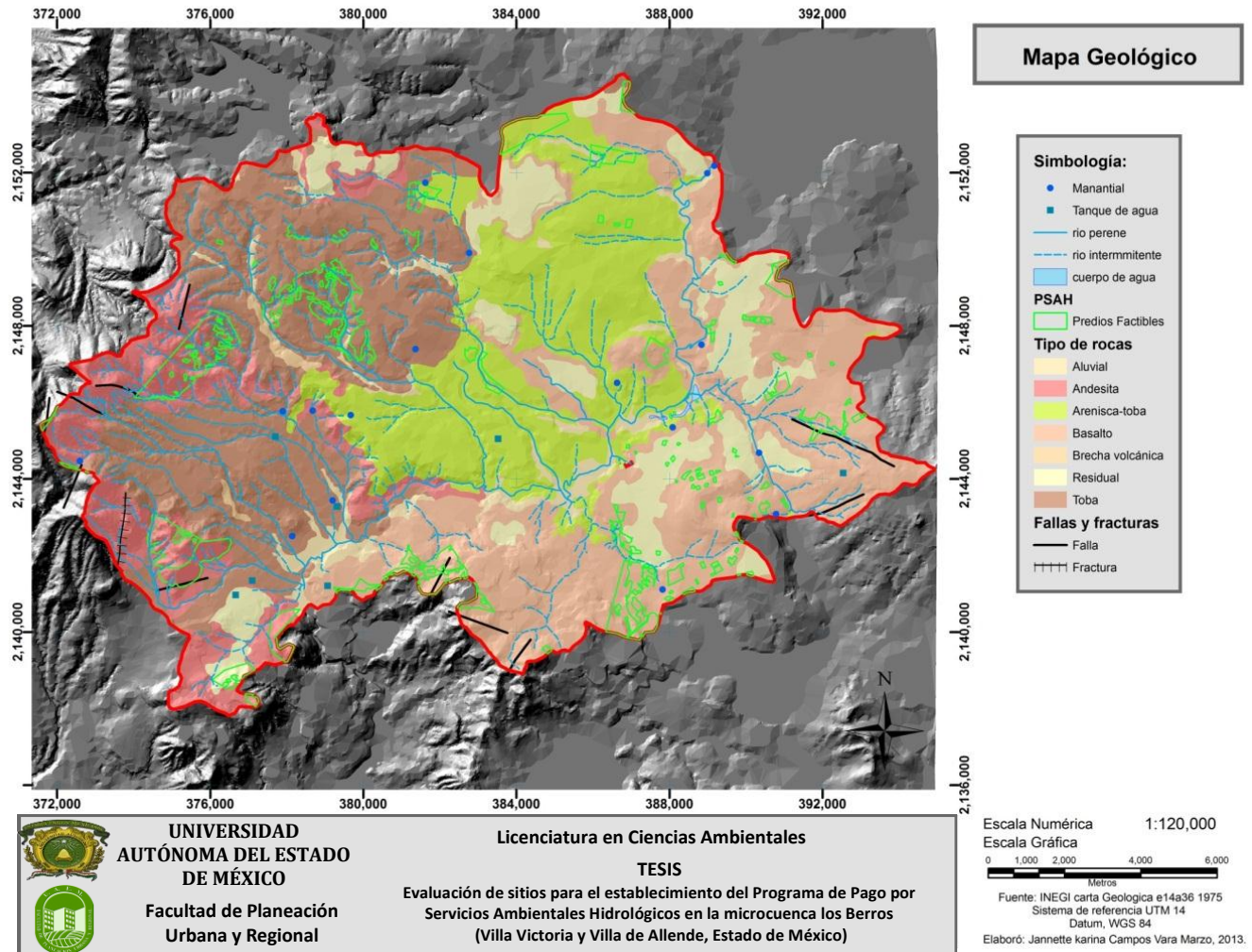
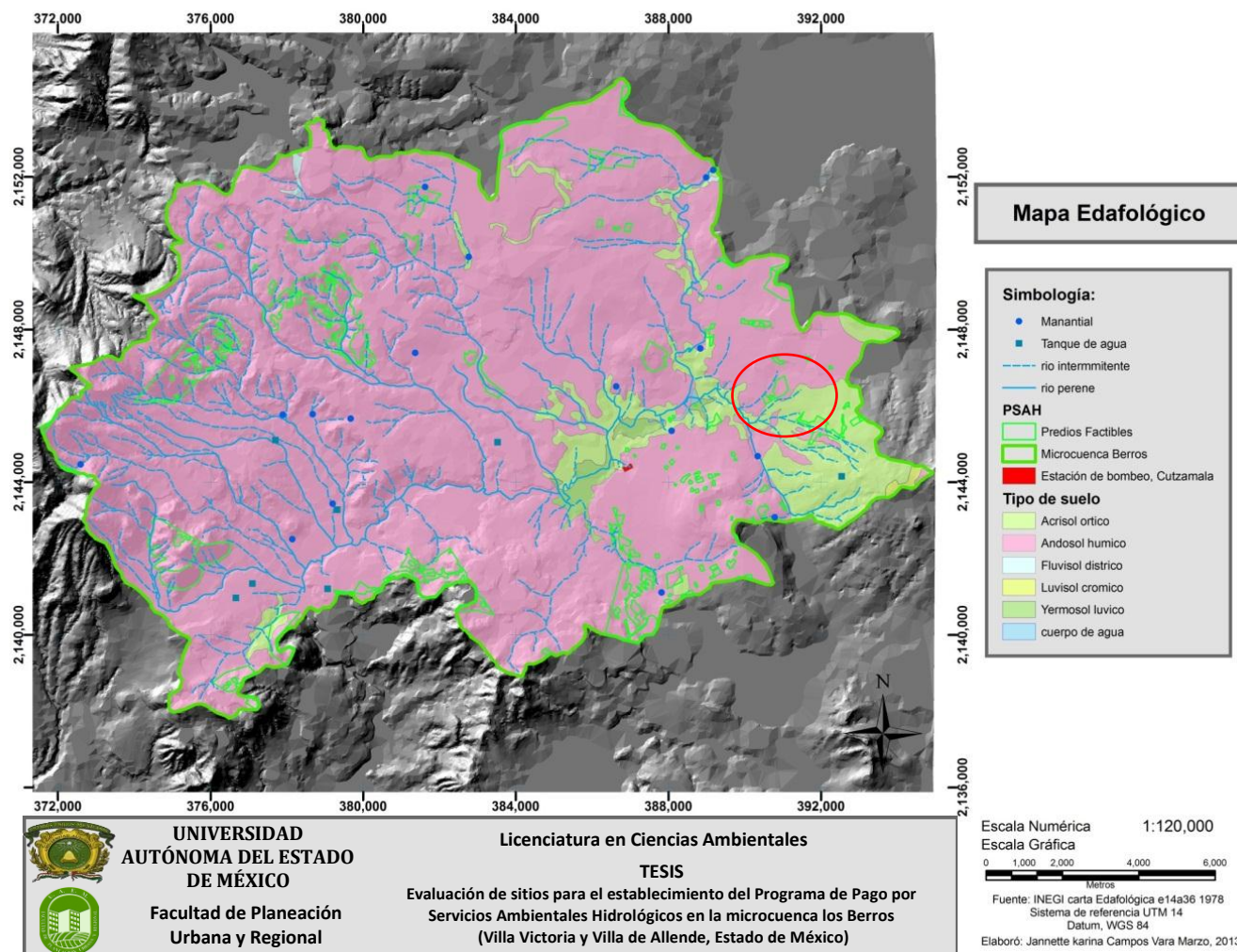
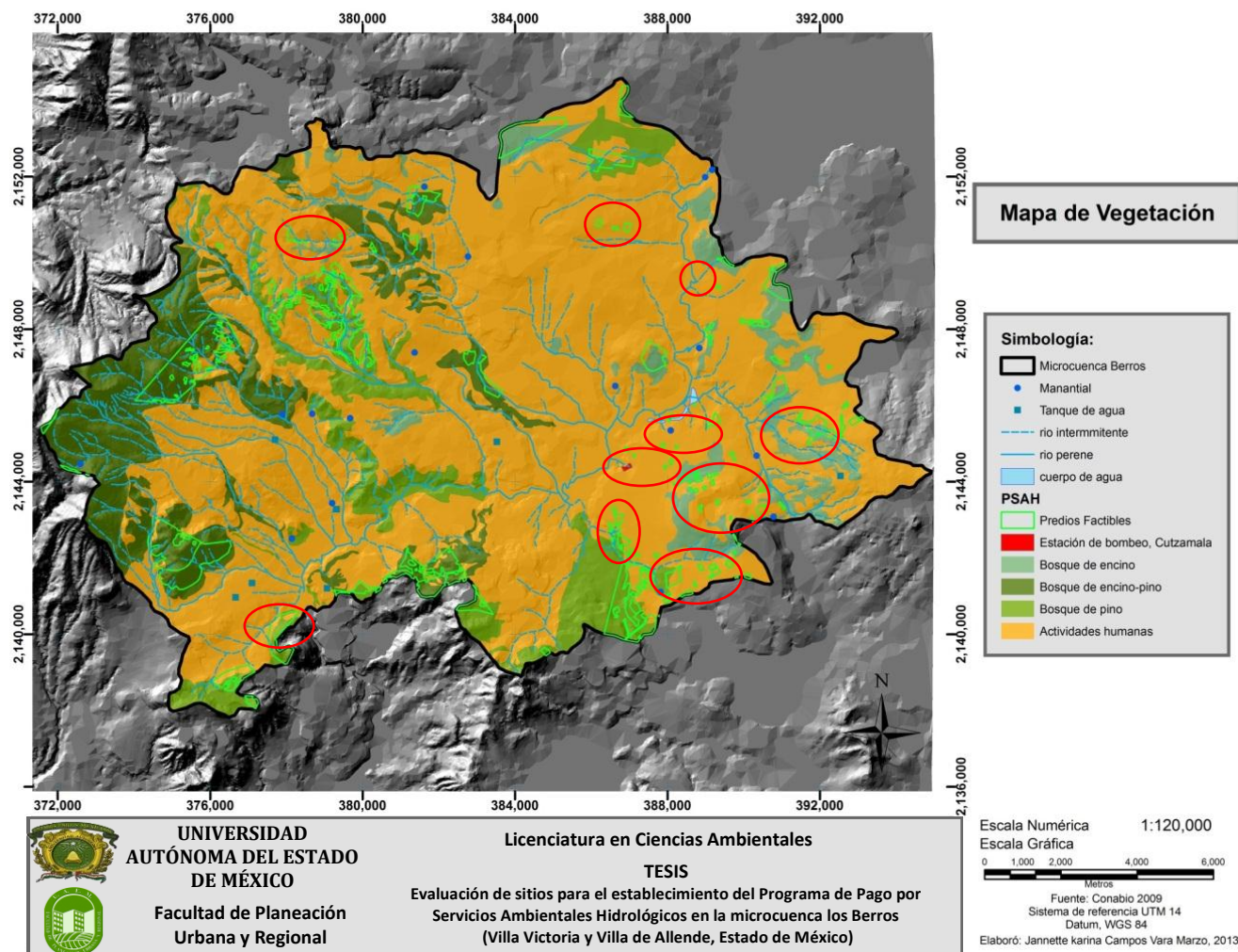


Figura 22 Mapa de acciones inherentes al PSAH en la cuenca para 2012 en comparación con el criterio edafología



Para el criterio edafología la comparación de los predios participantes en el Programa durante 2012 arroja que los sitios están distribuidos en su mayoría sobre suelos andosoles, por su amplia extensión sobre el territorio de la microcuenca, siendo éste tipo de suelo la que obtuvo el valor más alto en las ponderaciones, no obstante, se identifican en suelos con baja ponderación algunos predios que bien podrían participar con algún otro programa, como se explicará en el apartado correspondiente a la Propuesta.

**Figura 23. Mapa de acciones inherentes al PSAH en la cuenca para 2012 en comparación con el criterio vegetación**



Cuando se compararon los predios factibles de Probosque en 2012 con la vegetación del mismo año se detectó la presencia de zonas que no están provistas de vegetación que fueron aceptadas en el Programa pese a no tener cobertura vegetal (ver contornos rojos en figura 23), si actualmente el criterio que determina la elegibilidad del predio es que cuente con masa forestal en al menos el 80% de su superficie (Probosque, 2012) ésta situación implica que pese a los esfuerzos que realiza la institución se deben robustecer los criterios de elegibilidad y desde luego las verificaciones en campo para lograr una asignación más asertiva de los recursos.

## **4.4 Propuesta**

La finalidad de ésta investigación es incentivar la preservación de los SAH por medio de un instrumento económico, que permita llevar los sitios aptos más allá de la conservación pasiva y canalizar los recursos de una manera más atinada como resultado de un análisis integrador. Al tener identificados los sitios con aptitud para la provisión de SAH en la microcuenca, así como sus características se ha dado respuesta a las preguntas de investigación postuladas, no obstante es de fundamental importancia aclarar y explicar cuáles podrían ser las vías para que ésta producción sea aplicable.

Antes de continuar, se reconoce la labor de Probosque por la amplia cobertura del Programa en la microcuenca, su colaboración con la información proporcionada, el esfuerzo por la asignación de recursos y el seguimiento anual de programa, sin embargo se tiene claro que posterior al análisis se detectó que aún hay sitios de prioridad de atención alta con oportunidad de incorporarse al programa y la existencia de sitios con apoyo del programa cuyo rango de aptitud es Medio o Bajo.

Ahora bien, los apoyos otorgados por SEMARNAT no deberán duplicar otros subsidios otorgados por el gobierno federal o estatal, “destinados para el mismo fin”, no obstante también se afirma que las actividades factibles para pago incluyen aquellas que estén destinadas para asistencia técnica o fines de mantenimiento, conservación y mejora de los servicios ambientales, es entonces la segunda afirmación la que justifica y autoriza legalmente la inclusión de más de un programa en un predio o sitio siempre que su fin de pago este claramente diferenciado.

### **4.4.1 Instrumentos que ayudan a consolidar la propuesta**

Ahora se destacan los instrumentos que ayudan a consolidar la propuesta con razón en que tras el cumplimiento de sus objetivos buscan la restauración, preservación y/o mejora de servicios ambientales por lo que cuyo éxito tras haber sido aplicados determinará también la aptitud de nuevos predios a incorporar en alguno de los rangos de prioridad del PSAH, por tanto para fines de ésta investigación los convierte en instrumentos complementarios que permiten integralidad y garantizan ir más allá de la conservación pasiva de los bosques, sin violar las especificaciones de duplicidad establecidas para el pago de subsidios o apoyos.

#### Instrumentos que ayudan a consolidar la propuesta

- ✚ Programa Nacional Forestal
  - Programa de Desarrollo Forestal Comunitario
    - Evaluación Rural Participativa
    - Ordenamiento Territorial Comunitario
- ✚ Programa de Proyectos de Compensación Ambiental
- ✚ Programa de Restauración de Microcuencas del Sistema Cutzamala
- ✚ Programa de Mejores Prácticas de Manejo
- ✚ Programa de Empleo Temporal
- ✚ Programa de Manejo Forestal Maderable

#### **4.4.2 La figura del Promotor Forestal Comunitario**

El Promotor Forestal Comunitario (PFC) representa una figura ya existente, con un área de trabajo definida cuyo papel corresponde a la promoción y apoyo en la operación de todos los programas para el desarrollo forestal sustentable. Siendo así, es el elemento que fungirá como intermediario entre las Instituciones otorgantes y las comunidades que habitan la microcuenca. (CONAFOR, 2012a)

Su cargo es sumamente relevante en ejidos y comunidades pues su eje funcional radica en núcleos agrarios donde consolida los órganos de representación comunitarios, fortaleciendo así la gestión del territorio con procesos incluyentes de los sectores vulnerables.

Ya que funge como el vehículo para la mejora y expansión del desarrollo forestal comunitario, sus funciones bien pueden canalizarse a cualquier programa que este enfocado al desarrollo forestal, su participación es viable en vista de que todos los programas mencionados en el apartado anterior forman parte de éste sector, sumado a esto el manual del promotor aclara que éste debe “divulgar información básica, clara y oportuna de los programas y proyectos de la CONAFOR y del sector ambiental” (CONAFOR, 2012a)

La participación del promotor en el desarrollo de capacidades de gestión, la formulación de propuestas, solicitudes y ejecución o implementación de proyectos, siembran en ésta figura una sobresaliente responsabilidad y además de “ser un divulgador, agente de cambio y acompañante de los ejidos y comunidades” (CONAFOR, 2012a)pp 8 ha sido identificada su valiosa participación en otros proyectos y acciones del sector ambiental, agrario, social y agropecuario. (CONAFOR, 2012a)

Conviene también mencionar que la actividad del Promotor Forestal Comunitario se realiza en cada región, ejido o comunidad, se coordina con otros agentes "...enlazando su gestión con el conjunto de instancias gubernamentales y de otros sectores..." (CONAFOR, 2012a)

Todo lo anteriormente dicho nos permite concluir que el Promotor Forestal Comunitario es la figura ideal para articular cada uno de los instrumentos mencionados con los sitios provisos de Servicios Ambientales y que con trabajo participativo, constante e incluyente a largo plazo garantizará la inclusión de nuevos sitios al Programa, durante éste proceso "...las dependencias gubernamentales solamente serán las coadyuvantes y facilitadoras..." (CONAFOR, 2012a)

#### **4.4.3 Aplicación de los instrumentos y participación del Promotor Forestal Comunitario según el rango de aptitud y la prioridad de atención de los sitios.**

Cabe mencionar que es con base en los objetivos del Programa Nacional Forestal 2012-2017, encaminados a fortalecer el manejo sustentable de los recursos naturales, desarrollar esquemas novedosos de manejo y conservación principalmente en ejidos y comunidades, (CONAFOR, 2013) que se reconoce la factibilidad de articular diferentes programas e instrumentos con el objetivo de mantener e incrementar la provisión de bienes y servicios ambientales en la microcuenca "Los Berros".

Ahora bien, pese a que el análisis biofísico fue realizado a nivel de cuenca, se reconoce que la aplicación de los instrumentos y programas es mucho más factible a nivel de ejidos y comunidades en virtud de que el porcentaje de apropiación de la tierra forestal tiene predominancia en el sector ejidal, aunado a que la propiedad común es mucho más factible de elegibilidad por las instituciones que la propiedad privada y que salvo el programa de restauración de microcuencas, no hay instrumentos aplicables a éstas entidades geográficas, sino a unidades político administrativas, definitivamente, éste aún es un reto por vencer.

En todo lo que a éste apartado se refiere, se deberá tener presente la clasificación que se hizo sobre los rangos y sus correspondientes prioridades de atención pues la propuesta hace énfasis en el rango 15-12 que corresponde a la prioridad de atención alta.

**Cuadro 10. Rangos y sus prioridades de atención**

<b>Rango de Aptitud</b>	<b>Prioridad de atención</b>
<b>15-12</b>	<b>Alta</b>
<b>11-9</b>	<b>Media</b>
<b>8-5</b>	<b>Baja</b>
<b>4-0</b>	<b>Es recomendable otro programa</b>

Fuente: Elaboración propia

#### **4.4.3.1 Rango 15-12, prioridad de atención alta**

Para el Rango 15-12 con prioridad de atención alta, el programa clave es el PSAH, lo primero que debe recordarse es que solo algunos de los sitios que cumplen con las características deseables para un sitio proveedor de SAH cuentan con cubierta forestal, por tanto estas áreas deberán ser las que se atiendan de inmediato, las siguientes por atender son aquellas que aunque se encuentran en el rango de prioridad de atención alta no poseen cubierta forestal, por tanto, de acuerdo a las actuales reglas de operación del programa no podrían ser incorporadas de inmediato al esquema, razón que obliga a ofrecer una estrategia que asegure su inclusión en el mediano plazo.

- ✚ El Programa Nacional Forestal.** Ya se ha dicho que los 4 componentes de éste programa tienen incidencia en la investigación, sin embargo, se considera que se deben articular de manera secuencial, en razón de que los Servicios Ambientales son el resultado del funcionamiento adecuado del sistema cuenca, el componente IV referente justamente a Servicios Ambientales debe ser el que da pauta de acción a los tres restantes, de manera tal que el Desarrollo Forestal, las Plantaciones Forestales Comerciales y el componente referente a Conservación y Restauración sean los que aseguren los ya mencionados Servicios Ambientales.



### **a) Sitios con prioridad de atención alta que si poseen cubierta forestal**

La mayoría de los programas del área Forestal son compatibles con el PPSAH, por ello para las áreas que resultaron con una valoración alta y que si cuentan con cobertura forestal (Ver Figura 16 Mapa b, Vegetación, pág. 84) se parte del Programa Nacional Forestal cuyos componentes están vinculados directamente con los alcances de ésta investigación, particularmente el IV, que se refiere a Servicios Ambientales.

- **Programa de Desarrollo Forestal Comunitario.** Éste programa funge como elemento de fortalecimiento del manejo y conservación de los ecosistemas forestales, bajo esquemas de silvicultura comunitaria para que “...ejidos y comunidades contraten los servicios de Prestadores de servicios técnicos y profesionales para el acompañamiento y fortalecimiento de empresas forestales comunitarias”... que son formas de organización que contribuyen al desarrollo socioeconómico de las comunidades y al mismo tiempo a la conservación de los bosques. (CONAFOR, 2011)
  - **Evaluaciones Rurales Participativas (EPR).** Con la ayuda de los Prestadores de servicios técnicos y profesionales, que desde luego será gestionada por el Promotor Forestal Comunitario, el primer paso del ejido o comunidad es solicitar apoyo para la elaboración de una Evaluación Rural Participativa, a través de la cual se identificarán las problemáticas, se dará inicio al proceso de organización del ejido y al fortalecimiento del interés por su desarrollo, se genera un Plan de Acción que permita el uso de los recursos comunes de la población en forma sustentable y que será la pauta para el Ordenamiento Territorial Comunitario.

Cabe destacar que de acuerdo a los términos de referencia de éste programa, la microcuenca “Los Berros” puede acceder a éste apoyo pues existe compatibilidad con regiones que reciban o sean elegibles para PPSAH, que posean población indígena, que se encuentren en zonas de aplicación del Programa de Restauración Forestal de Cuencas Hidrográficas del Sistema Cutzamala, entre otros... (CONAFOR, 2011)

- **Ordenamiento Territorial Comunitario.** De acuerdo con el proceso de asignación de apoyos vigente en el país, el OTC es un apoyo accesible a las comunidades ya que se ha concluido con la ERP. Este instrumento nuevamente será gestionado por el Promotor Forestal Comunitario y utilizará la información generada en la EPR como base para generar un plan de uso del territorio que

incluya procesos productivos, socioeconómicos que contribuyan al desarrollo y consolidación de los procesos de Desarrollo Forestal Comunitario en beneficio de los recursos naturales de la propiedad colectiva. (CONAFOR, 2013)

Al igual que en el Programa anterior, los ejidos pertenecientes a la microcuenca “Los Berros” pueden acceder a los beneficios por su compatibilidad con los criterios de elegibilidad.

Es justo en éste momento que tras obtener la zonificación se incorporan las propiedades forestales calificadas en el rango de atención inmediata al PPSAH, ahora bien, aunque el PPSAH se puede aplicar sin el respaldo de los elementos anteriores, se sugiere de ésta manera con la finalidad de generar una estrategia que fortalezca la organización y las reglas internas de la población para el uso de los recursos y empoderamiento de las comunidades ejidales que habitan las cuencas y microcuencas a fin de que transiten hacia patrones de desarrollo sustentable con planes estructurados, sustentados en bases legales, respaldo institucional y que en la medida de lo posible garanticen el aprovechamiento asertivo y óptimo de los recursos, naturales y desde luego económicos.

- **Programa de Mejores Prácticas de Manejo.** Es un componente del PPSAH a través del cual se garantiza la preservación de las condiciones principalmente de cobertura forestal, no obstante está enfocado también a la participación del Técnico y el PFC

#### **b) Sitios con prioridad de atención alta que actualmente no poseen cubierta forestal**

En éste segmento de la investigación, en que se abordan las áreas con potencial de provisión de SAH pero sin cobertura forestal, (Ver Figura 16 Mapa b, Vegetación, pág. 84) el componente del PRONAFOR referente a Conservación y Restauración es el que respalda la propuesta.

Se recomienda la misma estrategia de trabajo que en los sitios que si poseen cubierta forestal, salvo que al llegar a la zonificación del OTC, los programas y actividades de trabajo serán encaminados a la restauración y adecuación de los sitios prioritarios de manera tal que se restaure la cubierta forestal en un periodo aceptable y sea viable su incorporación al PPSAH.

- ✚ **El Programa de Proyectos de Compensación Ambiental.** “...La compensación ambiental por el cambio de uso del suelo en terrenos forestales se refiere a una serie de actividades de restauración, tales como el control de la erosión laminar, la implementación de obras de

captación de agua de lluvia complementadas con reforestación, además de acciones de mantenimiento para el control de malezas, plagas y enfermedades, riegos y protección del ganado...” (CONAFOR, 2013) Este Programa debe ser promovido por el Promotor Forestal Comunitario y el Prestador de Servicios Técnicos Profesionales y tiene como objetivo primordial “... propiciar el desarrollo de zonas reforestadas y así compensar la vegetación dañada por los cambios de uso del suelo...” (CONAFOR, 2013)

- ✚ **Programa de Restauración de Microcuencas del Sistema Cutzamala.** Es un programa de restauración ecológica para devolver a las microcuencas del Sistema Cutzamala las condiciones naturales que permitan la recuperación de la cobertura forestal, el nivel de agua en las presas y mantos acuíferos, así como el desarrollo económico de la región. El plan incluye la conservación del régimen hidrológico y la prevención de la erosión del suelo. (CONAFOR, 2013)
- ✚ **Programa de reforestación y restauración integral de microcuencas.** Su objetivo es proteger las fuentes más importantes de generación y almacenamiento de agua, mediante el otorgamiento de apoyos transitorios para fomentar el establecimiento y el mantenimiento de las reforestaciones y plantaciones forestales comerciales. (CONAFOR, 2013)

## **CAPÍTULO 5.**

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

---

Dada la rigidez de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, debe hacerse énfasis en el reto que se ha vencido al incorporar el acceso al agua como un derecho humano fundamental (Electoral, 2012) para el desarrollo de las poblaciones, obedeciendo a la lógica de conservar la vida del individuo y su derecho al medio ambiente como el contexto de conservación y desarrollo.

El país tiene la necesidad creciente de fortalecer sus instituciones, pues de acuerdo con las funciones de cada uno de los componentes de éste marco, la situación del agua en el país tendría que ser diferente, sin embargo, existen diferentes limitantes para que cada institución desarrolle sus actividades.

La mayoría de las instituciones tiene su atención enfocada en el abasto de agua potable y redes de servicios sanitarios, dando el mayor peso a la introducción de infraestructura que involucra al sector de servicios públicos, sin poner la atención necesaria a aquellos elementos naturales que permiten la permanencia del agua para los servicios que pretender proveer.

Otro distractor son los continuos eventos meteorológicos que resultan en desastres naturales y que deben atenderse de forma prioritaria, pero que son resultado del mal manejo anterior.

Así mismo se enfrentan al problema del bajo presupuesto, pues el sector ambiental aún no ha recibido la importancia necesaria en cuanto a asignación de presupuesto se refiere, ello limita su actuación y propicia descuidos.

Es necesario reducir los trámites a los que deben someterse los proyectos o las solicitudes para obtener recursos, pues tan solo por mencionar un ejemplo, un campesino que desea acceder al PSAH debe hacer una larga lista de trámites solo para comprobar la legítima propiedad de sus tierras.

A lo largo de los diferentes planes y programas en todos los niveles se detecta que cuando se habla del bienestar de la sociedad con respecto al agua, se vincula de inmediato dicho bienestar con las redes de alcantarillado y suministro, con la agricultura o bien con el tratamiento de aguas residuales, sin embargo, se deja de lado el hecho de que es en el adecuado funcionamiento de las cuencas hidrográficas donde se debe centrar la atención para lograr que el resto de los factores funcione correctamente. Hasta que se comprenda que la raíz del problema hídrico se encuentra en el mal manejo de sus cuencas, y de seguir atacando solo las consecuencias y no el origen, es necesario seguir considerando que México pronto se enfrentará a dificultades importantes en lo que al sector agua se refiere. Así mismo, será necesario continuar los trasvases y las grandes obras de ingeniería

hidráulica, pues no se ha advertido que pequeñas obras de regeneración de cuencas son una alternativa mucho menos costosa, más viable y menos conflictiva de asegurar el agua a futuro.

Sin embargo, tras el análisis desarrollado del marco jurídico y de gestión de todos los niveles, es notorio que conforme el nivel desciende los programas se diluyen y los recursos se aminoran, se pierden vínculos y el municipio termina por perder la autonomía que el artículo 115 constitucional le confiere.

La aplicación del Programa de Pago por Servicios Ambientales, es una de las más significativas y acertadas innovaciones en la planeación y políticas del país. Aunado a ello, el fomento por parte de la CONAFOR para el desarrollo de Mecanismos Locales de PSA a través de Fondos concurrentes es crucial para atraer recursos de sectores como la iniciativa privada, o las asociaciones civiles, la incorporación de nuevos actores y sobre todo el surgimiento de convenios entre los proveedores de servicios y los usuarios, lo que se traduce como un gran paso para la evolución de la política pública en materia ambiental y uno de los primeros instrumentos para salir de los esquemas netamente subsidiarios. Debe enfatizarse que el hecho de que ésta evolución se haya dado en materia de medio ambiente fomentará la participación y el control social hacia la gestión ambiental.

Ahora bien, bajo la premisa de que asegurando que las funciones emergentes de un sistema sean conservadas, el equilibrio del sistema cuenca estará asegurado, el Pago por Servicios Ambientales resulta crucial para la conservación por ser un instrumento a través del cual se preservan las propiedades que emergen del funcionamiento del sistema cuenca, es decir los Servicios Ambientales o funciones ecosistémicas, que no se obtendrían de no trabajar juntas todas las partes descritas del sistema.

En virtud del párrafo anterior, cabe aclarar que el hecho de que no haya instrumentos suficientes aplicables al nivel de las entidades geográficas de estudio, pues al trabajar la evaluación de los sitios bajo el enfoque de cuenca se garantizó la objetividad y asertividad en la elección de las zonas, ello justificado siempre en que la cuenca es un sistema, ahora bien para lograr la asignación de recursos al elemento social la recomendación es hacerlo a nivel ejidal o de comunidad por la propiedad colectiva de las tierras forestales y por la extensión territorial que ello implica.

No obstante, las virtudes y avances en el Programa de Pago por Servicios Ambientales, se detecta que sus lineamientos de operación, ya sea en el programa tradicional o en el de fondos concurrentes gozan de cierta complejidad para los propietarios de las tierras, y para efectos de llevar a cabo siquiera las inscripciones de las propiedades a la convocatoria sin la certeza de resultar beneficiados, se requiere

de un especialista que realice todos los trámites, formatos, metodologías, elaboración de cartografía, trazo de polígonos, geo referencia de la zona de interés, todo de acuerdo a las especificaciones técnicas de la CONAFOR y/o PROBOSQUE y ya otorgado el beneficio se requiere apoyo técnico para el desarrollo del programa de mejores prácticas de manejo.

Pese a que en el Programa de Pago por Servicios Ambientales se identifica el costo de oportunidad de la tierra hay que analizar si el pago que se hace por PSA realmente va acorde con dicho costo de oportunidad, de forma tal que incentive la conservación y desmotive el cambio de uso de suelo.

Será preferible fomentar el crecimiento de una vegetación densa que consuma mucha humedad del suelo pues la FAO (1991) considera que una capa de agua que por capilaridad queda alrededor de cada partícula del suelo es retenida en contra de la fuerza de la gravedad, por consiguiente, no contribuyo nada a la corriente de los cauces, pero en parte puede ser aprovechada por las plantas, (FAO, 1991) luego entonces, permanece la disyuntiva de considerar la vegetación como un factor prioritario para la determinación de los espacios aptos para la provisión de agua.

Tanto la Constitución como la LGEEPA reconocen que los municipios son los encargados de establecer políticas en cuanto a medio ambiente se refiere, sin embargo fue encontrado que se pierde el esfuerzo que se hace del nivel federal hacia los municipios pues se detectaron problemas de dispersión de funciones y autoridad se reflejen a este nivel, además no hay evidencia de un equilibrio real en la representación de las autoridades del gobierno central frente a los representantes de la sociedad y, en general, de todos los actores con intereses legítimos (Aguilar, 1999)

Existen débiles bases de gobernabilidad para conjugar y alcanzar en forma coordinada metas económicas, sociales y ambientales en los territorios delimitados por razones naturales dentro de los países y entre países que comparten una misma cuenca. Hay una escasa o incipiente coordinación entre autoridades diseñadas para gobernar sobre límites político–administrativos para actuar sobre cuencas y en general, quienes se vinculan a la gestión de estos territorios naturales, encuentran escaso apoyo político y económico en comparación con otras áreas de trabajo.

(Dourojeanni Axel, 2002)

Al hacer la comparación de los resultados con respecto a las acciones inherentes en torno a la zona de estudio se identificó que la vegetación no funciona como único criterio de elegibilidad, pues la asignación de recursos debe basarse en la asertividad de los mismos y en cumplimiento de los objetivos del programa

Ahora bien, se requiere una estructura metodológica para la elección de los predios con análisis multicriterio, a nivel de unidad de paisaje, pero para aterrizar los recursos se requiere la participación de actores ya sea de la iniciativa privada o del sector gobierno pero siempre bajo el esquema de organización comunal y que los análisis se hagan siempre analizando la condición social de la gente y la perspectiva del territorio y del programa.

A lo largo de los diferentes planes y programas en todos los niveles se detecta que cuando se habla del bienestar de la sociedad con respecto al agua, se vincula de inmediato dicho bienestar con las redes de alcantarillado y suministro, con la agricultura o bien con el tratamiento de aguas residuales, sin embargo, se deja de lado el hecho de que es en el adecuado funcionamiento de las cuencas hidrográficas donde se debe centrar la atención para lograr que el resto de los factores funcione correctamente.

Se concluye que hasta que se comprenda que la raíz del problema hídrico se encuentra en el mal manejo de sus cuencas, y de seguir atacando solo las consecuencias y no el origen, es necesario seguir considerando que México pronto se enfrentará a dificultades importantes en lo que al sector agua se refiere. Así mismo, será necesario continuar los trasvases y las grandes obras de ingeniería hidráulica, pues no se ha advertido que pequeñas obras de regeneración de cuencas son una alternativa mucho menos costosa, más viable y menos conflictiva de asegurar el agua a futuro.



## BIBLIOGRAFÍA

1. AgendadelAgua2030, 2012. *Agenda del Agua 2030*. 2012 ed. México, D.F.(México): Comisión Nacional de Agua.
2. Aguilar, E., 1999. *Apoyo para políticas y estrategias de manejo integrado de recursos hídricos en América Central*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo.
3. Alvarado Granados, A. R., González Carmona, E. & Díaz Cuenca, E., 2012. Los componentes del sistema del manejo de agua en una cuenca rural: aproximación metodológica. En: *Experiencias en el tratamiento de aguas residuales domésticas en el estado de México*. Toluca(México): CIGOME S.A de C.V, p. 245.
4. Artigas, W. & Robles, M., 2010. Metodología de la Investigación: Una discusión necesaria en la Universidades Zulianas. *Revista Digital Universitaria*, 1 Noviembre, 11(11), p. 17.
5. Banco, M., 2007. *El manejo del agua en territorios indígenas de México*, México: Banco Mundial.
6. Barkin, D., 1998. *Riqueza, pobreza y desarrollo sustentable*. ISBN: 9687671041; versión electrónica. ed. México, D.F.: Editorial Jus y Centro de Ecología y Desarrollo.
7. Bertalanffy, L. V., 1976. *Teoría General de los Sistemas: Fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. s.l.:Fondo de Cultura Económica.
8. Bonfil H., M. L., 2006. [www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx). [En línea] Available at: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/gacetas/498/bonfil.html> [Último acceso: Jueves 5 Julio 2012 Julio 2012].
9. Bunge Vivier, V., 2010. [www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx). [En línea] Available at: [http://www.ine.gob.mx/descargas/ord\\_ecol/2010\\_doc\\_trabajo\\_capacidad\\_carga.pdf](http://www.ine.gob.mx/descargas/ord_ecol/2010_doc_trabajo_capacidad_carga.pdf) [Último acceso: 2013 03 20].
10. Bunge, V., Martínez, J. & Ruiz-Bedolla, K., 2012. *Escenarios de la dinámica hidrica de la región de aporte del sistema cutzamala*, México: s.n.
11. Cardoso Vazquez , R. y otros, 2007. *Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas*. Tercera ed. Zapopan(Jalisco): Comisión Nacional Forestal.
12. Castro, S. G., 2008. *Diccionario del agua*. San Cristobal de las Casas, Chiapas: Otros Mundos A. C..
13. Cecilia Tortajada, V. G. R. S., 2004. *Hacia una gestión integral del agua en México: retos y alternativas*. 1a ed. México, D. F.: Porrúa.
14. Challenger, A., 2003. Conceptos generales acerca de los ecosistemas templados de montaña en México y su estado de Conservación. En: O. Sanchez, E. Vega, E. Perez & E. Monroy

Vilchis, edits. *Conservación de Ecosistemas Templados de Montaña en México*. primera ed. Mexico D. F.(Distrito Federal): INE, p. 315.

15. CONAFOR, 2011. *WWW.CONAFOR.GOB.MX*. [En línea] Available at: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/4/307Programa%20Estrat%C3%A9gico%20Forestal%202025.pdf> [Último acceso: 11 Enero 2013].
16. CONAFOR, 2012a. *www.conafor.gob.mx*. [En línea] Available at: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/37/4013EI%20papel%20del%20promotor.pdf> [Último acceso: 7 Agosto 2013].
17. CONAFOR, 2013. *www.conafor.gob.mx*. [En línea] [Último acceso: 20 07 2013].
18. CONAGUA, 2012. *www.conagua.gob.mx*. [En línea] [Último acceso: 11 septiembre 2012].
19. Constitución, 2012. *www.diputados.gob.mx*. [En línea] Available at: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1.pdf> [Último acceso: 11 Septiembre 2012].
20. Cotler, H., 2004. *El Manejo Integral de Cuencas en México. Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*. Primera edición ed. México, D.F.: Instituto Nacional de Ecología.
21. Dourojeanni Axel, J. A. C. G., 2002. *Gestión del agua a nivel de cuencas:teoría y práctica*. Santiago de Chile: CEPAL.
22. Dourojeanni R., A., 1999. *www.portalcuencas.net*. [En línea] Available at: [http://www.portalcuencas.net/Virtual\\_Library/Files/Desafios.pdf](http://www.portalcuencas.net/Virtual_Library/Files/Desafios.pdf) [Último acceso: 20 05 2011].
23. Dourojeanni, A., 2010. *II Coloquio Internacional de Cuencas*. Distrito Federal, s.n.
24. Electoral, A., 2012. *www.agua.org.mx*. [En línea] Available at: [http://www.agua.org.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=22098:propuestas-de-campana-sobre-el-tema-del-agua&catid=1325:politicas-del-agua&Itemid=106](http://www.agua.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=22098:propuestas-de-campana-sobre-el-tema-del-agua&catid=1325:politicas-del-agua&Itemid=106) [Último acceso: 15 Julio 2012].
25. FAO, 1991. *www.fao.org*. [En línea] Available at: <http://www.fao.org/docrep/x5358s/x5358s02.htm> [Último acceso: 04 04 2013].
26. Friederich, N. M., 2011. *Programa Cultivando Agua Buena*. México, D.F., CONAGUA.
27. Gobernación, S. d., 2012. *ww.e-local.gob.mx*. [En línea] Available at: [http://www.e-local.gob.mx/wb/ELOCAL/ELOC\\_Administracion\\_publica\\_municipa2](http://www.e-local.gob.mx/wb/ELOCAL/ELOC_Administracion_publica_municipa2) [Último acceso: 13 02 2013].
28. Henao, S., 2006. *Introducción al manejo de cuencas hidrográficas*, s.l.: s.n.

29. Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C. & Baptista Lucio, P., 2006. *Metodología de la Investigación*. 3a ed. MexicoD.F: Mc Graw Hill.
30. INE, 2005. [www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx). [En línea] Available at: [http://www.ine.gob.mx/descargas/cuencas/cuencas\\_metodo\\_y\\_criterios.pdf](http://www.ine.gob.mx/descargas/cuencas/cuencas_metodo_y_criterios.pdf) [Último acceso: 4 Enero 2013].
31. INE, 2012. [www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx). [En línea] Available at: <http://www2.ine.gob.mx/emapas/cartas/e1401.pdf> [Último acceso: 21 02 2013].
32. INEGI, 2010. [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx). [En línea] Available at: [http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta\\_resultados/iter2010.aspx?c=27437&s=est](http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx?c=27437&s=est) [Último acceso: 28 02 2013].
33. LAN, 2012. [www.diputados.gob.mx](http://www.diputados.gob.mx). [En línea] Available at: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148.pdf> [Último acceso: 8 septiembre 2012].
34. LGDFS, 2012. [www.diputados.gob.mx](http://www.diputados.gob.mx). [En línea] Available at: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/259.pdf> [Último acceso: 11 Septiembre 2012].
35. LGEEPA, 2012. [www.diputados.gob.mx](http://www.diputados.gob.mx). [En línea] Available at: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148.pdf> [Último acceso: 11 septiembre 2012].
36. López B. W., L. M. J. V. S. B., 2007. *El manejo de cuencas hidrográficas en el estado de Chiapas: diagnóstico y propuesta de un modelo alternativo de gestión*. Especial No. 3 ed. Ocozacoautla: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias.
37. Madrid Ramírez, L., 2012. [www.ccmss.org.mx](http://www.ccmss.org.mx). [En línea] Available at: [http://www.ccmss.org.mx/descargas/Los\\_pagos\\_por\\_servicios\\_ambientales\\_hidrologicos\\_mas\\_ala\\_de\\_la\\_conservacion\\_pasiva\\_de\\_los\\_bosques.PDF](http://www.ccmss.org.mx/descargas/Los_pagos_por_servicios_ambientales_hidrologicos_mas_ala_de_la_conservacion_pasiva_de_los_bosques.PDF) [Último acceso: 08 03 2013].
38. Marsily, G. d., 2001. *El Agua: una Explicación para comprender, un ensayo para reflexionar*. México: s.n.
39. Meza Rodriguez, D., Martinez R., L. M., Jardel Pelaéz, E. J. & Benavides Solorio, J. d. D., 2011. [www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx). [En línea] Available at: [http://www.ine.gob.mx/descargas/cuencas/2011\\_cnch2\\_dina\\_meza\\_rodriguez.pdf](http://www.ine.gob.mx/descargas/cuencas/2011_cnch2_dina_meza_rodriguez.pdf) [Último acceso: 2013 03 28].
40. O'Connor Joseph, M. I., 1998. *Introducción al Pensamiento Sistémico*. s.l.:Urano.
41. Pérez-Maqueo, O. & Delfín, C. y. E. M., 2005. *Modelos de simulación para la elaboración y evaluación de los programas*. 1a ed. México, D.F.: INE-SEMARNAT.
42. PND, 2012. [www.diputados.gob.mx](http://www.diputados.gob.mx). [En línea] [Último acceso: 11 septiembre 2012].

43. Rzedowski, 2006. [www.biodiversidad.gob.mx](http://www.biodiversidad.gob.mx). [En línea]  
Available at: <http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMxC17.pdf>  
[Último acceso: 22 02 2013].
44. Sala, O. & Montes, C., 2007. [www.revistaecosistemas.net](http://www.revistaecosistemas.net). [En línea]  
Available at: <http://ocw.um.es/ciencias/avances-ecologicos-para-la-sostenibilidad-de-los/lectura-obligatoria-1/leccion11/evaluacion-ecosistemas-milenio.pdf>  
[Último acceso: 27 junio 2012].
45. Sanguinés, G., 2003. *Introducción a los Servicios Ambientales. Saber para Proteger*. 1a ed. México D.F.: SEMARNAT.
46. SEMARNAT, 2012. [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx). [En línea].
47. SEMARNAT-INE, 2008. *Gestión de cuencas y servicios ambientales, perspectivas comunitarias y ciudadanas*. [En línea]  
Available at: <http://www.semarnat.gob.mx/biblioteca/Paginas/bibliotecadigital.aspx>  
[Último acceso: 20 Octubre 2012].
48. SEMARNAT-INE, 2011. [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx). [En línea]  
Available at: [http://www.semarnat.gob.mx/programas/evaluaciones/2012/Documents/Informe\\_completo\\_S11\\_0\\_ECyR\\_2012.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/programas/evaluaciones/2012/Documents/Informe_completo_S11_0_ECyR_2012.pdf)  
[Último acceso: 13 2 2013].
49. Siles, J., s.f. [www.agua.org.mx](http://www.agua.org.mx). [En línea]  
Available at: [http://www.agua.org.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=22092:manejo-de-cuencas-hidrograficas-el-genero-hace-la-diferencia&catid=902:agua-y-genero&Itemid=243](http://www.agua.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=22092:manejo-de-cuencas-hidrograficas-el-genero-hace-la-diferencia&catid=902:agua-y-genero&Itemid=243)  
[Último acceso: 15 Julio 2012].
50. Stefano Pagiola, J. B. N. L.-M., 2003. *La venta de Servicios Ambientales Forestales. Mecanismos basados en el mercado para la conservación y el desarrollo*. 1a ed. México, D.F.: INE-SEMARNAT.
51. UNAM, I. d. I. J. d. I., 2008. [www.juridicas.unam.mx](http://www.juridicas.unam.mx). [En línea]  
Available at: <http://www.juridicas.unam.mx>  
[Último acceso: 26 Mayo 2010].
52. UNESCO, 2000. [www.unesco.org](http://www.unesco.org). [En línea]  
Available at: <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001199/119966s.pdf>  
[Último acceso: 18 08 2012].
53. USGS, O. d. I. N. U., 2012. *Usgs science for a changing world*. [En línea]  
Available at: <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html>  
[Último acceso: 3 julio 2012].
54. VisiónMexico2030, 2007. [www.vision2030.gob.mx](http://www.vision2030.gob.mx). [En línea]  
Available at: <http://vision2030.gob.mx/>  
[Último acceso: 2 mayo 2010].

55. WRB, I. G. d. t., 2007. [www.fao.org/index\\_es.htm](http://www.fao.org/index_es.htm). [En línea]  
Available at: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/a0510s/a0510s00.pdf>  
[Último acceso: 13 03 2013].
56. [www.edomex.gob.mx](http://www.edomex.gob.mx), 2009. [www.edomex.gob.mx](http://www.edomex.gob.mx). [En línea]  
Available at: <http://www.edomex.gob.mx/legistelfon/doc/pdf/bdo/bdo115.pdf>  
[Último acceso: 13 02 2013].

## **SIGLAS Y ABREVIATURAS**

**AA2030:** Agenda del agua 2030

**BID:** Banco Interamericano de Desarrollo

**CEPAL:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe

**CONABIO:** Comisión Nacional para la Biodiversidad

**CONAGUA:** Comisión Nacional del Agua

**CONAFOR:** Comisión Nacional Forestal

**CPBEM:** Código para la Biodiversidad del Estado de México

**CPEUM:** Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

**FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura

**FIPASAHM:** Fideicomiso para el Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos del Estado de México

**FIRCO:** Fideicomiso de Riesgo Compartido

**FFM:** Fondo Forestal Mexicano

**INE:** Instituto Nacional de Ecología

**INEGI:** Instituto Nacional de Estadística y Geografía

**Hab:** habitante

**LAN:** Ley de Aguas Nacionales

**LAEM:** Ley del Agua del Estado de México

**LGEEPA:** Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

**LGDFS:** Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

**MFS:** Manejo Forestal Sustentable

**m<sup>2</sup>:** metro cuadrado

**m3:** metro cúbico

**PND:** Plan Nacional de Desarrollo

**PNF:** Programa Nacional Forestal

**PSAH:** Pago por Servicios Ambientales hidrológicos

**PPSAH:** Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos

**PROBOSQUE:** Protectora de Bosques del Estado de México

**PSA:** Pago por Servicios Ambientales

**SAGARPA:** Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

**SEMARNAT:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

**UAEMex:** Universidad Autónoma del Estado de México

**UNAM:** Universidad Nacional Autónoma de México

**UTM:** Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator