



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

CONTRIBUCIONES A LA METODOLOGÍA DEL ORDENAMIENTO
ECOLÓGICO TERRITORIAL LOCAL, CONSIDERANDO
ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS, EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA:

JAIME JIMÉNEZ GONZÁLEZ

Junio de 2003

Chapingo, Estado de México



CONTRIBUCIONES A LA METODOLOGÍA DEL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO
TERRITORIAL LOCAL, CONSIDERANDO ESCENARIOS DE CAMBIO
CLIMÁTICO

Tesis realizada por **Jaime Jiménez González** bajo la dirección del Comité Asesor
indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado
de:

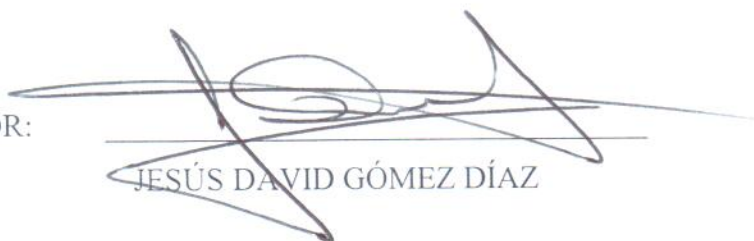
MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR:



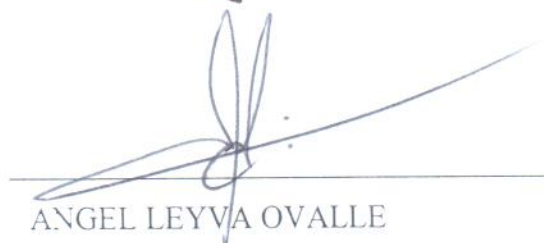
SILVIA TERRAZAS DOMÍNGUEZ

ASESOR:



JESÚS DAVID GÓMEZ DÍAZ

ASESOR:



ÁNGEL LEYVA OVALLE

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme cumplir un objetivo más en la vida

A mi amada esposa:

Karla

Por compartir su vida conmigo, ser la fuente de mi inspiración y por el inmenso amor que nos une.

A mi hijo:

Jaime Gael

Por ser la personita que vino a darle más alegría y amor a mi vida

A mis padres:

Adelfo y Tomasa

Por todos sus sacrificios, su amor incondicional, por formarme como persona y sobre todo por enseñarme que la mejor herencia que se puede recibir es la preparación académica.

A mis suegros:

Rodolfo Mauricio Cruz G. y Alicia Pérez T.

Por su apoyo incondicional, su cariño y sobre todo por permitirme formar parte de su familia.

A mis hermanos:

José de Jesús, Adelfo (q.e.p.d.), Ma. Guadalupe, Rosa Ma y Maricela

Con quienes he compartido los mejores momentos de mi vida.

A la memoria de mi abuela:

Maria de Jesús Cesar Rosillo

Por sus sabios consejos y por el gran amor que siempre me tuvo

Jaime

AGRADECIMIENTOS

Con gran respeto y cariño agradezco a la **Universidad Autónoma Chapingo** por haberme dado la oportunidad de superarme académicamente.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por el financiamiento otorgado para llevar acabo mis estudios de postgrado.

Al M. Sc. **Jesús David Gómez Díaz**, excelente catedrático e investigador de la Universidad Autónoma Chapingo, por su apoyo incondicional y su incansable paciencia en la dirección del trabajo de investigación, por haber compartido conmigo sus amplios conocimientos y sobre todo por su amistad.

A la M. C. **Silvia Terrazas Domínguez**, distinguida catedrática de la Universidad Autónoma Chapingo, por su pertinaz dirección del trabajo de investigación, por la confianza y el apoyo recibidos.

Al M. C. **Angel Leyva Ovalle**, distinguido catedrático de la Universidad Autónoma Chapingo, por sus aportes y sugerencias para mejorar el trabajo de investigación.

Al Ing. **Alejandro Ismael Monterroso Rivas**, destacado catedrático de la Universidad Autónoma Chapingo, por sus consejos, sus aportes y apoyo recibidos que enriquecieron el contenido del trabajo de investigación y sobre todo por su amistad.

A los **Catedráticos** de la Universidad Autónoma Chapingo que contribuyeron en mi superación académica al compartir conmigo sus conocimientos.

Finalmente me resulta grato reconocer y agradecer el apoyo brindado al Sr. Pedro I. López Aguilar, por su apoyo en el análisis de suelos.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor nació el 12 de mayo de 1977 en la Ciudad de México. Curso sus estudios básicos en Ciudad Nezahualcoyótl, Estado de México. En 1992 ingresa a la preparatoria agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo. Posteriormente en 1995 comienza sus estudios de licenciatura en el Departamento de Suelos en la Universidad Autónoma Chapingo de la cual egreso en 1999 de la carrera de Ingeniero en Planeación y Manejo de los Recursos Naturales Renovables. En el año 2000 obtuvo el título de licenciatura mediante la elaboración de la tesis denominada “Producción de plántula en diversos sustratos con el efluente de una planta de tratamiento tipo Xochicalli”.

En el año 2000 inicio su actividad laboral como personal técnico en el proyecto IMTA-AUCH denominado “Manejo y conservación de las áreas de influencia de manantiales de la cuenca Valle de Bravo, en el municipio de Valle de Bravo, Estado de México.

En Enero de 2001, ingresa al Programa de Maestría de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo. Actualmente labora con un grupo de profesores de la División de Ciencias Forestales en un proyecto de servicio solicitado por la Reserva de la Biosfera Tehuacan-Cuicatlán, Estado de Puebla, el cual consiste en llevar acabo el estudio de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región de Filo de Tierra Colorada.

CONTRIBUCIONES A LA METODOLOGÍA DEL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO TERRITORIAL LOCAL, CONSIDERANDO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

Contributions to the methodology of Local Ecological Territorial Arrangement, considering climate change scenarios

Jaime Jiménez González¹, Silvia Terrazas Domínguez¹ y Jesús David Gómez Díaz².

RESUMEN

En este trabajo se realizó un Ordenamiento Ecológico Local de la cuenca del Río Los Hoyos perteneciente al municipio de Valle de Bravo. Se utilizó la metodología propuesta por SEDUE (1988) y SEMARNAT (2000), aplicando las variantes: Levantamiento Fisiográfico (Ortiz y Cuanalo, 1978) como base para la caracterización de los recursos; así como la caracterización detallada de las variables climáticas mediante el Sistema de Clasificación Climática de Thornthwaite modificado por Dunne (1978). Además, se generaron los escenarios de cambio climático con el modelo canadiense (CCCM) para considerar los posibles efectos que el cambio climático tendría en las condiciones de la zona, en especial, dentro del estudio de Ordenamiento Ecológico Territorial. Las principales conclusiones son que el Levantamiento Fisiográfico permite caracterizar en forma detallada las unidades del medio natural conforme a las necesidades del estudio; el Sistema de Clasificación Climática de Thornthwaite delimita con mayor detalle los climas; la incorporación del escenario de cambio climático permite establecer criterios más apegados a las condiciones futuras. Por lo anterior, deben incorporarse a la metodología del Ordenamiento Ecológico Territorial.

Palabras clave: Ordenamiento ecológico, Levantamiento Fisiográfico, cambio climático.

ABSTRACT

This work comprises the construction of a proposal for the Local Ecological Arrangement of the Rio Los Hoyos watershed, belonging to the municipality of Valle de Bravo. The methodology used was the proposed by SEDUE (1988) and SEMARNAT (2000), applying the method of Physiographic Survey (Ortiz and Cuanalo, 1978) as the basis for the characterization of the resources plus a detailed characterization of the climatic variables and the climatic classification system by Thornthwaite, modified by Dunne (1978). Also, the climatic change scenarios were generated with the Canadian model (CCCM) in order to evaluate the possible effects that the climatic change would have in the conditions of the zone, especially within the study of Ecological Territorial Arrangement. The main conclusions are that the Physiographic Survey allows a detailed characterization of the units of territory according to the needs of the study; the Thornthwaite Climatic Classification System delimits climates with greater detail. The incorporation of the climate change scenarios allows the researcher to establish criteria closer to future conditions. It is concluded that these elements must be included in the Ecological Territorial Arrangement methodology.

Key words: Ecological arrangement, physiographic survey, climatic change.

¹ División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, 56230 Chapingo, México.

² Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo, 56230 Chapingo, México.

CONTENIDO	Pagina
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos Generales	2
1.2. Particulares	2
1.3. Hipótesis	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Ordenamiento Ecológico Territorial	4
2.1.1. Definición	4
2.1.2. El Ordenamiento Ecológico Territorial como proceso de planeación	4
2.1.3. El Ordenamiento Ecológico en México	5
2.1.4. Modalidades del Ordenamiento Ecológico	6
2.1.4.1. Ordenamiento Ecológico General del Territorio (OEGT)	7
2.1.4.2. Ordenamiento Ecológico Regional	8
2.1.4.3. Ordenamiento Ecológico Local	8
2.1.4.4. Ordenamiento Ecológico Marino	8
2.1.5. Productos finales del Ordenamiento Ecológico	9
2.1.6. Instrumentación del Ordenamiento Ecológico	9
2.1.7. Marco Jurídico	10
2.1.8. Metodologías para el Ordenamiento Ecológico del Territorio SEDUE (1988)	10
2.1.8.1. Fase de Organización	10
2.1.8.2. Fase Descriptiva	10
2.1.8.3. Fase de Diagnostico	11
2.1.8.4. Fase de Pronostico	12
2.1.8.5. Fase Propositiva	12
2.1.8.6. Fase de Ejecución	14

2.2. El Levantamiento Fisiográfico	15
2.2.1. Definición	15
2.2.2. Método cartográfico para el Levantamiento Fisiográfico	16
2.3. El Cambio Climático Global	18
2.3.1. Definición	18
2.3.2. Causas del Cambio Climático Global	18
2.3.3. Antecedentes del Cambio Climático a nivel mundial	22
2.3.4. México ante el Cambio Climático	23
2.3.5. Modelos de Circulación General	25
2.3.6. Escenarios básicos regionales	25
2.3.7. Clasificación Climática	26
2.3.8. Sistemas de Clasificación Climática	27
2.3.9. Sistemas de Clasificación Climática en México	29
3. MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1. El área de estudio	31
3.1.1. Localización geográfica	31
3.1.2. Fisiografía	31
3.1.3. Geología	32
3.1.4. Suelos	33
3.1.5. Hidrología	35
3.1.6. Clima	35
3.1.7. Vegetación	36
3.1.8. Uso actual del suelo	37
3.1.9. Fauna	37
3.1.10. Aspectos socioeconómicos	39
3.2. Métodos	42
3.2.1. Delimitación del área	43
3.2.2. Recopilación de información y materiales existentes	44
3.2.3. Regionalización a través del Levantamiento Fisiográfico	44
3.2.4. Elaboración de la fase de diagnóstico	45
3.2.4.1. Índice de erosión	45

3.2.4.2. Índice de uso del suelo	48
3.2.4.3. Índice de marginación	50
3.2.5. Caracterización climática	50
3.2.5.1. Recopilación de la Información Climática	50
3.2.5.2. Aplicación del Modelo de Cambio Climático	52
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
4.1. Regionalización por Levantamiento Fisiográfico	53
4.1.1. Sistema Terrestre Valle de Bravo (VB)	54
4.1.2. Sistema Terrestre Acatitlán (AT)	55
4.1.3. Sistema Terrestre San Simón El Alto (SS)	58
4.1.4. Sistema Terrestre El Temporal (ET)	65
4.1.5. Sistema Terrestre Capilla Vieja (CV)	69
4.2. Índice de uso del suelo	74
4.3. Índice de erosión	79
4.4. Índice de marginación	83
4.5 Caracterización climática	85
4.5.1. Características climáticas de las cartas temáticas de INEGI (2001c)	85
4.5.2. Caracterización climática detallada con el Sistema de Köppen modificado por García (1988) y escenarios de cambio climático bajo aplicación del Canadian Climate Center Model (CCCM) (Magaña et al., 2000).	86
4.5.3. Caracterización climática con el sistema de Thorthwaite modificado (Dunne, 1978) y escenario de cambio climático.	89
4.5.3.1. Balances de humedad en los diferentes tipos climáticos bajo condiciones actuales y del escenario de cambio climático.	99
4.6. Modelo de Ordenamiento Ecológico	100
5. CONCLUSIONES	122
6. RECOMENDACIONES	123
7. LITERATURA CITADA	124
8. ANEXO 1. ESTACIONES METEOROLÓGICAS	129

ÍNDICE DE CUADROS	Página
Cuadro 1. Población total y densidad de población para el municipio de Valle de Bravo	39
Cuadro 2. Clases de pérdida de suelo por erosión ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$)	48
Cuadro 3. Descripción de las Facetas del Sistema Terrestre Valle de Bravo (VB)	54
Cuadro 4. Descripción de las Facetas del Sistema Terrestre Acatitlán (AT)	56
Cuadro 5. Descripción de las Facetas del Sistema Terrestre San Simón El Alto (SS)	59
Cuadro 6. Descripción de las Facetas del Sistema Terrestre El Temporal (ET)	65
Cuadro 7. Descripción de las Facetas del Sistema Terrestre Capilla Vieja (CV)	70
Cuadro 8. Resultados del índice de uso del suelo	77
Cuadro 9. Condición por Sistema Terrestre de acuerdo al índice de uso del suelo.	79
Cuadro 10. Resultados generales del Índice de erosión hídrica ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$)	79
Cuadro 11. Grado de erosión hídrica por Sistema Terrestre.	81
Cuadro 12. Índice de marginación de las localidades de la cuenca del Río Los Hoyos.	83
Cuadro 13. Tipos climáticos y superficie ocupada bajo condiciones actuales y escenarios de cambio climático evaluados a través del Sistema de Köppen modificado por García (1988).	87
Cuadro 14. Tipos climáticos y superficie ocupada bajo condiciones actuales y escenarios de cambio climático evaluados a través del sistema de Thornthwaite modificado (Dunne, 1978).	92
Cuadro 15. Deficiencias y demasías de agua de acuerdo al sistema de Thornthwaite modificado para el tipo climático actual y el escenario de cambio climático.	99

Cuadro 16. Propuesta de uso del suelo bajo condiciones de clima actual para la cuenca del Río Los Hoyos, Valle de Bravo, Estado de México.	103
Cuadro 17. Propuesta de uso del suelo bajo escenario de cambio climático para la cuenca del Río Los Hoyos, Valle de Bravo, Estado de México	112

ÍNDICE DE FIGURAS	Página
Figura 1. Localización geográfica del área de estudio	31
Figura 2. Cuenca del Río Los Hoyos, Valle de Bravo, Estado de México	32
Figura 3. Mapa de clases de suelos presentes en la cuenca del Río Los Hoyos, Valle de Bravo, Estado de México (INEGI, 1978).	34
Figura 4. Climas del Estado de México (INEGI, 2003)	36
Figura 5. Mapa de vegetación de la cuenca del Río Los Hoyos, Valle de Bravo, Estado de México (INEGI, 1982)	38
Figura 6. Modelo de tendencia de crecimiento de la población del municipio de Valle de Bravo (Jiménez, 2003)	40
Figura 7. Mapa de áreas de influencia de estación meteorológica	51
Figura 8. Sistemas Terrestres de la cuenca del Río Los Hoyos, Valle de Bravo, Estado de México.	53
Figura 9. Localización dentro de la cuenca del Sistema Terrestre Valle de Bravo	54
Figura 10. Localización dentro de la cuenca del Sistema Terrestre Acatitlán	56
Figura 11. Localización dentro de la cuenca del Sistema Terrestre San Simón El Alto	59
Figura 12. Localización dentro de la cuenca del Sistema Terrestre El Temporal	65
Figura 13. Localización dentro de la cuenca del Sistema Terrestre Capilla Vieja	71
Figura 14. Mapa de regionalización a través del Levantamiento Fisiográfico de la cuenca del Río Los Hoyos, Valle de Bravo, Estado de México	72
Figura 15. Uso potencial de la cuenca del Río Los Hoyos, Valle de Bravo, Estado de México (INEGI, 1978)	75
Figura 16. Mapa de Índice de uso del suelo de la cuenca Valle de Bravo, Estado de México	76

Figura 17. Condición del uso del suelo en la cuenca	78
Figura 18. Mapa del Índice de erosión de la cuenca del Río Los Hoyos, Valle de Bravo, Estado de México	82
Figura 19. Distribución de los niveles de pérdida de suelo por erosión hídrica a nivel de la cuenca.	80
Figura 20. Mapa del Índice de marginación de la cuenca del Río Los Hoyos, Valle de Bravo, Estado de México	84
Figura 21. Mapa de climas de la cuenca del Río Los Hoyos de acuerdo al sistema de Köppen modificado por García (1988)	90
Figura 22. Mapa de climas bajo escenario de cambio climático (modelo CCCM) de acuerdo al sistema de Köppen modificado por García (1988)	91
Figura 23. Mapa de climas de la cuenca del Río Los Hoyos de acuerdo al sistema de Thornthwaite modificado (Dunne, 1978)	94
Figura 24. Comparación del clima actual con el escenario generado para cambio climático	97
Figura 25. Mapa de climas bajo escenario de cambio climático (modelo CCCM) de acuerdo al sistema de Thorthwaite modificado (Dunne, 1978)	98
Figura 26. Mapa del Modelo de Ordenamiento Ecológico bajo condiciones de clima actual de la cuenca del Río Los Hoyos, Valle de Bravo, Estado de México	110
Figura 27. Mapa del Modelo de Ordenamiento Ecológico bajo condiciones de cambio climático de la cuenca del Río Los Hoyos, Valle de Bravo, Estado de México	119

1. INTRODUCCIÓN

La aparición del hombre en el planeta ha provocado una intensa transformación de la naturaleza en la búsqueda de su sustento y seguridad. Actualmente los efectos de la actividad humana en los procesos naturales han llegado a ser de tal magnitud que sus resultados han provocado alteraciones, en muchos casos irreversibles.

El Cambio Climático Global es uno de los efectos más preocupantes de la actividad humana sobre la naturaleza ya que en los últimos años se han comenzado a sentir sus efectos en todo el planeta: aumento en la temperatura, sequías, inundaciones, incendios forestales y otra serie de eventos que dejan ver las consecuencias que un Cambio Climático tendrá sobre el medio ambiente, la economía y bienestar de la humanidad.

En el caso particular de México, se estima que la agricultura se verá seriamente afectada, principalmente la de temporal. Además, el 50 % de la cobertura vegetal cambiaría de tipo, donde los más afectados serán los bosques templados. Las cuencas hidrológicas serán más vulnerables por lo que la escasez de agua aumentará drásticamente. Por lo anterior, es importante modificar y adecuar los criterios de planeación y uso de los recursos naturales del país.

En este sentido, el Ordenamiento Territorial es un instrumento que establece la legislación ambiental mexicana para planear y programar el uso del suelo y las actividades productivas más adecuadas, así como la ordenación de los asentamientos humanos y el desarrollo de la sociedad en congruencia con la vocación natural del suelo, así como el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y la protección de la calidad del medio ambiente en el territorio.

Bajo estos argumentos, la presente investigación esta enfocada en estudiar de manera particular los posibles efectos del cambio climático en las condiciones ambientales de la cuenca del Río Los Hoyos, en el municipio de Valle de Bravo, Estado de México. En especial cómo influye este factor en la elaboración de un Ordenamiento Ecológico Territorial. Se hace énfasis en el apartado climático por considerarse como el elemento clave que determinará las condiciones ambientales de cualquier sitio.

1.2. Objetivos Generales

- Realizar una propuesta de Ordenamiento Ecológico Territorial, utilizando la información generada por las diferentes instancias gubernamentales, detallando los aspectos generales para tener un marco de referencia más preciso y que las propuestas se apeguen a la realidad de una zona de gran importancia por los servicios ambientales que ofrece, como lo es la cuenca del Río Los Hoyos, en el municipio de Valle de Bravo, Estado de México.
- Incorporar escenarios de cambio climático en el análisis de la vulnerabilidad de la zona y contemplar este factor en la estimación de riesgos y el establecimiento de políticas de manejo que eviten el deterioro de la zona.

1.3. Particulares

- Obtener las unidades de paisaje a través de la metodología del Levantamiento Fisiográfico
- Hacer una descripción de las características físicas, sociales y económicas de la zona.

- Realizar la caracterización climática detallada del área de estudio con los sistemas de Köppen modificado por García (1988) y de Thornthwaite modificado (Dunne, 1978).
- Simular escenarios climáticos futuros (temperatura y precipitación) a partir de la aplicación del modelo de Cambio Climático Canadian Climate Center Model (CCCM) para condiciones de una duplicación de CO₂.
- Comparar las clasificaciones climáticas obtenidas bajo diversos sistemas de clasificación.
- Formular propuestas de planeación de uso de suelo a través del modelo de ordenamiento ecológico territorial bajo condiciones actuales y tomando en cuenta el efecto del cambio climático global.

1.3. Hipótesis

- Las unidades de paisaje caracterizadas en el Levantamiento Fisiográfico proporcionan la información necesaria para proponer políticas de ordenamiento territorial.
- Los escenarios de cambio climático proporcionan elementos básicos para que las propuestas de ordenamiento incluyan riesgos adicionales derivados del cambio en el clima y se ajusten mejor a la realidad.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Ordenamiento ecológico territorial

2.1.1. Definición

El Ordenamiento Ecológico Territorial (OET) es un instrumento de política ambiental, el cual se considera como un proceso de planeación cuyo objetivo es evaluar, regular y programar el uso del suelo, las actividades productivas y el manejo, así como la conservación de los recursos naturales, minimizando su deterioro a través de sistemas productivos adecuados con el fin de lograr un desarrollo sostenible (INE-SEMARNAP, 2000; Gómez, 1994; SEDUE, 1988; LGEEPA 1988; Velez, 1984).

El OET es de carácter regional e intersectorial, analiza el estado actual de los recursos naturales, prevé escenarios alternativos a partir de tendencias actuales y/o transformaciones en los procesos, y finalmente, proporciona los elementos necesarios para plantear alternativas en el uso de los recursos y criterios ecológicos, en una prospectiva de sustentabilidad (LGEEPA, 1988).

2.1.2. El Ordenamiento Ecológico Territorial como proceso de planeación

La planificación es un proceso racional de toma de decisiones, implica por lo tanto una reflexión sobre las condiciones sociales, económicas y ambientales. Se define como un proceso a través del cual se asignan los usos óptimos al territorio, o bien, proceso a través del cuál distribuye la actividad humana de forma óptima en el territorio, tomando en cuenta las variables físicas, económico-sociales y ambientales (Boisier, citado por Barredo, 1996).

Por su parte Waterston (1969) definió a la planificación como un intento inteligente y organizado para elegir las mejores alternativas tendentes a realizar metas específicas. A diferencia de la planificación sectorial la cual concentra su atención en la distribución territorial de una determinada variable o función en donde domina la óptica del sector sobre la óptica del territorio (incluye la planificación de infraestructuras, equipamientos colectivos, medio ambiente, actividades económicas), el ordenamiento territorial concentra su atención en el territorio; en la armonización de los usos del suelo que coexisten en el mismo, cayendo, por tanto, en el ámbito de la planificación física, la cual es entendida como la previsión y control de los usos del suelo mediante una adecuada distribución de las actividades en el territorio (Gómez, 1992; Pujadas y Font, 1998).

Se trata de ordenar de una manera global o integral el territorio, descomponiéndolo en unidades más pequeñas según criterios homogeneidad o funcionalidad, asignando usos del suelo específicos a cada una de estas unidades, definiendo sus elementos estructurales, lo cual forma parte de la planificación física (Pujadas y Font, 1998).

2.1.3. El Ordenamiento Ecológico en México

Las bases del Ordenamiento Ecológico Territorial en el país surgen con la promulgación de la Ley General de Asentamientos Humanos en 1976, cuando se empezaron a producir los Ecoplanes y Planes de Desarrollo Ecológico de los Asentamientos Humanos.

Así, el OET en el país tiene sus antecedentes de planeación territorial en la planeación de desarrollo urbano. El diseño urbano se apoya en la Escuela Española, elaborando a fines de 1980 los Ecoplanes, se establece un manual de ordenamiento, publicado por SEDESOL con influencia de la Escuela Cubana de Ordenamiento Geológico (Palma, 2000; SEDUE, 1988; Velez, 1984).

El Ordenamiento Ecológico Territorial en México surge en 1982 como un instrumento de planeación cuando se crea la Secretaría de Desarrollo Urbano y ecología (SEDUE). El OET se contempló en la Ley Federal de Protección Al Ambiente de ese año, cuyas

disposiciones se amplían en 1984. SEDUE (1988) señala que a partir de 1983 con la expedición de la Ley de Planeación, el gobierno federal instrumenta proyectos de Ordenamiento Ecológico del Territorio para zonas y áreas prioritarias del desarrollo nacional.

En 1988 se incorpora en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, como uno de los instrumentos de la política ecológica de carácter rector (Palma, 2000; SEDUE, 1988).

Es hasta el año de 1996 cuando se establecen las bases para la vigilancia y promoción del cumplimiento de este instrumento, con la expedición del Reglamento interior de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, publicado en el Diario Oficial de fecha 8 de julio de 1996.

Gil (2000), menciona que el Ordenamiento Territorial ha venido a revolucionar la planeación sobre el territorio tomando en cuenta criterios de vocación del suelo, en donde se consideran aptitudes físicas y socioeconómicas para dar alternativas de uso en los espacios ocupados por las sociedades.

Palma (2000) por su parte señala que en México se han elaborado planteamientos de Ordenamientos Ecológicos del Territorio en diferentes estados de la República, la mayoría de ellos cubren grandes extensiones de terreno y sus resultados son publicados mapas de escala pequeña, cuyas recomendaciones y propuestas son muy generales que, difícilmente favorecen de manera puntual los intereses de los actores sociales.

2.1.4. Modalidades del Ordenamiento Ecológico

De acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente hay cuatro modalidades de ordenamientos: General del Territorio, Regional, Local y Marino (INE-SEMARNAP, 2000).

2.1.4.1. Ordenamiento Ecológico General del Territorio (OEGT)

El OEGT tiene dos escalas de aplicación 1: 4 millones y 1: 250 mil, la primera muestra una visión general del país, facilita la planeación y toma de decisiones en los sectores del Gobierno Federal. La segunda genera la información base para la formulación de los ordenamientos ecológicos estatales y regionales. El OEGT es competencia del gobierno federal y abarca la totalidad del territorio nacional; busca influir en las políticas sectoriales del gobierno federal. El OEGT establece la regionalización del territorio nacional y de las zonas sobre las que la nación ejerce soberanía y jurisdicción.

De acuerdo con INE-SEMARNAP (2000) el OEGT considera al territorio nacional como un sistema. Para su análisis se utiliza un enfoque de sistemas complejos; el cual señala que el medio ambiente, en su relación sociedad-naturaleza, esta integrado por una serie de elementos, conectados mediante procesos. Ambos determinan una estructura y están circunscritos a un limite espacio-temporal determinado. Este enfoque permite un análisis integral y dinámico. El sistema, a su vez, se subdivide en tres subsistemas: el natural, el socioeconómico y el productivo, que interactúan y convergen en un análisis integral.

El OEGT se considera como el marco de referencia para la elaboración del Programa de Desarrollo Regional Sustentable, el cual es un conjunto de políticas, acciones y proyectos que propician la inversión del gasto público, social y privado de manera concensada y coordinada, para fomentar el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

Derivado del OEGT La Secretaria de Desarrollo Social a través del Instituto Nacional de Ecología instrumentó el Programa de Actividades Prioritarias de Productividad Económica Regional en el País. Para lo cual se promovió que todas las dependencias y entidades federales que tuvieran su cargo la realización o promoción y regulación de grandes obras actividades que pudieran llegar a causar grandes desequilibrios

ecológicos regionales, llevarán a cabo Programas de Ordenamiento Ecológico, regionales o subregionales ligados a los megaproyectos de desarrollo.

2.1.4.2. Ordenamiento Ecológico Regional

Determina los criterios de regulación ecológica para la realización de actividades productivas y la ubicación de asentamientos humanos. Las escalas de aplicación son 1: 250 000, 1: 100 000 y 1: 50 000. La escala va a depender de que tan detallado se requiera el ordenamiento. Este ordenamiento puede ser realizado por los gobiernos estatales en regiones que abarquen la totalidad de la entidad competente.

2.1.4.3. Ordenamiento Ecológico Local

Regula los usos del suelo fuera de los centros de población y establece criterios de regulación ecológica dentro de los centros de población que se integran en los programas de desarrollo urbano; Este tipo de ordenamiento es expedido por las autoridades municipales. En este tipo de ordenamiento por ser muy detallado se manejan dos escalas 1:50 000 y 1: 20 000. A esta escala es lo ideal para elaborar los ordenamientos ecológicos ya que al trabajar a detalle se llega a resultados reales y por lo tanto se pueden dar propuestas objetivas.

2.1.4.4. Ordenamiento Ecológico Marino

Este tipo de ordenamiento esta orientado a regular la zona económica exclusiva, los mares territoriales y la zona federal marítimo-terrestre; es de competencia federal, en coordinación con los gobiernos estatales y municipales de las regiones involucradas. En la conformación del Ordenamiento Territorial se busca propiciar la participación de todos los sectores de la sociedad y la realización de obras, servicios y acciones que eviten o reviertan el continuo deterioro del Medio Ambiente.

2.1.5. Productos finales del Ordenamiento Ecológico

Los productos finales de un Ordenamiento Territorial son el Modelo de Ordenamiento Ecológico (políticas de protección, conservación, restauración y aprovechamiento), así como un mapa en el cual se especifican los usos del suelo, acompañado de un conjunto de tablas que indican los lineamientos y criterios de regulación ecológica para el aprovechamiento de los recursos naturales y las obras, servicios y acciones de carácter ambiental para determinada región. Este mapa es susceptible de decretarse para la observancia obligatoria, dada su utilidad e interés público (Luna, 1998; SEDUE, 1988).

2.1.6. Instrumentación del Ordenamiento Ecológico

Luna (1998) señala que la instrumentación del Ordenamiento Ecológico consiste en conformar la coordinación, concertación y consulta que lleven a la expedición legal y administrativa de la divulgación de los productos terminales mencionados anteriormente.

La instrumentación del ordenamiento ecológico incluye su gestión ante las autoridades, la sociedad civil y las instancias de coordinación intersectorial y pública que operen en el orden Federal, Estatal o Municipal. El ordenamiento ecológico en la expedición de usos, reservas y destinos del suelo.

El Modelo de Ordenamiento Ecológico, así como los Lineamientos y Criterios de Regulación Ecológica se instrumentan a través de mecanismos legales y administrativos que consideran la concertación y coordinación con los sectores involucrados en una región determinada y con el sector social a través de la consulta popular. Las obras, servicios y acciones son instrumentados administrativamente y en forma financiera, ya que implica la ejecución de medidas que requieren de recursos económicos y actores responsables.

2.1.7. Marco Jurídico

De acuerdo con INE-SEMARNAP (2000) el Ordenamiento Ecológico se encuentra regulado por diversas disposiciones, las principales son:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (arts. 26 y 27)
- Ley de Planeación (arts. 23, 24, 29, 31 y 32).
- Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente

2.1.8. Metodologías para el Ordenamiento Ecológico del Territorio SEDUE (1988)

SEDUE (1988) presentó una de las primeras propuestas metodológicas para la elaboración de un Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio (POET) en el país. Esta metodología se divide en seis grandes fases, las cuales corresponden a las fases típicas de un plan. Estas fases se presentan y se describen a continuación:

2.1.8.1. Fase de Organización

Como primera actividad, se definen los alcances del POET, para con ello establecer un equipo de trabajo, calendario de realización y presupuesto. En esta fase se realizan tres actividades: 1. Se definen objetivos para organizar adecuadamente la realización del POET. 2. Conformar un equipo de trabajo interdisciplinario y 3. la realización del plan de trabajo.

2.1.8.2. Fase descriptiva

En esta fase se delimitan y describen los aspectos físicos, bióticos, socioeconómicos y problemática ambiental del Área sujeta a Ordenamiento Ecológico (AOE). El objetivo de esta fase es el de recopilar, organizar y generar la información necesaria para elaborar el diagnóstico del AOE.

Esta fase se compone de tres actividades: delimitación del área de ordenamiento (regionalización ecológica), descripción temática del medio ambiente (aspectos naturales y aspectos socioeconómicos) y la identificación de la problemática ambiental (uso inadecuado del suelo, contaminación ambiental, erosión, etc.). Para la delimitación del área de ordenamiento SEDUE propone dos metodologías: sobreposición manual cartográfica y la regionalización ecológica.

2.1.8.3. Fase de Diagnostico

Esta fase es muy importante ya que aquí es en donde se realiza la evaluación de los fenómenos y procesos de deterioro y transformación de las unidades ambientales del AOE y se detectan sus verdaderas causas. Con la información de la fase anterior, se evalúa con criterios ecológicos la situación actual del AOE y se definen las causas que originan su estado.

El diagnostico debe dirigirse a reconocer y cuantificar los daños causados por las actividades humanas en el medio ambiente, también debe proporcionar información suficiente acerca de las formas con que son manejados y aprovechados los recursos naturales, con el fin de identificar las practicas que influyan en la degradación de los mismos.

Para la realización de este diagnostico SEDUE hace uso principalmente de índices ya establecidos los cuales son aplicados a cada unidad ambiental definida. La aplicación de estos índices dependerá de la cantidad de información con que se cuente para el AOE así como la calidad de la misma. La mayoría de estos índices requieren de información generada en el desarrollo del mismo proyecto.

En esta fase se hace uso de matrices de interacción de factores ambientales, las cuales tienen por objetivo evaluar las relaciones directas causa-efecto entre los factores que componen el medio ambiente, ya sean físicos, biológicos, sociales y/o económicos, así como establecer el grado de interacción entre los elementos causales del deterioro

ambiental y los factores ambientales receptores para seleccionar aquellos más afectados. También se busca organizar la información recopilada sobre el área de ordenamiento ecológico, así como determinar las necesidades de información para diagnosticar y pronosticar las condiciones ambientales.

2.1.8.4. Fase de Pronostico

En esta fase se estiman las tendencias del comportamiento de los procesos de deterioro del área de ordenamiento y las modificaciones ambientales que esta pudiera sufrir por el crecimiento poblacional y el incremento de las actividades productivas. La estimación de tendencias debe de ser selectiva. De la fase de diagnostico se especifican cuales son los fenómenos de transformación o deterioro que se consideran críticos. Para realizar el pronostico es recomendable fijar escenarios en el tiempo, por lo que se sugiere plantear tendencias de comportamiento para el: corto, mediano y largo plazo.

2.1.8.5. Fase Propositiva

Con los resultados de las fases anteriores, se establecen las políticas y estrategias a seguir, para con ello definir el modelo de usos del suelo a promover en el área de ordenamiento, los lineamientos y criterios de regulación para el aprovechamiento de los recursos naturales, así como las obras, servicios y acciones. El objetivo de esta fase es la realización de un nuevo esquema de uso y manejo de los recursos naturales en el área en que se este trabajando, que logre el manejo sustentable de dicha área. La fase propositiva se puede diseñar siguiendo los siguientes criterios:

Construcción de escenarios alternativos. Con base en las tendencias descritas en la fase de pronostico, se establecen diversos escenarios probables.

Definición de la estrategia general. Esta constituye el primer paso del planteamiento propositivo del Ordenamiento Ecológico y contiene las grandes directrices que deberán orientar cada una de las estrategias particulares que se propongan más adelante. La

estrategia general se compone de la aplicación discrecional de políticas territoriales y sectoriales en el Área de Ordenamiento Ecológico que ahora la componen.

Las políticas territoriales que se aplican en la metodología de SEDUE son las siguientes: Protección, Aprovechamiento, Restauración y Conservación, las cuales se describen a continuación.

Protección

Se sugiere para el territorio en el que se promueve la permanencia de ecosistemas nativos con alta riqueza biológica, escénica o aspectos relevantes de algún factor (geológico, hidrológico, entre otros) que hacen imprescindible su preservación y cuidado extremo. Por lo anterior, estas zonas son susceptibles de incorporarse al sistema de áreas naturales protegidas en el ámbito municipal, estatal o federal. En estos casos, se limitan las actividades económicas al máximo.

Conservación

Se considera a las zonas que mantienen un alto grado de equilibrio, es decir en las que sus recursos naturales se mantienen con sus elementos y procesos normales. Las actividades productivas están permitidas de manera condicionada de acuerdo a las condiciones ambientales.

Restauración

Se sugiere para áreas con uno o varios recursos muy deteriorados, en las cuales se promueva la aplicación de programas y técnicas de restauración, que permitan la recuperación de características intrínsecas de los ecosistemas nativos. Se permiten las actividades productivas con restricciones de acuerdo a la factibilidad ambiental.

Aprovechamiento

Se considera para áreas en las que por sus condiciones permiten un uso intensivo y sostenible, con fines de producción económica y de expansión urbana. Se contemplan

algunas recomendaciones propias de cada actividad para hacer más eficientes las propuestas.

Establecimiento de un Modelo de Ordenamiento Ecológico Territorial. La construcción de este modelo es la conclusión del análisis territorial del área del proyecto y se expresa en un mapa. Su validez y certeza propositiva dependerá del cuidado que se le haya dado a la realización de las fases y pasos anteriores.

Definición de obras, servicios y acciones. Estas se definen para cada unidad de gestión ambiental y quedaran agrupadas en los siguientes rubros:

- Prevención y control de la contaminación ambiental
- Protección y conservación de la flora y fauna silvestre
- Establecimiento, regulación y protección de Áreas Naturales Protegidas
- Restauración ecológica de áreas naturales o productivas deterioradas
- Prevención y control de emergencias y contingencias ambientales
- Educación y promoción ambiental en las comunidades

2.1.8.6. Fase de Ejecución

Por último se establecen los instrumentos legales, administrativos y financieros aplicables al Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio y se define la forma en que este se gestionará ante las autoridades y población en general.

La metodología de Ordenamientos Territoriales municipales propuesta por la SEMARNAP (2000) consiste en realizar análisis físicos y biológicos de los ecosistemas que componen el área de interés con el fin de determinar el potencial de sus recursos. Esta información se combina con las características socioeconómicas de la población y las tendencias de ocupación del territorio por los asentamientos humanos y el desarrollo de las actividades productivas para así establecer un planteamiento que contribuya al desarrollo integral del área.

2.2. El Levantamiento Fisiográfico

El método para la realización del Levantamiento Fisiográfico empleada en México fue desarrollada por el grupo del Colegio de Postgraduados (CP) (Ortiz y Cuanalo, 1977), la cual se basa en una modificación de la metodología propuesta por Webster y Beckett de 1970.

2.2.1 Definición

El Levantamiento Fisiográfico es la subdivisión del paisaje en Sistemas Terrestres y Facetas. La unidad básica de clasificación fisiográfica es la Faceta la cual es la parte identificable del paisaje, usualmente con una geomorfología simple, y con una roca, suelo y régimen de humedad particulares que son uniformes sobre toda la Faceta o varía en forma simple, pudiendo predecirse tal variación. El tamaño de la Faceta está influido por las características del paisaje que se estudia y por las variaciones significativas que ocurren dentro de ella (Ortiz y Cuanalo, 1977).

En las Facetas se puede coleccionar y organizar la información sobre los recursos naturales de un área y también sobre aspectos sociales y económicos. Es importante señalar que el Levantamiento Fisiográfico es un estudio a nivel regional y que las Facetas representan a las unidades con la mayor homogeneidad que puede alcanzarse.

Cada Faceta es lo suficientemente homogénea como para darle un manejo uniforme en la mayoría de los tipos de uso semi-intensivo de los terrenos. Por sus características recurrentes, se agrupan en Sistemas Terrestres (*idem*).

Además, una repetición de un conjunto de Facetas da un carácter particular a un paisaje, dicho de otra forma, reconocemos diferentes paisajes donde hay un diferente conjunto de Facetas o donde los patrones de las relaciones entre Facetas difieren. Tales patrones proveen una agrupación necesaria para la identificación de las Facetas y son conocidos como Sistemas Terrestres (*idem*).

La subdivisión de un territorio en Sistemas Terrestres produce áreas de un tamaño adecuado para la planeación regional, cada una con su propio potencial de desarrollo. Pero su principal función en una planeación más detallada es la de ayudar a la identificación de las Facetas que los integran (Ortiz y Cuanalo, 1977).

2.2.2. Método cartográfico para el Levantamiento Fisiográfico

1. Delimitación de la zona de estudio

Es el punto inicial del estudio, que nos permite organizar al mismo en la búsqueda de información y adquisición de materiales, para lo cual es indispensable el establecimiento de su ubicación geográfica.

2. Obtención de la información existente

En este punto se busca la información cartográfica que se disponga para el área que se este trabajando, tales como mapas temáticos de uso del suelo, vegetación, edafológicos, geológicos, climáticos, etc. Además se deben obtener las fotografías aéreas e imágenes de satélite de la zona.

3. Trazo de Sistemas Terrestres

Consiste en comparar la información cartográfica con la imagen de satélite, específicamente, se busca una relación entre los linderos de los mapas temáticos con los rasgos observables de la imagen y solo se trazan aquellos linderos que sean fácilmente identificables, esto nos permite trazar las áreas que se aprecien como diferentes. De esta manera se termina una etapa con un número de unidades (Sistemas Terrestres) que tienen paisajes diferentes de sus vecinos. En esta etapa todos los linderos están sujetos a modificaciones. Es recomendable dar nombres locales o regionales a los Sistemas, como el nombre de la localidad o elevación más cercana o importante. Así mismo una recomendación practica es el de utilizar un área mínima cartografiable es de 1 cm².

4. Transferencia de linderos

Los linderos de los Sistemas Terrestres trazados sobre las imágenes de satélite son transferidos a las fotografías aéreas, para lo cual se realiza un proceso de comparación entre la imagen de satélite y las fotografías y una vez que son reconocidos los rasgos comunes se transfieren los linderos del Sistema Terrestre de la imagen a la fotografía. Estos linderos no deben tener una gran precisión ya que son temporales ya que lo que se quiere es reconocer las grandes causas que provocan que los paisajes sean diferentes. A partir de estos linderos provisionales y con la utilización de la fotografías aéreas se hace uso de la visión estereoscópica para trazar los linderos definitivos de los Sistemas Terrestres.

5. Fotointerpretación detallada y recorridos de campo

Una vez trazados los linderos de los Sistemas Terrestres sobre las fotografías aéreas, el siguiente paso consiste en identificar a las Facetas que lo integran. Para ello se delimitan las áreas más pequeñas que se aprecien como diferentes en las fotografías aéreas. De ser posible se deben conjugar los recorridos de campo con la fotointerpretación, para establecer claves o correlaciones entre los rasgos fotográficos y las características de campo. Las facetas deben definirse Sistema por Sistema, con el fin de aplicar los mismos criterios dentro de cada Sistema. Cada faceta debe de ser identificada con un número.

6. Descripción de Facetas

Las Facetas se describen con información que se obtiene directamente de campo. La descripción se hace generalmente en términos de forma, pendiente, suelo y cubierta vegetal, pero no se esta restringido solo a ellos, ya que pueden agregarse otras características de interés.

7. Definición de Sistemas Terrestres

Los Sistemas Terrestres se definen sobre las Facetas presentes y sus relaciones. Usualmente todo Sistema Terrestre contiene un conjunto de Facetas con las mismas interrelaciones, aunque se acepta como normal el encontrar una o dos Facetas erróneas dentro de un Sistema Terrestre.

El objetivo final de esta regionalización es que las unidades generadas tengan un buen nivel de definición con el cual se trabajará a lo largo de la evaluación y determinar el grado de aptitud para determinado uso del suelo. El último paso de esta metodología es la elaboración del mapa de unidades fisiográficas (Ortiz y Cuanalo, 1977).

2.3. El Cambio Climático Global

2.3.1. Definición

El cambio climático se define como el cambio del clima atribuido de manera directa o indirecta a las actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera terrestre y que viene a añadirse a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables (IPCC, 1998). Estas actividades humanas no son más que el resultado del uso y explotación excesivo de los recursos naturales y de la industrialización de productos artificiales, que se refleja en un incremento de los gases de efecto invernadero, alterando con esto los regímenes de lluvias y temperaturas.

2.3.2. Causas del Cambio Climático Global

Las causas del cambio climático han sido consecuencia de procesos naturales, que pueden ser catalogados como causas externas e internas.

Las *causas externas* incluyen cambios en la naturaleza de la órbita de la tierra alrededor del sol y variaciones en la energía del sol. Los cambios en la órbita de la tierra alrededor del sol ocurre regularmente, la excentricidad de la misma varía en ciclos de aproximadamente 95 800 años (Goodess et al., 1992). Como resultado de estas variaciones cíclicas la radiación que se recibe en la superficie terrestre varía. En los últimos 5 millones de años ha cambiado de un patrón más circular a uno más excéntrico,

coincidiendo con cambios en la radiación recibida entre +0.014 y -0.17% respectivamente, sobre los niveles actuales (Henderson-Sellers y McGuffie, 1987).

La inclinación del eje de la tierra varía con una periodicidad promedio de 41 000 años. Actualmente su inclinación es de 23.5°, pero tiene una fluctuación entre 22° y 24.5°. La inclinación del eje terrestre es un importante control en la estacionalidad y tiene su máximo impacto en las latitudes altas. La oblicuidad del eje no altera la cantidad de radiación recibida, solamente su distribución (Arhens, 1994).

La combinación del efecto del cambio en la excentricidad de la orbita de la tierra alrededor del sol y de la oblicuidad del eje de la tierra conducen a calentamientos o enfriamientos globales con una periodicidad de 22 000 años (McGregor y Nieuwolt, 1998).

La variabilidad en la energía emitida por el sol, como causa de cambio climático y variabilidad climática en periodos cortos, no ha sido aceptada unánimemente por la comunidad científica climatológica. Sin embargo, se presentan variaciones en la emisión de energía del sol como consecuencia de la variación en el numero de manchas solares, durante periodos de mayor aparición de manchas solares el sol emite mas energía que durante periodos de mínima aparición de manchas solares. Algunos estudios proporcionan evidencias de que los cambios en los ciclos de manchas solares, que van de 7 a 17 años, pudieron tener un efecto en las temperaturas globales del siglo pasado (Curie, 1996).

Los *factores internos* incluyen procesos lentos, pero de larga duración, relacionados con los cambios en la circulación oceánica, contenido gaseoso de la atmósfera y cambios en las condiciones de límites geográficos. Por su naturaleza, estos factores pueden cambiar los climas a plazos de decenas de miles a millones de años (Goodess et al., 1992). Los factores internos están relacionados con interacciones entre los componentes del sistema climático y retroalimentaciones no lineales, de tal manera que los cambios en uno de estos componentes afectara a otros componentes. Cambios en la composición gaseosa de

la atmósfera, especialmente en la concentración de CO_2 afecta la eficacia de este gas como cubierta termal. A través de las épocas geológicas la concentración atmosférica de CO_2 ha variado marcadamente, siendo baja durante periodos fresco y alta en periodos cálidos (Genthon et al, 1987). La concentración de metano en la atmósfera ha variado a lo largo de las distintas épocas geológicas, como reflejo del total de áreas pantanosas que son la principal fuente de metano atmosférico (Goodess et al., 1992).

Otro componente involucrado en cambios climáticos son los aerosoles atmosféricos, ya sea de origen terrestre o marino, los que tienen un efecto en la temperatura ya que al incrementarse la concentración de aerosoles conlleva a un descenso de la temperatura (Arhens, 1994). La principal fuente de aerosoles marinos son algas que producen sulfatos de metales (Restelli y Angeletti, 1993) que al contacto con el aire se oxidan a dióxido de azufre, un aerosol que actúa como un importante núcleo de condensación y favorece la formación de nubes que producen un enfriamiento de la superficie. Las fuentes importantes de aerosoles terrestres son las áreas secas, especialmente los desiertos subtropicales que aportan polvo a la atmósfera, el cual interfiere con la transmisión de la radiación a la superficie terrestre (McGregor y Nieuwolt, 1998).

Las erupciones volcánicas pueden tener un impacto significativo en el clima. Durante las erupciones volcánicas se emiten partículas finas de ceniza y polvo así como gases que pueden llegar a la estratosfera y permanecer allí por varios años (Kelly et al., 1996).

La circulación oceánica desempeña un rol importante en el cambio climático y es responsable de cambios a corto plazo y variabilidad climática que puede durar siglos o años como es el caso del fenómeno del Niño (Broecker y Denton, 1990).

Los cambios en los límites geográficos producidos por el movimiento de las placas tectónicas y el desarrollo de montañas y los cambios asociados en la distribución de tierras y aguas y el nivel del mar, todos desempeñan un papel muy importante en los cambios climáticos. Los cambios en la distribución de masas terrestres pueden alterar los patrones de calentamiento y enfriamiento superficiales, que tendrán impactos en la

posición geográfica de los principales cinturones de vientos. El desarrollo de montañas puede alterar la circulación de los vientos al desviarlos, forzarlos a ascender y luego a descender provocando diverso patrones de precipitación (Goodess et al., 1992).

Desde hace varias décadas se ha incluido al hombre como una de las causas de cambio climático, tal cambio le es atribuido directa o indirectamente a las actividades que alteran la composición de la atmósfera, que agregada a la variabilidad climática natural observada en periodos comparables de tiempo, han provocado un fuerte consenso científico de que el clima global se vera alterado significativamente en este siglo, como resultado del aumento de la concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI) tales como el dióxido de carbono, el metano, los óxidos nitrosos y los clorofluorocarbonos (Houghton et al., 1990, 1992;Alba, 1999).

Estos gases son emisiones producto directo de la actividad industrial y del modo de transporte actual de la humanidad ya que para todas estas actividades el combustible utilizado son los hidrocarburos principalmente. La producción de cemento, deforestación, cambio de uso de la tierra y la utilización de CFC's en aerosoles así como en refrigeradores, son otra causa del calentamiento global. Desde los inicios de la revolución industrial, a principios de 1800, la humanidad ha acelerado el transporte de carbono en forma de CO_2 y CO a la atmósfera en alrededor de 288 a 375 ppm.

El IPCC, un panel de 2500 científicos de primera línea, quienes acordaron que "un cambio discernible de influencia humana sobre el clima global ya se puede detectar entre las muchas variables naturales del clima". Según el panel, la temperatura de la superficie terrestre ha aumentado aproximadamente 0.6°C en el último siglo. Las emisiones de dióxido de carbono por quema de combustibles, han aumentado a 6.25 mil millones de toneladas en 1996, un nuevo récord. Por otro lado se estima que los daños relacionados con desastres climáticos llegaron a 60 mil millones de USD en 1996, otro nuevo récord (IPCC, 1992).

La temperatura del planeta a aumentado 0.7 °C desde finales del siglo XVIII. Los 14 años mas calientes han ocurrido desde 1980. Los años 1990, 1995, 1997 y 1998 son los años más calientes desde 1400 D. C. pero en particular 1998 a sido el año más caliente por dos décimas de grado centígrado (Gay, 1999).

De acuerdo al IPCC (1992) una duplicación de los gases de invernadero incrementaría la temperatura terrestre entre 0.6 y 3.5° C. Aunque no parezca mucho, es equivalente a volver a la última glaciación pero en la dirección inversa. Por otro lado, el aumento de temperatura sería el más rápido en los últimos 100.000 años, haciendo muy difícil que los ecosistemas del mundo se adapten a dichos cambios.

El principal cambio a la fecha ha sido en la atmósfera, hemos cambiado y continuamos cambiando el balance de gases que forman la atmósfera. Esto es especialmente notorio en gases invernadero claves como el metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) y bióxido de carbono (CO₂), este ultimo con tendencia exponencial de incremento. Estos gases naturales son menos de una décima de un 1% del total de gases de la atmósfera, pero son vitales pues actúan como una "frazada" alrededor de la Tierra. Sin esta capa la temperatura mundial sería 33° C más baja. (WMO, 1986).

En el tercer informe de evaluación del IPCC "cambio climático 2001: la base científica" se espera que la temperatura superficial global aumente de 1.4 a 5.8°C de 1990 al 2100 y el nivel del mar aumente de 0.09 a 0.88 m en el mismo periodo de años.

2.3.3. Antecedentes del cambio climático a nivel mundial

A mediados de los 80's a nivel mundial se comenzó a tener conciencia sobre la dimensión de los posibles efectos de un Calentamiento Climático Global. En 1988 el Programa de Naciones Unidas y Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) crearon el panel intergubernamental sobre Cambio Climático. El propósito del panel fue el de revisar el estado del conocimiento mundial sobre el Cambio Climático y sus consecuencias.

En 1990, este panel presenta un primer reporte donde se menciona el aumento de gases de invernadero y se habla sobre las consecuencias del Cambio Climático, las cuales podrían ser muy serias, y entonces resultaba imperativo que se tomaran medidas para tratar de aminorar sus efectos.

En 1992 cuando se llevo a cabo la Cumbre de la Tierra, se busco crear un compromiso principalmente de las naciones industrializadas de empezar a reducir las emisiones de gas invernadero a través de la firma de la convención marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Ante este primer intento de reducir las emisiones de gases invernadero, las reacciones de los países desarrollados no se hicieron esperar, Estados Unidos rechazo cualquier compromiso de reducción de emisiones.

En 1995, en el segundo reporte del panel intergubernamentales se dice que las actividades humanas ya están afectando el clima del planeta de forma visible y afirman que el cambio climático esta ocurriendo.

En la firma del Protocolo de Kioto en el año 1997, los países industrializados toman el compromiso de reducir sus emisiones en 5 %, teniendo como base las emisiones de 1990 y cumplir esto entre los años 2008 y 2012.

En 1998 se lleva a cabo la Tercera Conferencia de las Partes en Buenos Aires, se elabora un plan de acción sobre la forma de utilizar los nuevos instrumentos normativos internacionales, así como las negociaciones en materia de emisiones y el mecanismo para un desarrollo limpio (PNUMA, 2000)

2.3.4. México ante el Cambio Climático

En 1992, México firma la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, en la cumbre de Río. Después de la cumbre México recibió apoyo de los Estados Unidos para realizar estudios relacionados con las consecuencias del Cambio Climático a nivel regional.

En el país, el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM es el pionero en el desarrollo de investigaciones sobre Cambio Climático, ya que las vienen desarrollando desde los años 60's.

En 1994, se llevo a cabo el Primer Taller de Estudio de País: México. Titulado “México ante el Cambio Climático”, en Cuernavaca, Morelos. En dicho taller se presentaron las investigaciones que se estaban realizando hasta ese momento sobre Cambio Climático en el país. Los principales logros fueron la discusión de la estructura del estudio (inventarios, escenarios y vulnerabilidad), así como las metodologías que se siguieron en cada una de estas áreas.

En 1995 se lleva a cabo el segundo taller de estudio del país. México ante el cambio climático en donde se discuten los avances logrados a partir de años anteriores.

En 1996 se lleva a cabo el tercer taller de estudio del país. México ante el cambio climático, se muestran los resultados finales del proyecto planteado en el primer taller. En ese mismo año se da a conocer el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero, así como la contribución del país a las causas del cambio climático y los sectores con más emisiones.

En noviembre de 1999 se llevo a cabo el “Seminario Sobre Cambio Climático” en el Palacio Legislativo, con la finalidad de proveer información técnica y científica actualizada sobre el tema del Cambio Climático Global y con esta información analizar la viabilidad de la Iniciativa de Ley para la prevención y control del Cambio Climático Global del País.

En 2001 se presento el trabajo titulado México 2ª Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (INE-SEMARNAT, 2001). En ese mismo año se llevo a cabo el foro de cambio climático “Cambio climático una realidad palpable”, en Ciudad del Carmen, Campeche.

En el año 2003, se realizaron los escenarios climatológicos de la Republica Mexicana ante el cambio climático en una escala 1:4 000 000, utilizando modelos de circulación general de la atmósfera, el modelo Canadiense (CCCM) y el modelo Norteamericano (GFDL-R30), con escenarios para la mitad fría y mitad caliente del año (Monterroso y Gómez, 2002), cuyos resultados indican el posible cambio climático que sufriría el país en condiciones de un doblamiento del CO₂ actual.

2.3.5. Modelos de Circulación General

Existe una gran variedad de modelos del cambio climático, sin embargo los modelos más generales que utiliza el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), son los modelos de circulación general de la atmósfera-océano (MCGAO), ya que con estos se pueden establecer criterios basados en principios físicos que relacionan las condiciones de gran escala con el clima regional.

Los Modelos de Circulación General Atmósfera-Océano, son tridimensionales que deben simular necesariamente a la atmósfera, a los océanos y al continente a nivel global. En la atmósfera se incluyen los vientos, la humedad, las nubes y la concentración de los diversos gases que la componen, analizando sus variaciones temporales y sus variaciones con la altura. En el océano, estos modelos consideran las corrientes marinas, la temperatura y salinidad, y de manera semejante a la atmósfera, estudian las variaciones de estos parámetros con el tiempo y el espacio. Los Modelos de Circulación General de la Atmósfera también tienen que modelar la temperatura en la superficie terrestre, los cuerpos de agua y, en ocasiones, y de manera simplificada la orografía continental (McGuffie, citado por Conde *et al.* 1998)

2.3.6. Escenarios Básicos Regionales

La construcción de escenarios climáticos regionales es actualmente una de las investigaciones básicas dentro del estudio de cambio climático en tanto que son el punto de partida de los estudios del País. Conde *et al.* (1998) utilizó en su trabajo titulado

“Evaluación de escenarios regionales de clima actual, y de cambio climático futuro para México” dos modelos de Circulación General de la Atmósfera, que simulan las condiciones globales de temperatura, precipitación y radiación incidente, bajo condiciones actuales o bajo condiciones de una duplicación en las concentraciones de bióxido de carbono, referidas como $1x\ CO_2$ (330 partes por millón) y $2xCO_2$, respectivamente. Las condiciones de $2xCO_2$ se emplean para simular el cambio climático global. Según los escenarios de emisiones, futuras, la duplicación en la concentración de este gas podría manifestarse para mediados del siglo XXI.

Los modelos utilizados por Conde *et al.* (1998) fueron el Geophysical Fluids Dynamic Laboratory, GFDL-R30, el cual es un modelo de circulación general atmósfera- océano y el Canadian Climate Center Model CCCM AGM2, que es un modelo de circulación general atmosférico de segunda generación

Magaña *et al.* (1997) generó mapas de cambio en la temperatura y precipitación con los modelos CCCM y GFDL-R30, obteniendo con esto una regionalización del país ante el cambio climático, siguiendo la regionalización del país propuesta por Douglas (2001), con índices mensuales de anomalías de temperatura y precipitación de acuerdo a los modelos utilizados para cada una de las 18 regiones en que se divide al país.

2.3.7. Clasificación Climática

No existen dos lugares en el mundo que experimente el mismo clima, aunque es posible identificar áreas con climas similares. Este método de agrupación o analogía se denomina “clasificación climática”, generalmente se elabora una clasificación para resolver algún problema específico, como por ejemplo, el estudio de las interrelaciones entre el clima y la vegetación; por lo que resulta imposible lograr clasificación completamente satisfactoria para todo tipo de aplicaciones, aunque cualquier sistema que se elabore, debe tener una aplicación fácil, basarse en principios meteorológicos, reunir datos prácticos y fáciles de manejar, limitarlos y dirigirlos a objetivos bien definidos (Griffiths, citado por Medina *et al.* 1998)

Medina *et al.* (1998) señalaron que como una herramienta fundamental de la ciencia, la clasificación tiene tres grandes objetivos interrelacionados: ordenar grandes cantidades de información, agilizar la recuperación de la misma y facilitar la comunicación. La clasificación de cualquier aspecto ecológico comparte estos objetivos. Implica la organización de datos ambientales en tal forma que se pueden realizar generalizaciones tanto descriptivas como analíticas e intenta almacenar información ordenadamente para facilitar la consulta y comunicación, frecuentemente en la forma de mapas.

Por lo general, los sistemas de clasificación climática que se han generado hasta el momento, se basan fundamentalmente en datos de temperatura, precipitación y evaporación. No obstante, los datos de la variable evaporación normalmente no se encuentran disponibles en todas las estaciones meteorológicas, como sucede con las variables temperatura y precipitación.

2.3.8. Sistemas de Clasificación Climática.

Los sistemas de clasificación climática más conocidos son los de Köppen (1936) y Thornthwaite (1948). Según Carter, citado por Medina *et al.* (1998), la clasificación de Köppen no puede considerarse una clasificación climática en el sentido estricto, ya que se compone de un grupo de valores climáticos seleccionados mecánicamente con una aparente coincidencia con los límites de vegetación.

Medina *et al.* (1998) señalaron que el sistema de Thornthwaite realizó una contribución significativa a los trabajos de clasificación al introducir el concepto de evapotranspiración potencial, a través del cual es posible evaluar de manera más real las disponibilidades de humedad en un ambiente, es decir realiza una determinación del balance de agua, que consiste en la relación entre el agua aportada por la precipitación y la requerida por la vegetación en sus funciones de evaporación y transpiración, además de que incluye el concepto de humedad almacenada que corresponde a la cantidad de

precipitación que se almacena en el suelo y que es aprovechable por la cubierta vegetal, tales conceptos, como es el de balance de humedad, el sistema Köppen no los toma en cuenta ya que se limita solo a parámetros de temperatura, precipitación y evaporación, tomando de estos solo los valores anuales por lo cuál no se realiza un balance como tal.

De acuerdo con García (1988), el sistema de Köppen divide los climas del mundo en cinco grupos que corresponden a los cinco grupos principales de plantas superiores, a saber: grupos de climas cálido húmedos donde dominan las plantas megatermas; grupo de climas secos, donde prosperan las plantas xerófitas; grupos de climas templado húmedos, donde predominan las plantas mesotermas; grupo de climas subárticos húmedos, donde habitan las plantas del grupo de las coníferas y grupo de climas fríos polares donde la vegetación es sólo del tipo de musgos, algas, helechos y líquenes.

Por su parte la clasificación climática de Thornthwaite incluye cuatro factores para describir el clima de una región. El factor más reconocido es el índice de humedad, el cual sirve para delimitar once tipos de clima o regiones de humedad. Los otros factores son un índice de eficiencia termal, la concentración en el verano de la eficiencia termal y un índice de la variación estacional de la humedad efectiva.

Existen otros sistemas de clasificación climática que son menos populares o de uso menos generalizado, pero que han sido propuestos, como respuestas a la necesidad de contar con esquemas de estratificación ambiental más específicos o para suplir deficiencias de otros sistemas.

La metodología FAO de regiones agroecológicas (FAO, 1978) incluye dentro de sus apartados, un inventario climático, cuyos objetivos son establecer una división climática mayor, calcular el período de crecimiento durante el cual es posible la producción de secano, semicuantificar los impedimentos agroclimáticos y calcular el rendimiento que es posible obtener en ausencia de impedimentos agroclimáticos.

2.3.9. Sistemas de Clasificación Climática en México

México es una amplia faja de tierra atravesada por largas cadenas montañosas con extensas planicies entre ellas, que resultan en una elevación promedio de 1800 metros sobre el nivel del mar en la parte central del país. Sólo a través del completo entendimiento de la gran influencia que la orografía de México ejerce sobre la temperatura del aire, distribución de la precipitación y circulación de los vientos, se puede explicar la diversidad de climas encontrados en el país.

Lo anterior es causa de que la mayoría de los sistemas de clasificación climática generados en otras partes del mundo, no se adapten completa y/o satisfactoriamente a la República Mexicana. Incluso, muchos de los tipos climáticos de México suelen caer en categorías extraordinarias, ajenas a los sistemas ó postizas, evidenciando la deficiencia de criterio de clasificación de los sistemas. Este es el caso de la utilización de términos como “climas especiales”, “climas de montaña”, etc. (Griffths, 1985), cuya definición es más concordante con algunas condiciones de México que las provistas por categorías ordinarias de los sistemas clásicos de clasificación climática.

En respuesta a estos problemas, el sistema “Thornthwaite modificado” propone una metodología para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana ya que este toma en cuenta la región a estudiar, los elementos físicos tales como vegetación y textura del suelo, que influyen en gran manera en la capacidad de almacenamiento de humedad en el suelo, y que tiene que ver con el balance de humedad, además de que también considera un balance térmico y la latitud a la cual esta situada la zona a estudiar. (Medina *et al.* 1998)

El sistema de clasificación climática de Thornthwaite ha sido utilizado en nuestro país, sobre todo en el área de las ciencias biológicas y agropecuarias ya que resulta propio para objetivos más específicos, como es el caso de la planeación de la generación, validación y transferencia de tecnología agropecuaria y forestal. (*idem*)

En el año 2000 se realizó la delimitación climática del país bajo la metodología Thornthwaite modificado, obteniendo como resultado una mapa escala 1:4,000,000, caracterizando con esto a los climas áridos, semiárido, subhúmedos y húmedos del país. (Monterroso y Gómez, 2000)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. El área de estudio

3.1.1. Localización geográfica

La cuenca del Río Los Hoyos se localiza al poniente del Estado de México, dentro del municipio de Valle de Bravo. Las coordenadas del área de estudio son $19^{\circ} 05'$ y $19^{\circ} 15'$ de Latitud Norte y $99^{\circ} 55'$ y $100^{\circ} 10'$ de Longitud Oeste, la altitud va de los 1800 a los 3320 metros sobre el nivel del mar y comprende una superficie aproximada de 8413.4 ha (Figuras 1 y 2).

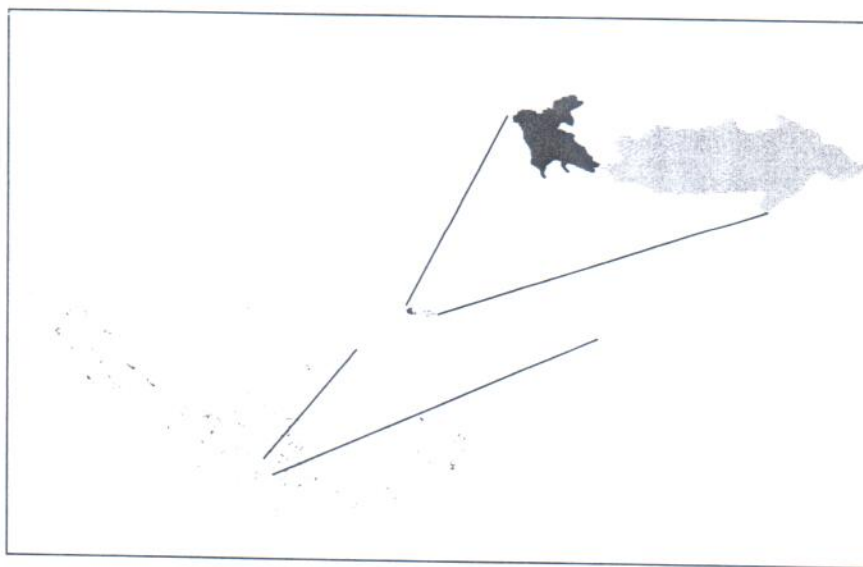


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio

3.1.2. Fisiografía

El área de estudio se localiza en la Provincia del Eje Neovolcánico y dentro de esta en la Subprovincia de Mil Cumbres, las topoformas dominantes son lomeríos de basalto con

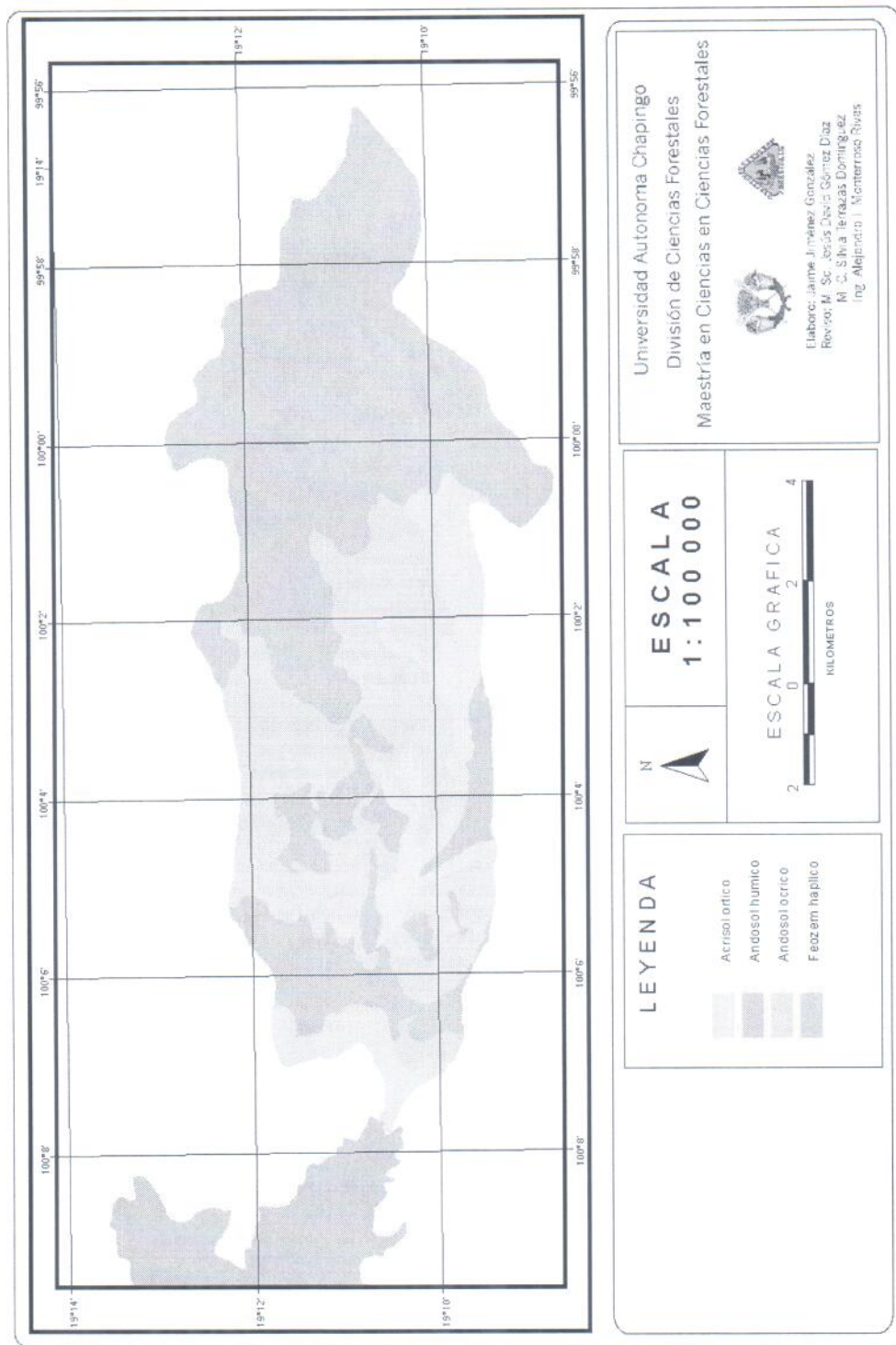


Figura 3. Mapa de clases de suelos presentes en la cuenca del Río Los Hoyos, Valle de Bravo, Estado de México (INEGI, 1978).

3.1.4. Suelos

En la zona de estudio se reportan tres unidades de suelo (Figura 3) de acuerdo con la carta edafológica escala 1:50000 del INEGI (INEGI, 1978) la cual se basa en la clasificación FAO/UNESCO 1970, modificada por CETENAL. Las unidades de suelo son las siguientes:

Andosol: Este tipo de suelo se encuentra en el 79 por ciento del área de trabajo y encontramos dos subunidades: el andosol humico y el ocrico. Son suelos derivados de la intemperización de cenizas volcánicas, son muy ligeros (densidad aparente menor de 0.85). Son profundos y en su mayoría de color café amarillento oscuro, de textura media y estructura en bloques subangulares predominantemente, con alta capacidad de retener humedad y fijación de fósforo, son muy ricos en materia orgánica. Tienen una fuerte tendencia a la acidez, presentan una estratificación con un horizonte A y puede haber o no un horizonte B cámbico. Cuando secos y desprovistos de vegetación son muy susceptibles a la erosión eólica e hídrica (INEGI, 2001a; González, 1999).

Acrisol: Es un suelo viejo y ácido de zonas montañosas, preferentemente de origen volcánico, presenta un color rojo o amarillo claro, pobre en nutrientes, arcilloso, por lo que su drenaje interno va de moderadamente drenado a escasamente drenado y la susceptibilidad a la erosión varía de moderada a alta. En condiciones normales sustenta bosques de clima templado o tropical (INEGI, 2001a). Este tipo de suelo cubre el 12.4 por ciento del área.

Feozem: Este tipo de suelos son ricos en materia orgánica y nutrientes, en condiciones normales mantienen casi cualquier tipo de vegetación, si el contenido de humedad del suelo es el adecuado, se localizan tanto en terrenos planos como montañosos, son susceptibles a la erosión. La formación de estos suelos es generada en gran medida por el intemperismo de las rocas de origen ígneo extrusivo. (INEGI, 2001a). En la zona de estudio se encuentran principalmente en terrenos planos y ocupan el 9 % de la zona.

3.1.5. Hidrología

El Río Los Hoyos es parte de la subcuenca del Río Tilostoc, que pertenece a la cuenca del Río Cutzamala, y son parte de la Región Hidrológica del Río Balsas (RH-18), esta última ocupa una superficie de 14 440 Km². (INEGI, 1983).

El sistema hidrográfico del área de estudio esta compuesto por diversas corrientes que bajan de las mayores elevaciones teniendo como cauce principal el río Los Hoyos, así como el río La Alameda y río Chiquito y los arroyos Las Palomas, Saucos, Ojo de agua, y El Temporal. Todas estas corrientes desembocan en la Presa Valle de Bravo. Esta presa pertenece a la comisión de Aguas del Valle de México y se utiliza para abastecer de agua potable a la zona metropolitana de la ciudad de México. La fisiografía y la composición geológica de la zona propician la existencia de muchos manantiales, en el municipio de Valle de Bravo se tiene registrado por lo menos la existencia de 17 manantiales.

3.1.6. Clima

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificado por Enriqueta García en la zona se encuentran 2 tipos de clima (INEGI, 2001c): semicálido del grupo de los templados subhúmedo y templado subhúmedo. El primero es un microclima que se encuentra en el área cercana a la presa Valle de Bravo y el segundo lo encontramos en la mayor parte de la zona (Figura 4).

(A)Cb(w1)(w): Semicálido del grupo de los templados, con verano fresco y largo, subhúmedo normal, con régimen de lluvias en verano y porcentaje de lluvia invernal menor a 5.

Cb(w2)(w): Clima templado con verano fresco largo, el mas húmedo de los subhúmedos con régimen de lluvias en verano y porcentaje de lluvia invernal menor a 5.

herbáceo se reporta cardenal, clavel de monte, dalia, estafiate, helechos, valeriana, laurel, altamisa, entre otros.

3.1.8. Uso actual del suelo

Dentro de los principales usos del suelo de la zona están: La agricultura diversificada de temporal y de riego, principalmente cultivos de maíz, frijol, papa, haba, avena, chicharo y cebada. Esta actividad abarca el 29.3 % del área de trabajo. El maíz producido en las tierras de temporal, se destina básicamente al autoconsumo; la papa y el chícharo son producidos con riego y son comercializados en mercados locales y el Distrito Federal. La ganadería se desarrolla de forma extensiva, esta actividad no ha tenido una gran expansión en el área (INEGI, 2001b, González, 1999).

3.1.9. Fauna

Debido a su posición biogeográfica el Estado de México queda incluido dentro de dos grandes regiones: la Neartica y la Neotropical. Nuestra área de estudio se sitúa en la zona de transición entre estas dos regiones; la conjunción de éstas dos regiones, propicia la diversidad de fauna. En la zona existen especies de mamíferos de tamaño pequeño y mediano como: conejo castellano y de monte ardilla gris, liebres (*Lepus californicus*), armadillos (*Dasypos novemcintus*), zorrillos (*Conepatus mesoleocus*), cacomixtle (*Bassaricus astutus*), tlacuache, coyotes (*Canis latrans*), murciélagos, zorros, ratones de campo (*Perognathus flavus*), tejones (*Taxidea taxus*), hurones, tuzas y algunos otros como el puma, lince y el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), los cuales han sido orillados al límite de la extinción. Entre los anfibios y reptiles se mencionan la salamandra (*Pseudoeurycea belli*), víbora de cascabel (*Crotalus sp*), culebra chirrionera (*Elaphe biardi*), lagartijas, y escorpión. En cuanto aves tenemos los carpinteros (*Melanerpes formicivorus*), paloma llorona, jilguero, ceniztonle (*Mimus polyglotus*),

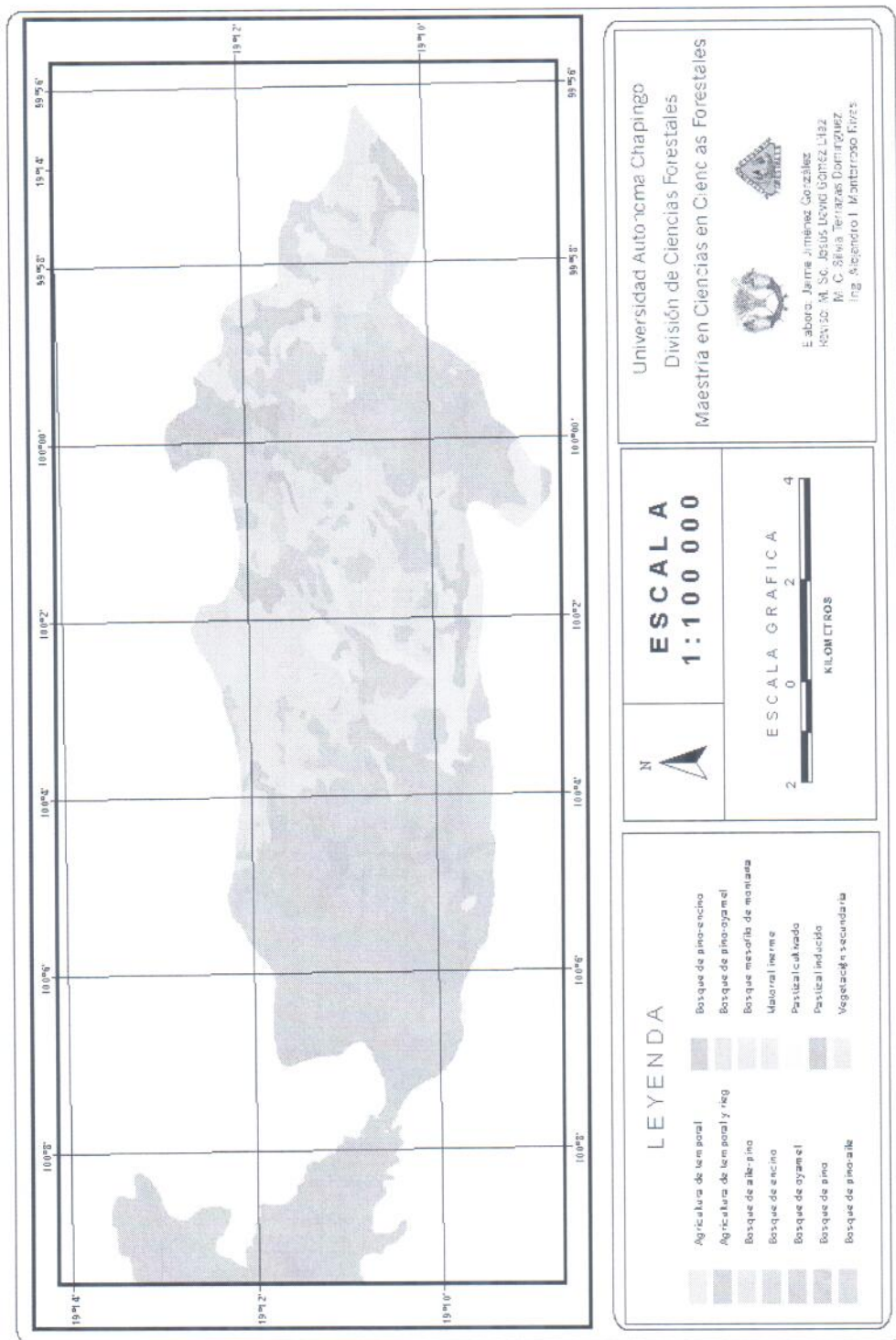


Figura 5. Mapa de vegetación de la cuenca del Río Los Hoyos, Valle de Bravo, Estado de México (INEGI, 1982)

gorrión, tordo, azulejo, canario, primavera, colibrí, búho, codorniz, gallina de monte (*Dendrotyx macroura*), cuervo y algunas otras como la aguililla de cola roja , ceceto, gavián y zopilote (*Coragyps atratus*).

3.1.10. Aspectos socioeconómicos

Población

En el año 1990 el municipio contaba con una población de 36 135 habitantes y su densidad de población era de 85.98 habitantes por km², para 1995 el municipio presentó una notable expansión demográfica ya que se registraron 47 502 habitantes, registrando una tasa de incremento anual de 4.96%, para el año 2000 la población aumento a 57 370 habitantes con una densidad de población de 135.96 habitantes por km², de los cuales 28 158 eran hombres y 29 212 mujeres (INEGI, 2000; González, 1999) (Cuadro 1).

Cuadro1. Población total y densidad de población para el municipio de Valle de Bravo.

Año	Población	
	Total	Densidad (habitantes por km ²)
1960	17 372	38.31
1970	24 653	54.36
1980	38 079	83.39
1990	36 135	85.98
2000	57 370	135.96

Fuente: INEGI. 2000. Anuario estadístico México. Primera edición. Ags, México.
González C., H. 1999. Valle de Bravo: Monografía municipal. Primera edición.

Las áreas urbanas en el municipio concentraron más de la mitad de la población: en 1970 el 55.9% era población urbana y para 1980 este porcentaje aumento a 56.1% y en 1995 a 57.6%. En 1995 en el conteo de población y vivienda se registraron un total de 71 localidades en el municipio.

En la Figura 6 se muestra la tendencia de crecimiento ascendente que tiene la población total, de tal manera que de seguir esta tendencia, el modelo pronostica para el año 2010 la población llegará a la suma de 67 269 habitantes aproximadamente (Jiménez, 2003).

Vivienda y servicios básicos

Según datos reportados en el Anuario Estadístico del Estado de México del año 2000, hasta ese año el municipio de Valle de Bravo contaba con 12 481 viviendas particulares las cuales estaban ocupadas por 57 155 habitantes y con un promedio de ocupantes por vivienda de 4.58. De estas viviendas 8322 contaban con servicio sanitario, 9148 contaban con agua entubada, 8472 con drenaje y 10,162 con energía eléctrica.

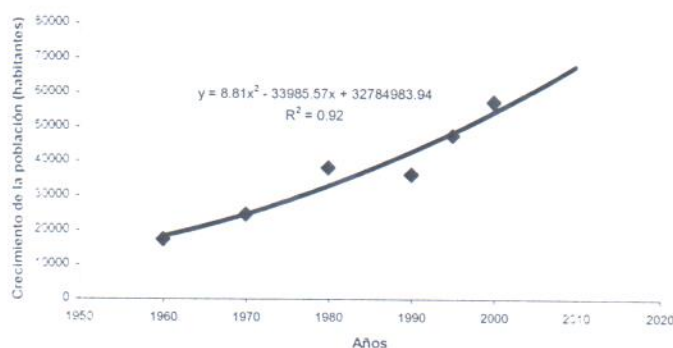


Figura 6. Modelo de tendencia del crecimiento de la población del municipio de Valle de Bravo (Jiménez, 2003).

Empleo

En el municipio de Valle de Bravo en el año 2000 la Población Económicamente Activa (PEA) era de 17,048 personas, de las cuales 1717 estaban ocupadas en sector primario, 4622 en el sector secundario y 9901 en el sector terciario. La Población Económicamente Inactiva era de 17,961 personas (INEGI, 2001b).

Agricultura

El municipio de Valle de Bravo se encuentra dentro del VII distrito de desarrollo rural, junto con los municipios de Amanalco, Donato Guerra, Ixtapan del Oro, Oztoloapan, Santo Tomás, Villa de Allende, Villa Victoria y Zacazonapan.

Para este distrito de riego INEGI, 2001b, reporto que para el año 2000 se tenía una superficie sembrada de 62 910 ha de maíz de las cuales 2210 ha eran de riego y 60700 de temporal y una superficie cosechada de 62898 ha. De papa se tenían 2115 ha sembradas y 1335 eran de riego y 780 de temporal. De chicharo se reporta una superficie sembrada de 1085 ha.

Industria

González, (1999) menciona que en el municipio a partir de la construcción de la presa solo se han desarrollado dos tipos de industria: la de la construcción y la eléctrica. Además existen pequeñas empresas industriales de cerámica, muebles y de construcción.

Silvicultura

Para 1997 el municipio de Valle de Bravo contaba con una superficie silvícola de 23 692 ha (56.14 % de la superficie total del municipio) cubiertas con bosque de pino, encino y especies secundarias, como aile, álamo, fresno y madroño (Plan de desarrollo municipal, 1997- 2000). En 1999, el número de árboles plantados fueron 413,310 y la superficie reforestada fue de 258.3 ha; para el año 2000 se plantaron 581,300 árboles con una superficie reforestada de 3202 ha (INEGI, 2001b).

Para el año 2000 se reportaron 188 incendios forestales en el municipio, con una superficie siniestrada mayor a las 477 ha, de las cuales 131.5 ha eran de pastos, 310 ha de arbustos, 34.8 ha de renuevo y no se reportaron áreas quemadas de arbolado. El municipio de Valle de Bravo ocupó el segundo lugar en cuanto al número de incendios forestales ocurridos durante el año 2000 en el Estado de México con el 8.8 % de incendios, superado únicamente por el municipio de Temascaltepec con el 9.2 % de incendios ocurridos en ese año (INEGI, 2001b).

Turismo

El turismo en Valle de Bravo comenzó con la construcción de la presa. De acuerdo con el INEGI (2001b), hasta el año 2000 el municipio contaba con 30 hoteles de los cuales uno es de cinco estrellas, dos de cuatro estrellas, cuatro de tres estrellas y 23 sin

categoría. Se contaba con un total de 546 cuartos de hospedaje y además contaba con 47 restaurantes. Los puntos de interés más importantes para el turismo en el municipio son: la presa Valle de Bravo por las actividades que se realizan en ella como los deportes acuáticos, además del embarcadero, las cascadas naturales, La Peña, La Hacienda de Santa Maria Pipioltepec, el centro histórico de Valle de Bravo, entre otros.

Según datos del INEGI (2001b) para el año 2000 el municipio contaba con 100.8 Km. de longitud de carretera de jurisdicción estatal, de los cuales 99.2 Km. son de carretera pavimentada y 1.6 Km. de carretera revestida.

3.2. Métodos

La metodología empleada en la realización del presente ordenamiento fue la propuesta por SEDUE (1988) y se complemento con la metodología de SEMARNAP (2000). En algunas de las fases se aplicaron otras metodologías con la finalidad de enriquecer la metodología de ordenamiento.

Las contribuciones a la metodologías antes señaladas son:

Las unidades de paisaje se delimitaron siguiendo la metodología del Levantamiento Fisiográfico propuesta por Ortiz y Cuanalo (1978) la cual permite detallar la caracterización de las unidades de paisaje al nivel que se considere conveniente dependiendo de la sensibilidad de la zona a estudiar. Además comprende un muestreo de campo rápido pero que permite tener un diagnostico más completo y actual que si solo se hace la caracterización de los recursos naturales con un mapa compilado, producto de la sobreposición de mapas temáticos .

Otro de los aportes fue la delimitación detallada de las variables climáticas (temperatura y precipitación) a escala mayor que la reportada por INEGI, en el caso específico del estudio se trabajo a 1: 62,500. Esto con la finalidad de tener mayor precisión que la reportada en las cartas temáticas de INEGI que esta a escala 1:400,000. Además se

utilizo la clasificación climática de Thornthwaite modificado (Dunne, 1978) porque dicho sistema delimita sus tipos climáticos dándole mayor relevancia a las condiciones de humedad en el suelo y considera las condiciones de almacenamiento de humedad de este y el grado que se cubren la demanda de agua por las comunidades vegetales dominantes. Esto es muy importante para un país como México dado que en cerca del 80% del país se presenta frecuentemente diferentes grados de condiciones de deficiencia de humedad, por lo que con este sistema se muestra que tan marcado es el déficit de humedad y el periodo que comprende. En cambio el sistema de clasificación climática de Köppen modificado por E. García (1988), que con mayor frecuencia se usa en nuestro país, separa en un principio los climas secos de los que no los son y el detalle en la clasificación lo pone en las regiones térmicas.

Otro aspecto que se incorporo a la metodología fueron los escenarios de cambio climático elaborados a partir del modelo CCCM con la finalidad de establecer criterios más apegados a la realidad, bajo la consideración de que es aceptado por la comunidad científica los cambios climáticos que esta experimentando nuestro planeta y los múltiples estudios que se tienen de la tendencia que esta siguiendo este proceso. El considerar esta situación nos permitirá realizar una planeación de manejo de los recursos naturales más apegada a la realidad que se va a presentar en un futuro cercano.

3.2.1. Delimitación del área

En el presente trabajo la delimitación del área de estudio se realizó tomando en cuenta los objetivos y alcances del presente trabajo, pero técnicamente se definió en base a criterios hidrológicos, utilizando las cartas topográficas 1:50,000 E14 A46 (carta Valle de Bravo) del año 2000 y la E14 A47 (carta Volcán Nevado de Toluca) del mismo año, para lo cual se consideró una cuenca delimitada por el parteaguas donde todas las corrientes fluyen a un cauce principal y finalmente estas van a desembocar en una área de recepción, ya sea laguna o como en este caso una presa. Para el propósito de esta investigación se tomó la cuenca del Río Los Hoyos, la parte más alta fue la cota 3300 y en la parte más baja su desembocadura en la presa Valle de Bravo.

3.2.2. Recopilación de información y materiales existentes

Para la descripción del medio físico se colectó toda la información existente de las cartas temáticas de uso potencial, topográficas, edafológicas, geológicas, uso del suelo y vegetación, entre otras, escala 1: 50,000 y a escala 1: 250 000 se utilizó la carta fisiográfica, todas estas editadas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Otra fuente de información importante fueron documentos como la monografía municipal, el Plan de Desarrollo Municipal 1997-2000, etc., estos últimos sirvieron sobre todo para la caracterización socioeconómica.

Otra fuente importante de información fueron las fotografías aéreas en blanco y negro escala 1 : 37 500 del año 2000 de la zona Valle de Bravo así como los ortofotos del mismo año editadas por el Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México (IIIGECM).

3.2.3. Regionalización a través del Levantamiento Fisiográfico

La regionalización ecológica del área de estudio se basó en la Metodología del Levantamiento Fisiográfico propuesta por Ortiz y Cuanalo (1978), para lo cual se utilizó la carta topográfica y el espaciograma para delimitar las unidades de geoforma (Sistemas Terrestres), después estas unidades se pasaron a las fotografías aéreas con la ayuda del estereoscopio de espejos y posteriormente se delimitaron las facetas con características más particulares por sistema terrestre, tomando en consideración principalmente la pendiente, la cobertura vegetal, tipo de suelo, geología, entre otros aspectos.

Una vez que se obtuvieron los sistemas terrestres y facetas en las fotografías se procedió a vaciar la información a ortofotos escala 1: 10 000 para posteriormente realizar una salida a campo para verificar y corregir linderos y obtener la información para describir cada una de las facetas. Algunas de las características más importantes tomadas en el sitio fueron: localización geográfica, altura sobre el nivel del mar, geomorfología,

pendiente, geología, corrientes superficiales, tipo de suelo, vegetación natural o inducida, usos de la tierra, erosión, etc.

En el caso de la vegetación natural para realizar la descripción se tomaron los siguientes datos: formación vegetal, altura promedio, cobertura, usos y además se identificaron las principales especies arbóreas presentes. En cuanto al suelo se tomaron muestras a través de barrenaciones de las dos primeras capas del suelo (0-20 y 20-40 cm y en algunos casos de 40-60 cm) para determinar en laboratorio su contenido de materia orgánica y pH en todas las capas, además de color en seco y húmedo.

3.2.4. Elaboración de la fase de diagnóstico

La fase de diagnóstico es una de las partes más importantes de esta investigación, ya que en esta fase se evalúan los fenómenos y procesos de deterioro y transformación de los sistemas terrestres del área de estudio y se definen las causas que originan su estado. Con base en lo anterior, el diagnóstico consistió en aplicar una serie de índices a partir de los cuales se analizó la problemática ambiental, siendo los siguientes:

- Índice de erosión
- Índice de Uso del Suelo
- Índice de marginación

3.2.4.1. Índice de erosión

La aplicación de este índice es una herramienta importante de análisis en la fase de diagnóstico del ordenamiento territorial ya que es un indicador que muestra claramente el grado de deterioro de los recursos naturales de un lugar y que además conjuntamente con la aplicación de otros índices, permiten proponer y determinar alternativas de manejo concretas de los recursos naturales en una área determinada.

En la presente investigación el cálculo de la erosión hídrica se realizó basándose en la metodología de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (Wischmeier y Smith,

1965, 1978) modificada y adecuada para las condiciones de México por (Figueroa, *et al.*, 1991).

Esta metodología contiene a los índices que representan los factores clima, suelo, topografía y uso del suelo, que afectan la erosión del suelo en canalillos y entre canalillos, causada por el impacto de las gotas de lluvia y el escurrimiento superficial.

Descripción de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS)

La ecuación básica es: $A = R K L S C P$

Donde

A es el promedio anual de pérdida de suelo (ton ha^{-1})

R es el factor de erosividad de la lluvia ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{hr}^{-1}$)

L es el factor de longitud de la pendiente (adimensional)

S es el factor de grado de la pendiente (adimensional)

C es el factor de manejo de cultivos (adimensional)

P es el factor de prácticas mecánicas de control de erosión (adimensional)

La relación de estas características en la ecuación señalan que la erosión depende de la cantidad e intensidad de la lluvia y el escurrimiento, la cubierta vegetal, la susceptibilidad del suelo, la topografía del paisaje, así como las prácticas de manejo implementadas.

Factor de erosividad de lluvia **R**

La erosividad de la lluvia, es medida por medio de los índices de erosividad, en el presente trabajo se utilizó el índice EI_{30} , el cual se calculó a partir de la fórmula general de Cortés (1991), seleccionada para esta área en el cálculo general de R por Gómez, *et al.*, (2002) dicha fórmula se describe a continuación:

$$EI_{30} = 0.71508 (PMA)^{1.20751}$$

Con $R^2 = 0.8778$

Donde:

$EI_{30} = MJ\ mm\ ha^{-1}\ hr^{-1}\ año^{-1}$ y PMA es la precipitación media anual

El factor R se calculó para cada una de las áreas de influencia de estación meteorológica obtenidas en la zona.

Factor de la erosionabilidad de los suelos **K**

El factor K se obtuvo de la Tabla 4.8 de Figueroa, *et. al.*, (1991), la cual se basa en el método de la FAO (1980), dicha metodología propone calcular el factor K a partir de la textura superficial y la unidad de suelo a que pertenece, según la clasificación FAO/UNESCO. Para obtener este valor se utilizaron las cartas edafológicas 1:50,000 de la zona editadas por el INEGI.

Factor por longitud e inclinación de la pendiente **LS**

El factor LS se trabajó usando el modelo de elevación digital de la zona. Para calcular la longitud de la pendiente L se utilizó la metodología del Modelo Europeo de Erosión del Suelo. Al plano de longitudes de la pendiente se le aplicó la ecuación de ajuste de la EUPS para este factor. $L = (\lambda m / 22.13\ m)^{0.5}$ Donde λ = longitud de la pendiente sobre el terreno en metros. La inclinación de la pendiente S se trabajó con el software Arc View 3.2 en el módulo de análisis espacial mediante el proceso de cálculo de mapas para obtener los rangos de pendiente. Después se convirtió el plano de pendientes de grados a porcentaje, este último se ajustó tomando en cuenta la ecuación $S = 0.0065 + 0.045s + 0.0065s^2$, donde s = pendiente del terreno en porcentaje.

Factor de manejo y cobertura **C**

Los valores de el factor C se obtuvieron de Figueroa, *et. al.*, (1991) de las tablas 4.17 para pastizales, agostaderos y terrenos en descanso, para terrenos forestales se utilizó la tabla 4.18 y para las áreas agrícolas se obtuvo del apéndice A6.

Factor por prácticas de conservación **P**

El factor P no se tomo en cuenta para evaluar la erosión actual ya que no se localizaron áreas en donde se hicieran prácticas de conservación, por lo que para fines de cálculo en la EUPS este factor fue igual a 1.

Una vez obtenidos todos los planos de los factores de la Ecuación Universal se realizaron las sobreposiciones de cada uno de ellos, generando así el plano de erosión hídrica actual. Los rangos de pérdida de suelo que se utilizaron en la presente investigación fueron los propuestos por SEMARNAT-UACH, (2002), los cuales se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Clases de pérdida de suelo por erosión ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$)

Clase de degradación	Valor de la erosión
Nula	Menor de 5
Ligera	De 5 a 10
Moderada	De 10 a 50
Alta	50 a 200
Muy Alta	Mayor de 200

3.2.4.2. Índice de uso del suelo

Este índice consistió en la comparación de los mapas de uso potencial del suelo reportados por el INEGI (1978) y uso actual que se determino en la caracterización de la zona mediante el Levantamiento Fisiográfico, ambos mapas con la misma escala y proyección cartográfica. La comparación de ambas mapas (sobreposición cartográfica) se realizo mediante el uso del software (SIG) Arc View para obtener sus índices de correlación para valorar el estado actual del suelo, se manejaron tres categorías: uso adecuado, subutilizado y sobreutilizado.

La finalidad de la elaboración de este índice fue evaluar la relación entre el uso actual y el uso potencial del mismo, mediante la identificación de tres tipos de zonas: zonas con un uso adecuado, sobreutilizado y subutilizado.

Para la obtención del mapa de uso potencial se utilizaron las cartas de uso potencial 1:50,000 E14A47 (Valle de Bravo) y la E14A47 (Nevado de Toluca) del año 1978, editadas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Estos mapas clasifican en 8 clases a las tierras con diferentes potencialidades, las cuales se agruparon de la siguiente manera:

Clase I y II. Uso agrícola

Clase III y IV. Uso agrícola con severas limitaciones

Clase V y VI. Uso pecuario

Clase VII y VIII. Vida silvestre o uso forestal

El mapa de uso actual se obtuvo mediante la fotointerpretación de fotografías aéreas escala 1:35,000 vuelo 2000 de la región Valle de Bravo. En este mapa se determinaron 11 usos:

1. Agrícola
2. Agrícola – pecuario
3. Agrícola – asentamientos humanos
4. Pecuario
5. Forestal
6. Forestal-recreativo-escénico
7. Forestal – agrícola
8. Forestal - residencial
9. Urbano – residencial
10. Campo de golf
11. Acuacultura

3.2.4.3. Índice de marginación

El aspecto socioeconómico para este trabajo se evaluó a través de la obtención del Índice marginación, los datos se obtuvieron de la base de datos del Consejo Nacional de Población “CONAPO-PROGRESA, (Índices de marginación por localidad, 1995) (CONAPO, 2003), del cual se extrajeron los datos de las localidades que están dentro del área de estudio, para después dar la interpretación necesaria a dichos datos.

3.2.5. Caracterización climática

3.2.5.1. Recopilación de la Información Climática

La información climática se obtuvo a partir de la base de datos ERIC2 Extractor Rápido de Información Climática (IMTA, 2000). Para realizar la clasificación climática fueron obtenidos promedios de 6 estaciones meteorológicas en el área de influencia de la zona (Anexo 1). La información recabada fue la siguiente: número de estaciones, nombre, localización geográfica, temperatura máxima diaria, temperatura mínima diaria y precipitación diaria, en un periodo de años de 1946-1995 para cada estación. Con estos datos se obtuvieron las temperaturas y precipitaciones mensuales y anuales de acuerdo a los años de observación de cada estación meteorológica así como el área de influencia de cada una de ellas.

Para la temperatura media mensual y anual se aplicó un modelo de regresión lineal simple para cada mes del año. Como variable independiente se tomó la altitud y la variable dependiente la temperatura (media de las máximas, media de las mínimas, media de las mínimas absolutas y evaporación, respectivamente). Con el modelo obtenido se trazaron las isolas de temperatura.

Para la precipitación se siguió la metodología propuesta de Gómez y Monterroso (1999) que consiste en ubicar las estaciones de acuerdo a sus coordenadas en el mapa topográfico y sobreponerlo al recorte para la zona del espaciograma digital

correspondiente, así como al modelo de elevación digital y las curvas de nivel. El mapa resultante se imprime para cada mes con los valores de precipitación promedio respectivo y se trazan las isoyetas siguiendo el patrón de la fisiografía y la influencia que se denota en la reflectancia asociada con la vegetación.

Una vez realizados los mapas de precipitación y temperatura media mensual y anual de la zona se procedió a la unión de los mapas con los valores anuales por medio del software Arc View GIS obteniéndose el mapa de la intersección de estas variables climáticas, mismas que se denominaron "áreas de influencia de estación" lo que reflejó 19 zonas de área de influencia de estación (Figura 7). Estas se tomaron como base para la realización de las zonificaciones climáticas con los sistemas de Thornthwaite modificado (Dunne, 1978) y Köppen modificado por García (1988). Para estos dos sistemas se caracterizó el clima con datos promedios y condiciones de cambio climático.

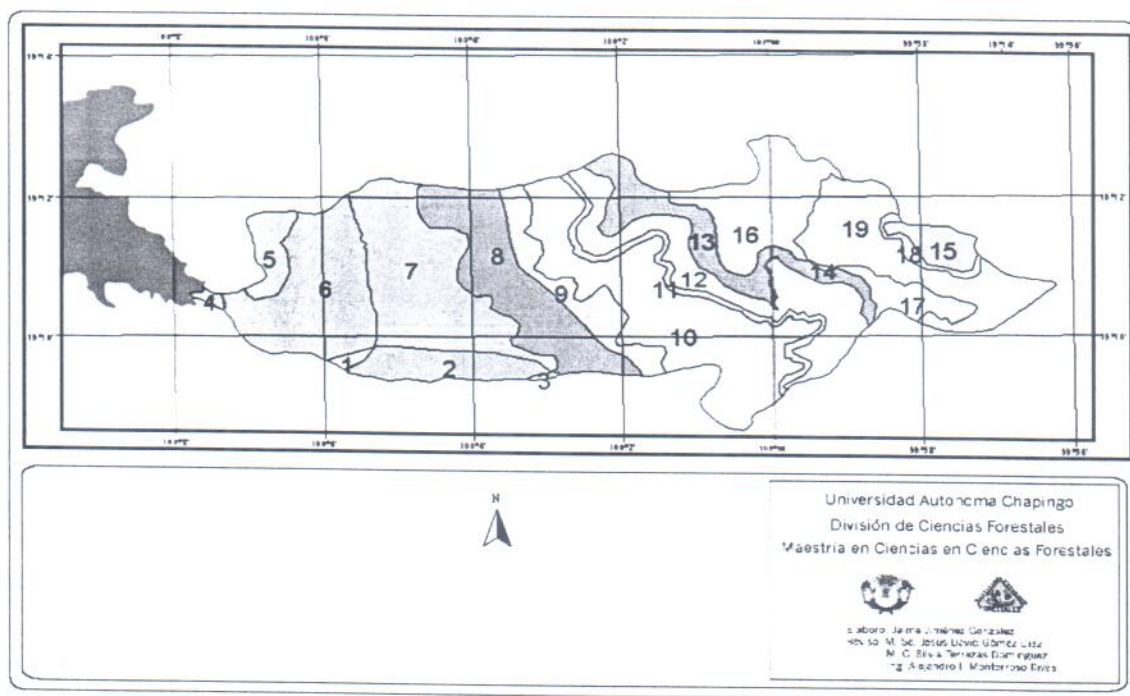


Figura 7. Mapa de áreas de influencia de estación meteorológica.

3.2.5.2. Aplicación del Modelo de Cambio Climático

La determinación del incremento de temperatura y razón de cambio en la precipitación para el Modelo de Circulación General (MCG) Canadian Climate Center Model (CCCM) para el área, se hizo a través de los resultados del estudio de regionalización del país de escenarios de cambio climático para México de Magaña *et. al.*, (2000), en el cual se determinó la región de Douglas (2001) a la que pertenece la zona y después se utilizaron los Cuadros 2a, 2b, 3a y 3b (Magaña *et. al.*, 2000) para determinar por mes el incremento de la temperatura y razón de cambio en la precipitación.

Una vez obtenidos estos valores, a la temperatura mensual normal de cada área de influencia se le sumaron los incrementos de temperatura del modelo, mientras que a los datos de precipitación normal se le aplicaron las razones de cambio del modelo, multiplicando el valor del índice a cada mes correspondiente.

El cálculo del clima de los dos escenarios resultantes se realizó utilizando la metodología de Thornthwaite modificado (Dunne, 1978) y Köppen modificado por García (1988).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente trabajo, de acuerdo a los objetivos y a la metodología se presentan a continuación.

4.1. Regionalización por Levantamiento Fisiográfico

En la regionalización con la metodología propuesta por Ortiz y Cuanalo (1978) se obtuvieron 5 Sistemas Terrestres y 51 Facetas (Figuras 8 y 14).

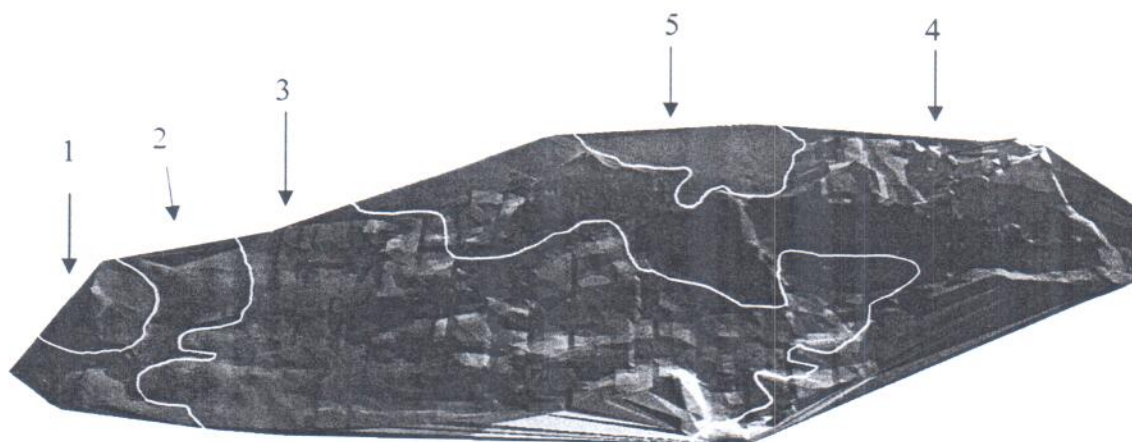


Figura 8. Sistemas Terrestres de la cuenca del Río Los Hoyos, Valle de Bravo, Estado de México.

La descripción detallada de los Sistemas Terrestres con sus respectivas Facetas se presenta en los Cuadros 3 al 7. La caracterización climática de cada Sistema Terrestre se tomó de los resultados obtenidos con la metodología de Thornthwaite modificado (Dunne, 1978).

4.1.1 Sistema Terrestre Valle de Bravo (VB)

Clima: Subhúmedo húmedo

Geología: Brecha volcánica andesítica

Paisaje: Volcanes y brechas volcánicas. Las pendientes dominantes van de 40 a 50 % (Figura 9).

Hidrología: Corrientes torrenciales temporales asociadas al drenaje natural del paisaje

Suelos: Derivados de andesitas, profundos, de textura media, en una proporción considerable los suelos son rocosos y pedregosos.

Vegetación: Bosque de pino-encino y bosque de pino. Las especies de pino encontrados fueron el *Pinus errera* y *Pinus ocarpa*. En las zonas de cañadas y de suelos profundos el desarrollo de estas especies es considerablemente mejor que en las áreas pedregosas.

Uso actual: Una parte del Sistema es área Natural Protegida y el uso dominante es Forestal y Recreativo escénico con algunas zonas de uso residencial.

Altitud: 2000 a 2200 metros sobre el nivel del mar.

Área: 280.4 ha (3.4% del total de la cuenca).



Figura 9. Localización dentro de la cuenca del Sistema Terrestre Valle de Bravo.

Cuadro 3. Descripción de las Facetas del Sistema Terrestre Valle de Bravo (VB)

Faceta	VB-1
Localización del punto de muestreo (UTM)	383596 – 212246
Altitud (msnm)	2152
Forma	Ladera escarpada con pendiente convexa del 50 %
Geología	Brecha volcánica andesítica
Hidrología	En esta faceta nacen pequeñas corrientes superficiales intermitentes

Suelo	Luvisoles y Cambisoles derivados de rocas andesíticas, profundos muy rocosos y pedregosos. 0-20 cm. El pH es 4.95; % de materia orgánica 10.76; color en seco café amarillento (10YR 5/4) y en húmedo café amarillento oscuro (10YR 3/4). 0-40 cm. El pH es 5.51; % de materia orgánica 1.68; color en seco café (7.5YR 5/4) y en húmedo café fuerte (7.5YR 4/6). Se observa ligera erosión hídrica en canalillos.
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Bosque de pino-encino, con una densidad promedio del 30 %. La especie dominante el <i>Pinus ocarpa</i> con una altura promedio de 22 m. La cobertura por especie es de 65 % de pino y 35 % de encino. El estrato arbustivo tiene un 20 % de cobertura y esta conformado en su mayoría por helechos y el estrato herbáceo esta conformado por pastizal y tiene una cobertura del 60 %. Además el suelo cuenta con una cubierta de mantillo el cual lo protege de la erosión. El uso de la tierra es forestal y recreativo escénico.
Fauna	Dragoncito o escorpión (<i>Gorhonotus sp</i>), cua (<i>Tragon elegans</i> o <i>Tragon mexicanus</i>), tigrillo real (<i>Pheucticus chryssepeplus</i>), halcón cola roja (<i>Butea jamaicensis</i>).
Observaciones	Una parte de esta faceta esta dentro de la reserva estatal Monte Alto, en donde se realizan diversas actividades como la caminata, bicicleta de montaña, paseo en motocicleta y cuatrimotor. Hay una estructura llamada la torre en donde se tiene un mirador y una plataforma para lanzarse en parapente.
Faceta	VB-2
Localización (UTM)	384178 – 2120577
Altitud (msnm)	2050
Forma	Ladera escarpada con pendiente convexa del 40 %
Geología	Brecha volcánica andesítica
Hidrología	Existen corrientes superficiales intermitentes. El drenaje superficial es rápido.
Suelo	Luvisoles, profundos. 0-20 cm. El pH es 5.42; % de materia orgánica 4.37; color en seco amarillo rojizo (7.5YR 6/6) y en húmedo café oscuro (7.5YR 4 6) 20-40 cm. El pH es 5.43; % de materia orgánica 5.04; color en seco amarillo rojizo (7.5YR 6/6) y en húmedo café fuerte (7.5YR 5 8). Presenta erosión en pequeñas cárcavas. Existen obras de restauración y conservación de suelos como aplicación de arroyo, retenes de estacas y costales rellenos de tierra que sirven como pequeñas represas para control de azolves.
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Bosque de Pino (<i>Pinus errerae</i>), con una cobertura del 80 % y una altura promedio de 28 metros. El estrato herbáceo esta compuesto principalmente por helechos con una cobertura del 25 %. Existe una capa de ocochal de 2 cm la cual cubre el 100 % del suelo. El uso de la tierra es forestal, recreativo escénico y residencial.
Fauna	Dragoncito o escorpión (<i>Gorhonotus sp</i>), cua (<i>Tragon elegans</i> o <i>Tragon mexicanus</i>), tigrillo real (<i>Pheucticus chryssepeplus</i>), halcón cola roja (<i>Butea jamaicensis</i>).
Observaciones	Una parte de la Faceta está ocupada por zonas residenciales, principalmente en las faldas de los cerros. Esta zona tiene una gran tendencia hacia la urbanización.

4.1.2. Sistema Terrestre Acatitlán (AT)

Clima: Subhúmedo seco y subhúmedo húmedo

Geología: Deposito de ceniza volcánica de composición intermedia

Paisaje: Planicies deposicionales con pendiente general menor del 30 % (Figura 10).

Hidrología: Corrientes permanentes y temporales

Suelos: Luvisoles y Andosoles, profundos, de textura media.

Vegetación: Relictos de bosque de pino-encino. La vegetación original fue eliminada por la invasión urbana y la agricultura

Uso actual: Urbano residencial y agrícola de temporal y riego. Cultivos principales: maíz, avena, chicharo y haba.

Altitud: 1800 a 2120 metros sobre el nivel del mar

Área: 874.9 ha (10.4% del total de la cuenca).

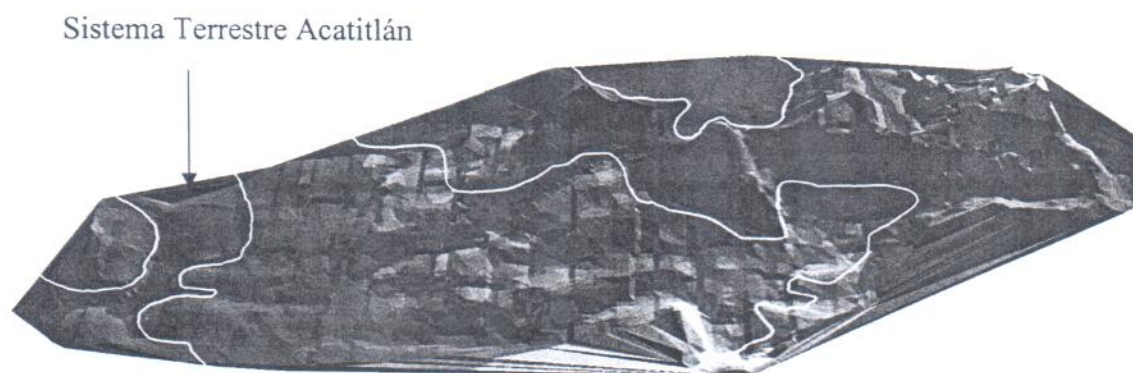


Figura 10. Localización dentro de la cuenca del Sistema Terrestre Acatitlán.

Cuadro 4. Descripción de las Facetas del Sistema Terrestre Acatitlán (AT)

Faceta	AT-1
Localización del punto de muestreo (UTM)	382826 – 2119629
Altitud (msnm)	1897
Forma	Cañada regular con pendiente del 30 %
Hidrología	Existe una corriente superficial perenne, con agua de calidad regular a mala, ya que existen descargas de drenaje de casas. La pendiente de las laderas del cauce es del 5 %.
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Relictos de bosque de pino-encino. El uso de la tierra es predominantemente urbano-residencial con áreas agrícolas.
Observaciones	La faceta esta altamente urbanizada no pudiéndose profundizar en la toma de datos.
Faceta	AT-2
Localización del punto de muestreo (UTM)	383214 – 2119922
Altitud (msnm)	2047
Forma	Declive convexo con 25 % de pendiente
Suelo	Luvisol crómico, profundo
Cobertura vegetal y	Relicto de bosque de pino-encino. <i>Pinus errera</i> con una altura promedio de 30

uso de la tierra	m. El uso de la tierra es predominantemente urbano-residencial
Observaciones	Esta zona esta completamente urbanizada, solo se encontraron vestigios de la vegetación natural y los suelos se reconocieron en las áreas que son de uso recreativo. No se profundizo en la toma de datos.
Faceta	AT-3
Localización (UTM)	384843 – 2118921
Altitud (msnm)	2048
Forma	Declive regular con 22 % de pendiente
Suelo	Luvisol, profundo, de textura media. 0-20 cm. El pH es 5.3; % M. O. 7.4; color en seco rojo amarillento (5YR 5/6) y en húmedo rojo amarillento (5YR 4/6). 20-40 cm. El pH es 5.2; % M. O. 6.3; color en seco rojo amarillento (5YR 5/6) y en húmedo rojo amarillento (5YR 4/6).
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Bosque de pino-encino con una cobertura del 45 % y una altura promedio de 30 m. Las especies encontradas son <i>Pinus erreray</i> y <i>Quercus seytophylla</i> liebm y <i>Quercus candicans</i> Née. El uso de la tierra es forestal.
Observaciones	Esta faceta es muy susceptible al cambio de uso del suelo de forestal a agrícola ya que se están comenzando a abrir pequeñas áreas a la agricultura.
Faceta	AT-4
Localización (UTM)	384209 – 2120546
Altitud (msnm)	2024
Forma	Planicie ligeramente ondulada con pendiente menor al 5 %
Geología	Cenizas volcánicas de composición intermedia
Hidrología	Existe una corriente superficial con agua de buena calidad a simple vista, presenta vegetación ribereña de fresno y sauce. No existen obras sobre el cauce.
Suelo	Luvisol crómico, profundo de textura media 0-20 cm. El pH es 4.6; M. O. 6.7 %; color en seco café amarillento (10YR 5/4) y café oscuro (7.5YR 3/4) en húmedo. 0-40 cm. El pH es 4.7; % M.O. 5.04 %; color en seco café amarillento (10YR 5/6) y café amarillento oscuro (10YR 3/4) en húmedo.
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Un 85 % del área es agrícola, de los cuales 60 % es agrícola de temporal aproximadamente 20 % es de riego y 5 % de zonas de agostadero. En el 15 % restante el uso del suelo pasó de agrícola a fincas de descanso con pasto cultivado.
Observaciones	Gran parte de esta zona esta formada por ranchos particulares en los cuales fue difícil conseguir permiso para llegar a otros sitios que se encontraban dentro de la faceta.
Faceta	AT-5
Localización del punto de muestreo (UTM)	384356 – 2120026
Altitud (msnm)	2110
Forma	Ladera regular con 20 a 25 % de pendiente
Hidrología	Corriente temporales que escurren en pequeños surcos
Suelo	Andosol, profundo de textura media
Cobertura vegetal y uso de la tierra	El uso de la tierra es agrícola de temporal en su mayoría y una pequeña parte de riego (maíz, avena, haba, chicharo). Se encontraron algunos vestigios de bosque de pino-encino.
Faceta	AT-6
Localización del punto de muestreo (UTM)	385198 – 2121820
Altitud (msnm)	2121
Forma	Planicie ligeramente cóncava con pendiente del 6 %
Hidrología	Corrientes superficiales temporales
Suelo	Andosoles, profundos de textura media.
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Agricultura de temporal en su mayoría y una pequeña parte de riego.

uso de la tierra	Principalmente maíz y chicharo.
Observaciones	Dentro de esta faceta se encuentra el poblado de Acatitlán.
Faceta	AT-7
Localización del punto de muestreo (UTM)	384563 – 2122504
Altitud (msnm)	2021
Forma	Lomerío suave con pendientes de 19 %
Hidrología	Pequeñas corrientes temporales
Suelo	Andosoles, profundos de textura media
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Agricultura de temporal en su mayoría y una pequeña parte de riego. Cultivo principal es maíz y algunos pastizales.
Faceta	AT-8
Localización del punto de muestreo (UTM)	384574 – 2122500
Altitud (msnm)	2019
Forma	Planicie regular con 12 % de pendiente
Hidrología	Pequeñas corrientes temporales
Suelo	Andosoles, profundos de textura media. 0-20 cm. El pH es 5.05; % de M.O. 11.7 %; color en seco café amarillento oscuro (10YR 4/4) y café muy oscuro en húmedo (10YR 2/2). 20-40 cm, El pH es 5.5; % de M.O. 7.7; color en seco café amarillento (10YR 5/4) y café amarillento oscuro (10YR 3/4) en húmedo.
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Principalmente cultivos de maíz. Agricultura de temporal y algunos pastizales. El uso de la tierra es agrícola.

4.1.3. Sistema Terrestre San Simón El Alto (SS)

Clima: Subhúmedo húmedo, Húmedo 1 y Húmedo 2

Geología: Material ígneo del cuaternario de naturaleza básica y conos cineríticos de naturaleza basáltica.

Paisaje: Sierra compleja con valle inter montano (Figura 11).

Hidrología: Es una zona de recarga hídrica en la que existen una gran cantidad de manantiales que abastecen la mayor parte del agua potable de la población en las zonas urbanas de Valle de Bravo.

Suelos: Andosoles y Luvisoles, profundos, de textura media.

Vegetación: Bosque de pino-encino y agricultura de temporal y riego. Las especies de pino presentes son *Pinus erreray*, *Pinus pseudostrobus* Lindl y *Pinus montezumae* Lamb. De encinos *Quercus laurina* Humb et Bonpl, *Quercus candicans* Née y *Quercus crassipes* Humb et Bonpl.

Uso actual: Forestal y agrícola

Altitud: 2050 a 2670 metros sobre el nivel del mar.

Área: 3468.5 ha (41.2% del total de la cuenca).

Sistema Terrestre San Simón El Alto

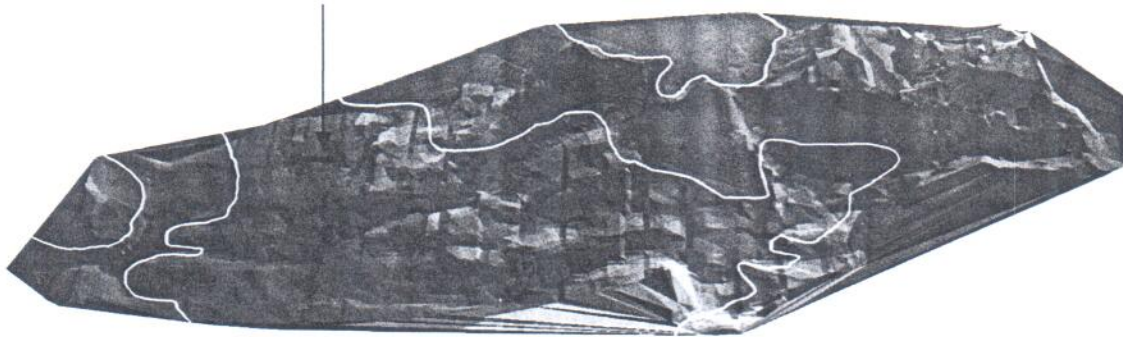


Figura 11. Localización dentro de la cuenca del Sistema Terrestre San Simón El Alto.

Cuadro 5. Descripción de las Facetas del Sistema Terrestre San Simón El Alto (SS)

Faceta	SS-1
Loc. sitio de muestreo (UTM)	384820 – 2120100
Altitud (msnm)	2042
Forma	Ladera regular con 32 % de pendiente
Hidrología	Corrientes torrenciales temporales que siguen las líneas de fractura
Suelo	Andosoles, profundos, de textura media
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Bosque de pino-encino con una cobertura del estrato arbóreo del 40 % y una altura promedio de 30 y 20 metros respectivamente. Las especies de pino presentes son <i>Pinus erreray</i> y el <i>Pinus leiophylla</i> , de encino <i>Quercus scytophylla</i> . El uso de la tierra es forestal.
Faceta	SS-2
Loc. sitio de muestreo (UTM)	385562 – 2120040
Altitud (msnm)	2055
Forma	Ladera regular con 35 % de pendiente
Geología	Cono cinerítico con derrames basálticos
Hidrología	Corrientes superficiales perennes
Suelo	Andosoles, profundos de textura media
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Bosque de pino-encino con una cobertura del 55 % y una altura promedio de 31 m. Las especies de pino presente son <i>Pinus erreray</i> y <i>Pinus leiophylla</i> , de encino <i>Quercus scytophylla</i> . El uso de la tierra es forestal y se están comenzando a abrir pequeñas áreas a la agricultura.
Observaciones	Esta faceta es muy susceptible al cambio del uso del suelo ya que la frontera agrícola esta comenzando a ejercer presión sobre ella, además el bosque presenta un disturbio aparente debido a la cercanía de la zona urbana.
Faceta	SS-3
Loc. (UTM)	386741 – 2120499
Altitud (msnm)	2140
Forma	Planicie regular con pendiente menor del 5 %
Hidrología	Ninguna corriente superficial en forma intermitente o perenne
Suelo	Luvisoles, profundos de textura media. 0-20 cm. El pH es 5.05; % de M.O. 9.08; color en seco café amarillento (10YR 5/8) y

	café amarillento oscuro en húmedo (10YR 3/4). 20-40 cm. El pH es 5.3; % de M.O. 8.7; color en seco café amarillento en seco y café amarillento en húmedo.
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Agricultura de riego y temporal. Cultivos principales: maíz, avena y chicharo
Faceta	SS-4
Loc. (UTM)	388695 – 2118648
Altitud (msnm)	2117
Forma	Ladera ligera, regular y en algunas partes mixta con pendiente menor al 18 %
Hidrología	Ninguna corriente superficial en forma intermitente o perenne
Suelo	Andosoles, profundos, de textura media 0-20 cm. El pH es 5.25; % de M.O. 4.03; color en seco café amarillento (10 YR 5/6) y café amarillento oscuro (10 YR 3/4) en húmedo.
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Agricultura de riego y temporal. Encontramos cultivos como maíz y avena.
Observaciones	Un pequeño campo de golf en la faceta.
Faceta	SS-5
Loc. (UTM)	389071 – 2119304
Altitud (msnm)	2206
Forma	Lomerío ligero con pendiente cóncava de 20 %
Geología	Cenizas volcánicas de naturaleza básica
Hidrología	Corrientes torrenciales temporales
Suelo	Andosoles, suelos profundos de textura media 0-20 cm. El pH es 5.05; % de M.O. 9.08; color en seco café amarillento (10YR 5/8) y café amarillento oscuro en húmedo (10YR 3/4) 20-40 cm. El pH es 5.3; y 8.7 % de M. O; color en seco café amarillento (10YR 5/8) y café amarillento oscuro (10YR 3/4) en húmedo. Presentan erosión en canalillos.
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Agricultura de riego y temporal. Principales cultivos: maíz y avena.
Faceta	SS-6
Loc. (UTM)	386101 – 2121796
Altitud (msnm)	2122
Forma	Ladera regular ligeramente pronunciada con una pendiente del 30%
Hidrología	Corrientes temporales
Suelo	Andosoles. Suelos profundos (> a 1 m) y textura media.
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Bosque de pino-encino, con una cobertura del dosel superior (pino) del 60 % y el dosel medio (encino) del 65 %, el estrato arbustivo tiene una cobertura cercana al 100 %, la cobertura herbácea es del 60 % y existe una densa capa de ocochal cubriendo el suelo. El uso del suelo es forestal. En esta faceta no se observaron aprovechamientos forestales.
Faceta	SS-7
Loc. del punto del muestreo (UTM)	386101 – 2121928
Altitud (msnm)	2103
Forma	Ladera regular ligeramente pronunciada con una pendiente del 28%
Hidrología	Corrientes torrenciales temporales
Suelo	Andosoles, profundos, de textura media 0-20 cm. El pH es 5.7; 5.8 % de M. O.; color en seco café rojizo (5YR 4/4) y café rojizo oscuro (5YR 3/4) en húmedo. 20-40 cm. El pH es 5.69; 4.03 % de M. O.; color en seco café rojizo (5YR 4/4) y café rojizo oscuro (5YR 3/4) en húmedo.
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Bosque de pino-encino, con una cobertura del dosel superior (<i>Pinus montezumae</i> Lamb) del 40 % y una altura promedio de 32 metros. Los encinos (<i>Quercus crassipes</i> Humb <i>et</i> Bonpl.) tienen una cobertura del 60 %, mientras que el estrato arbustivo

	cubre un 90 %, también existe una densa capa de ocochal que cubre todo el suelo. El uso de la tierra es forestal.
Observaciones	Aprovechamientos maderables en pequeña escala, se encontraron indicios del arrastre de la madera, además de los tocones y residuos de árboles.
Faceta	SS-8
Loc. (UTM)	390092 – 2119401
Altitud (msnm)	2320
Forma	Ladera pronunciada ligeramente convexa con una pendiente del 50%.
Hidrología	Corrientes torrenciales temporales
Suelo	Andosoles, profundos, de textura media
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Bosque de encino-pino, el pino con una cobertura del 30 % y el encino del 40 %, el estrato arbustivo con 40 % de cobertura y el herbáceo del 90 %. El uso del suelo es forestal
Observaciones	Áreas con explotación forestal inmoderada
Faceta	SS-9
Loc. (UTM)	385779 – 2112079
Altitud (msnm)	2034
Forma	Planicie ligeramente ondulada con una pendiente del 6 %.
Hidrología	Existe una corriente superficial perenne
Suelo	Luvisol, suelos profundos 0-20 cm. El pH es 5.6; 7.7 % de M. O.; color en seco café amarillento (10YR 5/6) y en húmedo café amarillento oscuro (10 YR 3/4). 20-40 cm. El pH es 5.8; 5.04 % de M. O.; color en seco café amarillento (10YR 5/4) y en húmedo café amarillento oscuro (10YR 3/4).
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Agricultura de temporal y riego, cultivos principales: avena, haba, chicharo y maíz.
Faceta	SS-10
Loc. (UTM)	386735 – 2120498
Altitud (msnm)	2137
Forma	Ladera cóncava con 35 % de pendiente
Hidrología	Corrientes temporales y grandes corrientes perennes que cruzan toda la faceta.
Suelo	Andosoles, suelos profundos, de textura media 0-20 cm. El pH es 5.5; 10.4 % de M. O.; color en húmedo café firme (7.5YR 5/6). 20-40 cm. El pH es 5.6; 11.1 % de M. O.; color en seco amarillo rojizo (7.5YR 6/6) y en húmedo café oscuro (7.5 YR 3/4).
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Bosque de pino-encino, con una cobertura del 60 del estrato arbóreo (<i>Pinus pseudostrabus</i> Lindl, <i>Pinus montezumae</i> Lamb, con una altura promedio de 32 metros y <i>Quercus crassipes</i> Humb et Bonpl. con una altura promedio de 18 metros), el estrato arbustivo tiene una cobertura del 70 %. Existe una capa gruesa de ocochal. Uso forestal.
Observaciones	Esta faceta por su características particulares es muy susceptible a la erosión hídrica por tener fuerte pendiente, suelo fácilmente erosionable si no tiene cubierta vegetal adecuada y por alimentar una corriente superficial perenne importante. Se considero la faceta como prioritaria y se recomienda establecerla como área protegida.
Faceta	SS-11
Loc. (UTM)	387146 – 2122503
Altitud (msnm)	2251
Forma	Ladera cóncava con 18 % de pendiente
Hidrología	Corrientes temporales, el agua escurre en pequeños canalillos
Suelo	Andosoles, suelos profundos, de textura media 0-20 cm. El pH es 5.9; 11.3 % de materia orgánica; color en seco café amarillento (10YR 5 4) y en húmedo café muy oscuro (10YR 2/2). 20-40 cm. El pH es 5.7; 7.7 % de M. O.; color en seco café amarillento (10YR 5/4) y en húmedo café muy oscuro (10YR 2/2).
Cobertura vegetal	El uso de la tierra es principalmente agrícola de temporal y algunas zonas con

y uso de la tierra	agricultura de riego. Existen áreas sembradas con magueyes (<i>Agave spp</i>) para la producción de pulque.
Faceta	SS-12
Loc. (UTM)	387886 – 2122393
Altitud (msnm)	2244
Forma	Planicie ligeramente cóncava con una pendiente del 5 %
Geología	Cenizas volcánicas de naturaleza básica y algunos derrames basálticos
Hidrología	Corriente superficial permanente en la parte baja de la faceta
Suelo	Andosoles, profundos, pedregosos y con muy poca rocosidad (se encuentra expuesto menos del % de la superficie a rocas) y textura media. 0 a 20 cm. El pH es 5.1; 6.7 % de M. O.; color en seco café amarillento oscuro (10YR 4/4) y en húmedo café muy oscuro (10YR 2/2). 20 a 40 cm. El pH es 5.3; 4.03 % de M. O.; color en seco café amarillento (10YR 5/6) y en húmedo café amarillento oscuro (10YR 3/6).
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Agricultura de temporal. Fundamentalmente cultivos de maíz. En la ribera del río se encuentran encinos.
Faceta	SS-13
Loc.(UTM)	387906 – 2122291 y 387886 – 2122367
Altitud (msnm)	2218
Forma	Planicie ligeramente convexa con pendiente regular del 8 %
Geología	Deposito de ceniza volcánica de composición intermedia y básica
Hidrología	Corriente superficial permanente de buena calidad
Suelo	Andosoles, profundos, nula pedregosidad y rocosidad, de textura media. 0 a 20 cm. El pH es 5.4; 10.0 % de M. O.; color en seco café oscuro (10YR 4/3) y en húmedo café muy oscuro (10YR 2/2). 20 a 40 cm. El pH es 5.7; 9.5 % de M. O.; color en seco café amarillento (10YR 5/4) y en húmedo café oscuro (10YR 3/3).
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Agricultura de riego con cultivos de maíz, hebo, avena, haba, trébol. El uso de la tierra es agrícola y pecuario extensivo.
Faceta	SS-14
Loc. (UTM)	389401 – 2119118
Altitud (msnm)	2223
Cobertura vegetal y uso de la tierra	La faceta esta dominada por un campo de golf
Faceta	SS-15
Loc. punto de muestreo (UTM)	387636 – 2122487
Altitud (msnm)	2195
Forma	Ladera regular con 15 % de pendiente
Geología	Cenizas volcánicas básicas y derrames basálticos con algunos conos cineríticos
Hidrología	Corrientes torrenciales temporales
Suelo	Andosoles, profundos, de textura media. 0 a 20 cm. El pH es 5.6; 7.7 % de M. O.; color en seco café amarillento (10YR 5/4) y en húmedo café amarillento oscuro (10YR 3/4). 20 a 40 cm. El pH es 5.6; 4.7 % de M. O.; color en seco amarillo cafeseoso (10YR 6/6) y en húmedo café amarillento oscuro (10YR 3/6).
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Bosque de pino-encino. Los pinos (<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl y <i>Pinus montezumae</i> Lamb) tienen una altura aproximada de 35 m y cobertura del 40 %, los encinos (<i>Quercus sp</i>) tienen una altura promedio de 28 metros y una cobertura del 25 %. El uso de la tierra es forestal.
Observaciones	Hay aprovechamientos forestales
Faceta	SS-16
Loc. (UTM)	387700 – 2121542
Altitud (msnm)	2217
Forma	Planicie con pendiente convexa-regular del 5 %

Geología	Deposito de ceniza volcánica de composición intermedia y básica
Hidrología	Corriente superficial permanente de buena calidad, también existe un manantial.
Suelo	Andosoles, profundos y de textura media. 0 a 20 cm. El pH es 5.6; 2.3 % de M. O.; color en seco amarillo cafeseoso (10YR 6/6) y en húmedo café amarillento oscuro (10YR 3/6). 20 a 40 cm. El pH es 5.6; 2.7 % de M. O.; color en seco café amarillento (10YR 5/6) y en húmedo café amarillento oscuro (10YR 3/6).
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Agricultura de temporal y riego, cultivos principales: maíz, avena y chicharo. El uso de la tierra es agrícola.
Faceta	SS-17
Loc. (UTM)	390270 – 2119468
Altitud (msnm)	2233
Forma	Lomerío suave con pendiente del 12 al 30 %
Geología	Cenizas volcánicas de composición intermedia y básica
Hidrología	No existen corrientes superficiales perennes, el agua escurre en forma de corrientes efímeras por surcos y pequeñas cárcavas.
Suelo	Cambisoles, profundos, de textura media. 0 a 20 cm. El pH es 5.2; 8.4 % de M. O.; color en seco café amarillento (10YR 5/4) y en húmedo café muy oscuro (10YR 2/2). 20 a 40 cm. El pH es 5.2; 6.7 % de M. O.; color en seco café amarillento (10YR 5/4) y en húmedo café oscuro (10YR 3/3).
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Agricultura de riego y temporal, con cultivos como haba, maíz, avena y chicharo.
Faceta	SS-18
Loc. (UTM)	390442 – 2119328
Altitud (msnm)	2257
Forma	Ladera abrupta con pendiente del 70 %
Geología	Rocas ígneas extrusivas, principalmente basaltos, del periodo Terciario y Cuaternario de la era Cenozoica.
Hidrología	Corriente superficial perenne de buena calidad. Existen varios manantiales.
Suelo	Andosoles, profundos, de textura media. 0 a 20 cm. El pH es 5.6; 20.1 % de M. O.; color en seco café amarillento oscuro (10YR 4/4) y en húmedo café muy oscuro (10YR 2/2). 20 a 40 cm. El pH es 5.5; 10.7 % de M. O.; color en seco café amarillento oscuro (10YR 4/4) y en húmedo café muy oscuro (10YR 2/2).
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Bosque Mesofilo de Montaña de pino-encino, con una cobertura del 60 %. De pino encontramos <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl, <i>Pinus montezumae</i> Lamb y <i>Pinus teocote</i> , con alturas promedio de 32 metros. En cuanto a encinos encontramos <i>Quercus crassipes</i> Humb et Bonpl y <i>Quercus macrophylla</i> con una altura promedio de 29 metros. En cuanto al estrato arbustivo encontramos principalmente tejocote (<i>Crateagus sp</i>), madroño (<i>Arbutos xalapensis</i>), mamullo, fresno, porilla y jarilla con una cobertura del 30 %. El estrato herbáceo cubre un 60 % y esta conformado por helechos, estafiate, clavel de monte, entre otros. El uso de la tierra es forestal.
Observaciones	En esta faceta se encontraron aprovechamientos forestales, los cuales no se pudo detectar si eran clandestinos. Apreciándose que estos aprovechamientos tienen un fuerte impacto sobre el terreno, ya que por las condiciones del sitio al remover la vegetación arbórea se ocasiona un fuerte deterioro que propicia una fuerte erosión hídrica, lo cual afecta no solo a la faceta sino a toda la cuenca. Esta faceta es zona de recarga hídrica en la cual existen manantiales muy importantes que abastecen de agua potable a la zona. Esta área se debe considerar como zona de protección.
Faceta	SS-19
Loc. (UTM)	393255 – 2119087
Altitud (msnm)	2465
Forma	Ladera regular con 28 % de pendiente
Hidrología	Corrientes superficiales perennes, así como varios manantiales.

Suelo	Andosoles. Suelos profundos, de textura media. 0 a 20 cm. El pH es 5.6; 20 % de M. O.; color en seco café amarillento oscuro (10YR 4/4) y en húmedo café muy oscuro (19YR 2/2). 20 a 40 cm. El pH es 5.5; 10.7 % de M. O.; color en seco café amarillento oscuro (10YR 4 4) y en húmedo café muy oscuro (19YR 2/2).
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Principalmente bosque de pino-encino y en unas pequeñas áreas pino-aile con una cobertura del 40 %, con una altura promedio de 43 metros para los pinos (<i>Pinus pseudostrobus</i> Lind) y 28 metros para el encino (<i>Quercus crassipes</i> Humb et Bonpl) y 15 m para el aile (<i>Alnus firmifolia</i>). El estrato arbustivo tiene una cobertura del 60 %. También existe una pequeña parte bosque de pino- encino. El uso de la tierra es forestal
Observaciones	Se encontraron indicios de aprovechamientos forestales, los cuales podrían causar un gran impacto degradativo, lo cual afectaría a toda la cuenca por ser zona importante de recarga de los acuíferos
Faceta	SS-20
Loc. (UTM)	393059 – 2119658
Altitud (msnm)	2450 – 2680
Forma	Planicie ondulada con pendientes menores al 5 %
Hidrología	El agua escurre en forma de corrientes efímeras por pequeños surcos en época de lluvia.
Suelo	Andosoles. Suelos profundos. 0 a 20 cm. El pH es 4.9; 15.1 % de M. O.; color en seco café pálido (10YR 6/3) y en húmedo café oscuro (10 YR 3/3). 20 a 40 cm. El pH es 5.3; 7 % de M.O.; color en seco café amarillento (10 YR 5/4) y en húmedo café amarillento oscuro (10 YR 3/4).
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Agricultura de temporal, principalmente maíz en un 96 % y el resto pastizal. El uso de la tierra es agrícola y pastoreo extensivo.
Faceta	SS-21
Loc. (UTM)	392612 – 2122049
Altitud (msnm)	2584
Forma	Planicie ondulada con pendientes del 5 al 12 %
Geología	Deposito de ceniza volcánica de composición intermedia y básica
Hidrología	Existen dos corrientes permanentes de buena calidad y varias corrientes efímeras.
Suelo	Andosoles, suelos profundos, de textura media. 0 a 20 cm. El pH es 5.3; 11.1 % de M. O.; color en seco café oscuro (7.5YR 4/3) y en húmedo café muy oscuro (10YR 2/2). 20 a 40 cm. El pH es 5.5; 9.0% de M. O.; color en seco café oscuro (7.5YR 4/3) y en Húmedo café muy oscuro (10YR 2/2).
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Agricultura de temporal, principalmente maíz y frijol. Es uso de la tierra es agrícola.
Faceta	SS-22
Loc. de puntos de muestreo (UTM)	394998 – 2119563 y 396839 – 2120384
Altitud (msnm)	2520 a 2645
Forma	Declive ligeramente ondulado con pendientes del 3 al 12%
Geología	Deposito de ceniza volcánica de composición intermedia y básica
Hidrología	Una corriente permanente y varias corrientes efímeras
Suelo	Feozem con propiedades andicas, profundos, de textura media. 0 a 20 cm. El pH es 5.3; 11.1 % de M. O.; color en seco café oscuro (7.5YR 4/3) y en húmedo café muy oscuro (10YR 2/2). 20 a 40 cm. El pH es 5.5; 9.0% de M. O.; color en seco café oscuro (7.5YR 4/3) y en húmedo café muy oscuro (10YR 2/2).
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Agricultura de temporal y riego, principalmente cultivos de maíz y avena, algunas áreas con pastizal inducido. El uso de la tierra es agrícola, ganadero extensivo y asentamientos humanos de baja densidad.

4.1.4. Sistema Terrestre El Temporal (ET)

Clima: Húmedos 3, 1, 4 y Per húmedo

Geología: Cenizas volcánicas básicas y derrames basáltitos. Varios conos cineríticos

Paisaje: Volcanes y laderas tendidas (Figura 12).

Hidrología: Corrientes superficiales permanentes y temporales que siguen las líneas de fallas

Suelos: Andosoles profundos, de textura media

Vegetación: Bosque de pino-oyamel, bosque de oyamel, agricultura de temporal y pastizal inducido. En menor proporción bosque de pino-encino, bosque de pino-aile y bosque de pino.

Uso actual: Forestal, agrícola y ganadero extensivo

Altitud: 2220 a 3300 metros sobre el nivel del mar.

Área: 3585.8 (42.6% del total de la cuenca).

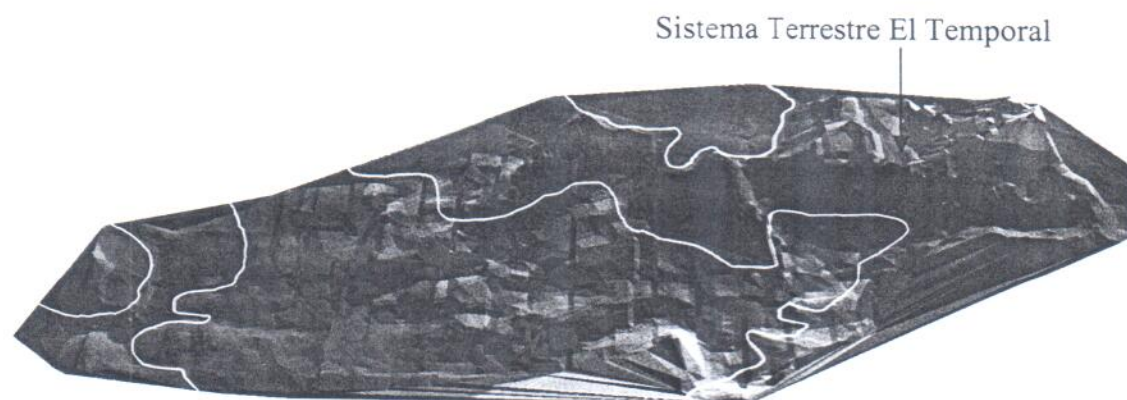


Figura 12. Localización dentro de la cuenca del Sistema Terrestre El Temporal.

Cuadro 6. Descripción de las Facetas del Sistema Terrestre El Temporal (ET)

Faceta	ET-1
Loc. del punto de muestreo (UTM)	395838 – 2118911
Altitud (msnm)	2500 a 2600
Forma	Ladera ondulada con pendiente ligeramente cóncava de 35 %
Geología	Cenizas volcánicas básicas y derrames basáltitos
Hidrología	Corriente superficial perenne
Suelo	Andosoles, profundos, de textura media. 0 a 20 cm. El pH es 5.4; 10.1% de M. O.; color en seco café amarillento oscuro (10YR 4/4) y en húmedo color café oscuro (10YR 3/3).

	20 a 40 cm. El pH es 5.4; 11.7% de M. O.; color en seco café amarillento oscuro (10YR 4/4) y en húmedo color café oscuro (10YR 3/3).
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Bosque de pino-encino, (<i>pinus pseudostrobus</i> Lind.) y (<i>Quercus sp</i>), con una cobertura promedio del 60 % del estrato arbóreo, 40 % de cobertura del estrato arbustivo y 75 % del estrato herbáceo. El uso de la tierra es forestal
Observaciones	Existen aprovechamientos de los hongos silvestres de la zona, los que son muy codiciados por los visitantes, los hongos alucinógenos tienen una gran demanda.
Faceta	ET-3
Localización (UTM).	396654 – 2119239
Altitud (msnm)	2652
Forma	Planicie con pendiente regular del 5 %
Geología	Deposito de Cenizas volcánicas de naturaleza básicas
Hidrología	No existen corrientes superficiales
Suelo	Andosoles profundos
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Principalmente cultivo de maíz, es de temporal. El uso de la tierra es agrícola
Faceta	ET-4
Localización (UTM)	397029 – 2121054
Altitud (msnm)	2700 a 2950
Forma	Ladera escarpada con pendientes que van del 20 al 40 %
Geología	Cenizas volcánicas básicas y derrames basálticos
Hidrología	Corrientes intermitentes que siguen las líneas de fractura y una corriente permanente
Suelo	Andosoles, profundos, de textura media.
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Bosque de pino-aile, con alturas promedio de 30 y 14 metros respectivamente y una cobertura del estrato arbóreo mayor al 60 %. El estrato arbustivo tiene una cobertura del 45 % y el estrato herbáceo cubre más del 60 % del suelo. El uso de la tierra es forestal.
Observaciones	En el cerro El Ídolo, han encontrado figurillas de barro, por lo que creen que es una zona arqueológica.
Faceta	ET-5
Localización (UTM)	400322 – 2120156
Altitud (msnm)	2901
Forma	Declive cóncavo, con pendiente cóncavo-convexa de 22 %
Geología	Cenizas volcánicas de naturaleza básica y derrames basálticos
Hidrología	Corriente efímeras
Suelo	Andosoles profundos, la pedregosidad es menor al 5 % y tiene muy pocas rocas. 0 a 20 cm. El pH es 5.1; 8.1% de M. O.; color en seco café amarillento (10YR 5/4) y en húmedo café amarillento oscuro (10YR 3/4). 20 a 40 cm. El pH es 5.3; 5.7% de M. O.; color en seco café amarillento (10YR 5/4) y en húmedo café amarillento oscuro (10YR 3/4).
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Bosque de pino (<i>Pinus montezumae</i> Lamb), con una altura promedio de 32 metros y una cobertura del 40 %, el estrato herbáceo es casi nulo, tiene una cobertura menor al 15 %, el estrato herbáceo esta compuesto principalmente por pasto y cubre casi el 100 %. El uso de la tierra es forestal.
Observaciones	Se tienen aprovechamientos forestales regulares
Faceta	ET-6
Localización (UTM)	400873 – 2120503
Altura (msnm)	2915
Forma	Ladera regular, con pendiente regular del 43 %
Geología	Cenizas volcánicas de naturaleza básica y derrames basálticos
Hidrología	No existe ninguna corriente superficial
Suelo	Andosol húmico de textura media
Cobertura vegetal y	Bosque de pino-oyamel y oyamel-pino. Los pinos (<i>Pinus pseudostrobus</i>

uso de la tierra	Lindl.) con alturas promedio de 32 metros y el oyamel (<i>Abies religiosa</i>) con alturas de 38 metros. El estrato arbóreo tiene una cobertura del 40 %, el estrato arbustivo ha sido casi eliminado tiene una cobertura menor del 20 % y el estrato herbáceo casi 90 %. El uso de la tierra es forestal.
Observaciones	Esta es zona de llegada de la mariposa monarca, además en esta faceta hay aprovechamientos forestales regulares.
Faceta	ET-7
Localización (UTM)	400341 – 2120114
Altitud (msnm)	2936
Forma	Planicie con pendiente regular menor del 5 %
Geología	Deposito de cenizas volcánicas
Hidrología	No existen corrientes superficiales, el agua escurre en época de lluvia en pequeños canalillos.
Suelo	Andosoles, profundos, de textura media, no presentan pedregosidad ni rocosidad. 0 a 20 cm. El pH es 4.9; 25% de M. O.; color en seco gris muy oscuro (10YR 3/1) y en húmedo color negro (10YR 2/1). 20 a 40 cm. El pH es 5.0; 24.5% de M. O.; color en seco gris muy oscuro (10YR 3 1) y en húmedo color negro (10YR 2/1).
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Pastizal inducido en un 90 %, hay una pequeña parte reforestada con oyamel. El uso de la tierra es pecuario extensivo.
Faceta	ET-8
Localización (UTM)	399015 – 2120645
Altitud (msnm)	2790 – 3040, con una altura promedio de 2915 metros
Forma	Laderas escarpadas con pendiente convexa del 55 %
Geología	Cenizas volcánicas de naturaleza básica y derrames basaltitos
Hidrología	Existen corrientes perennes e intermitentes que siguen las líneas de fractura, el agua es de buena calidad.
Suelo	Andosol, de textura media, con pedregosidad menor al 3 % y moderadamente rocosos. 0 a 20 cm. El pH es 6.3; 20.2% de M. O.; color en seco café oscuro (10YR 3/3) y en húmedo color café muy oscuro (10YR 2/2). 20 a 40 cm. El pH es 6.0; 13.4% de M. O.; color en seco café amarillento oscuro (10YR 3/4) y en húmedo color café muy oscuro (10YR 2/2).
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Bosque de pino-oyamel y oyamel-pino, con una cobertura del estrato arbóreo del 80 %, con alturas promedio de 32 metros para los pinos (<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.) y 37 metros para el oyamel (<i>Abies religiosa</i>). El estrato arbustivo tiene una cobertura del 35 % y el estrato herbáceo tiene una cobertura del 50 %. El uso de la tierra es forestal.
Observaciones	Es área de llegada de la mariposa monarca. En la cumbre del cerro El Ídolo conocida como la meseta de los ídolos se han encontrado figurillas de barro por lo que creen que es una zona arqueológica.
Faceta	ET-9
Localización (UTM)	397452 – 2122343
Altitud (msnm)	2963
Forma	Planicie ondulada con pendientes regulares menores al 8 %
Geología	Cenizas volcánicas de naturaleza básica
Hidrología	Corrientes superficiales temporales y permanentes.
Suelo	Andosoles, con textura media. Presenta erosión hídrica alta en surcos y cárcavas.
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Pastizales que cubren el 97 % de la superficie, el uso de la tierra es de pastoreo extensivo.
Faceta	ET-10
Localización (UTM)	395095 – 2122989
Altitud (msnm)	2817
Forma	Declive convexo pronunciado, con pendiente convexa del 30 %
Geología	Cenizas volcánicas de naturaleza básica y derrames basaltitos

Hidrología	Existen corrientes torrenciales temporales que siguen la línea de fractura.
Suelo	Andosoles. Suelos moderadamente profundos de textura media, con pedregosidad alta y rocosos. La erosión va de moderada a alta en surcos y cárcavas.
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Bosque de pino-aile, los pinos tienen una altura promedio de 29 metros y una cobertura del 20 % y el aile de 14 metros y una cobertura del 30 %, el estrato arbustivo tiene una cobertura del 50 % y hay una capa de pasto cubriendo toda el área. El uso de la tierra es forestal.
Observaciones	En esta área a habido fuertes aprovechamientos forestales sobre todo de pino lo que ha ocasionado problemas de erosión.
Faceta	ET-11
Localización (UTM)	394382 – 2122430
Altitud (msnm)	2795
Forma	Planicie ligeramente ondulada con pendiente regular menor al 5 %
Geología	Cenizas volcánicas de naturaleza básica depositadas en el fondo del valle
Hidrología	Existe una corriente superficial perenne de buena calidad (aunque se encontraron rastros de detergentes) y también existen varias corrientes intermitentes.
Suelo	Andosol húmico y Cambisol crómico
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Pastizal inducido en un 40 % y acuacultura 60 % de cobertura, el uso de la tierra esta siendo modificado de ganadería extensiva de ganado bovino por acuacultura (cría de trucha).
Observaciones	Se encontraron obras de desviación del cauce para utilizarlo en acuacultura, hay infraestructura para el criadero de peces y otra zona en la que se deposita el agua utilizada (zona inundada intencionalmente). Además se están construyendo más estanques.
Faceta	ET-12
Localización (UTM)	394118 – 2122855
Altitud (msnm)	2789
Forma	Planicie ligeramente ondulada con pendiente regular menor al 5 %
Geología	Deposito de cenizas volcánicas de naturaleza básica
Hidrología	No existe ninguna corriente superficial
Suelo	Andosoles, profundos y textura media. 0 a 20 cm. El pH es 5.6; 17.8% de M. O.; color en seco café oscuro (10YR 3/3) y en húmedo color negro (10YR 2/1). 20 a 40 cm. El pH es 5.6; 18.8% de M. O.; color en seco café oscuro (10YR 3/3) y en húmedo color negro (10YR 2/1).
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Agricultura de temporal principalmente maíz y pastizal inducido. El uso de la tierra es agrícola y ganadero extensivo de ganado bovino.
Faceta	ET-13
Localización (UTM)	393522 – 2123054,
Altitud (msnm)	2760
Forma	Planicie regular con pendiente menor al 5 %
Geología	Deposito de cenizas volcánicas de naturaleza básica
Hidrología	Existen una corriente superficial intermitente
Suelo	Andosoles. Suelos profundos de textura media. 0 a 20 cm. El pH es 5.3; 22.1% de M. O.; color en seco café muy oscuro (10YR 2/2) y en húmedo color negro (10YR 2/1). 20 a 40 cm. El pH es 5.1. 18.4% de M. O.; color en seco café muy oscuro (10YR 2/2) y en húmedo color negro (10YR 2/1).
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Cultivo de maíz y frijol principalmente. El uso de la tierra es agrícola de temporal.
Faceta	ET-14
Localización (UTM)	391224 – 2121449
Altitud (msnm)	2598
Forma	Declive pronunciado, con pendiente regular de 38 %
Geología	Cenizas volcánicas de naturaleza básica y derrames basálticos

Hidrología	Corriente superficial intermitente
Suelo	Andosoles
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Bosque Mesofilo de Montaña de pino-encino. El uso del suelo es forestal
Faceta	ET-15
Localización (UTM)	390131 – 2121056
Altitud (msnm)	2550
Forma	Declive ligeramente pronunciado con pendiente de 20 a 35 %
Geología	Cenizas volcánicas de naturaleza básica y derrames basálticos
Hidrología	Corrientes superficiales perennes e intermitentes
Suelo	Andosoles, profundos, de textura media. 0 a 20 cm. El pH es 5.6; 20 % de M. O.; color en seco café amarillento oscuro (10YR 4/4) y en húmedo café muy oscuro (10YR 2/2). 20 a 40 cm. El pH es 5.5; 10.7 % de M. O.; color en seco café amarillento oscuro (10YR 4/4) y en húmedo café muy oscuro (10YR 2/2).
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Bosque de pino-oyamel, con una cobertura del estrato arbóreo del 80 %, con alturas promedio de 29 metros para los pinos y 32 metros para el oyamel. El estrato arbustivo tiene una cobertura del 40 % y el estrato herbáceo tiene una cobertura del 55 %. El uso de la tierra es forestal.
Faceta	ET-16
Altitud (msnm)	2540
Forma	Planicie ligeramente ondulada con pendiente del 5 al 8 %
Geología	Deposito de cenizas volcánicas de naturaleza básica
Hidrología	No existe una corriente superficiales
Suelo	Andosoles. Suelos profundos, de textura media.
Cobertura vegetal y uso del suelo	Agricultura de temporal. El uso de la tierra es agrícola.
Faceta	ET-17
Localización (UTM)	388768 – 2121689
Altitud (msnm)	2342
Forma	Ladera uniforme con pendiente regular de 35 %
Geología	Cenizas volcánicas de naturaleza básica y derrames basálticos
Hidrología	Corrientes intermitentes
Suelo	Andosoles. Suelos profundos, presentan textura media, rocosidad nula y moderadamente pedregoso. Existe erosión en pequeñas cárcavas.
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Bosque de pino-encino, con una cobertura del 60 % y alturas promedio de 35 metros para los pinos (<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl y <i>Pinus montezumae</i> Lamb) y 25 metros para los encinos (<i>Quercus crassipes</i> Humb et Bonpl), los arbustos con una cobertura del 45 %, las herbáceas un 60 % de cobertura y existe una densa capa de ocochal. El uso de la tierra es forestal.
Observaciones	Existen indicios de aprovechamientos forestales recientes

4.1.5. Sistema Terrestre Capilla Vieja (CV)

Clima: Húmedo 3

Geología: Deposito de ceniza volcánica de composición básica e intermedia

Paisaje: Planicies deposicionales con pendiente general menor del 5 % (Figura 13)

Hidrología: Corrientes torrenciales temporales

Suelos: Andosoles, profundos, de textura media, en algunas zonas suelos muy rocosos y pedregosos.

Vegetación: Pastizal inducido

Uso actual: Ganadero semi-intensivo

Altitud: 2800 metros sobre el nivel del mar

Área: 203.8 ha (2.4% del total de la cuenca).

Cuadro 7. Descripción de las Facetas del Sistema Terrestre Capilla Vieja (CV)

Faceta	CV-1
Localización (UTM)	395516 – 2123062
Altitud (msnm)	2804
Forma	Planicie ondulada con pendiente mixta cóncavo-convexa menor al 5 %
Geología	Depósitos aluviales de cenizas volcánicas de naturaleza intermedia y básica
Hidrología	Corrientes superficiales perennes e intermitentes. Se anega en época de lluvias.
Suelo	Andosoles, profundos de textura media. 0 a 20 cm. El pH es 4.7; 28.2% de M. O.; color en seco café grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) y en húmedo color negro (10YR 2/1). 20 a 40 cm. El pH es 5.1; 19.1% de M. O.; color en seco café oscuro (7.5YR 4/2) y en húmedo color negro (10YR 2/1).
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Pastizal inducido. El uso de la tierra ganadero extensivo de ganado ovino y bovino en la época seca.
Faceta	CV-2
Localización (UTM)	395011 – 2124088
Altitud (msnm)	2750-2900
Forma	Lomerío, de 15 a 30% de pendiente
Geología	Derrames basálticos y cenizas volcánicas básicas
Drenaje superficial	No existe ninguna corriente superficial
Suelo	Andosoles, de textura media, con pedregosidad menor al 3 % y moderadamente rocosos. 0 a 20 cm. El pH es 6.3; 20.2% de M. O.; color en seco café oscuro (10YR 3/3) y en húmedo color café muy oscuro (10YR 2/2). 20 a 40 cm. El pH es 6.0; 13.4% de M. O.; color en seco café amarillento oscuro (10YR 3/4) y en húmedo color café muy oscuro (10YR 2/2).
Cobertura vegetal y uso de la tierra	Bosque de pino-oyamel, con una cobertura del estrato arbóreo del 50 %, con alturas promedio de 32 metros para los pinos (<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.) y 37 metros para el oyamel (<i>Abies religiosa</i>). El estrato arbustivo tiene una cobertura del 35 % y el estrato herbáceo tiene una cobertura del 50 %. El uso de la tierra es forestal.

Dentro del Sistema Terrestre Valle de Bravo, una parte de la Faceta VB-1 esta dentro de la reserva estatal Monte Alto, en donde se realizan actividades como la caminata, bicicleta de montaña, paseo en motocicleta y existe un mirador y una plataforma para lanzarse en parapente. En este lugar no existe personal que regule la entrada de visitantes

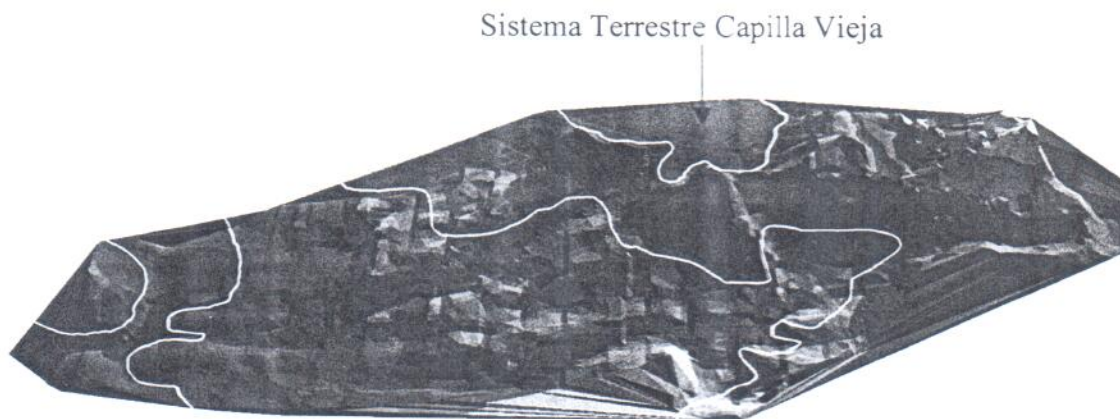


Figura 13. Localización dentro de la cuenca del Sistema Terrestre Capilla Vieja.

y que vigile las actividades que se llevan a cabo dentro de la reserva. La Faceta VB-2 se encuentra en las faldas de los cerros que conforman la zona de amortiguamiento de la reserva y está sujeta a ocupaciones irregulares en la que la urbanización esta avanzando rápidamente. Por lo anterior, al Sistema Terrestre Valle de Bravo se le de considerar como zona de atención prioritaria en donde se requiere una rehabilitación y un mejor manejo de la reserva estatal Monte Alto, así como mayor control de las zonas de amortiguamiento controlando los asentamientos humanos.

En el Sistema Terrestre Acatitlán, se encuentran las zonas de mayor presión demográfica (Facetas AT-1 y AT-2) las cuales se encuentran altamente urbanizadas, por lo que se deben de crear planes de manejo orientados a conservar el ambiente (sistema de drenaje central y plantas de tratamiento, reestablecimiento de vegetación en cañadas). En este Sistema Terrestre también se encuentran las mayores áreas agrícolas de la cuenca en las cuales la mayoría presentan algún grado erosión, debido a la susceptibilidad de los suelos a erosionarse y la falta de prácticas de conservación de suelos.

Todo el Sistema Terrestre San Simón El Alto se considera como zona de recarga hídrica, en donde se encuentran la mayoría de manantiales que abastecen de agua el sistema de

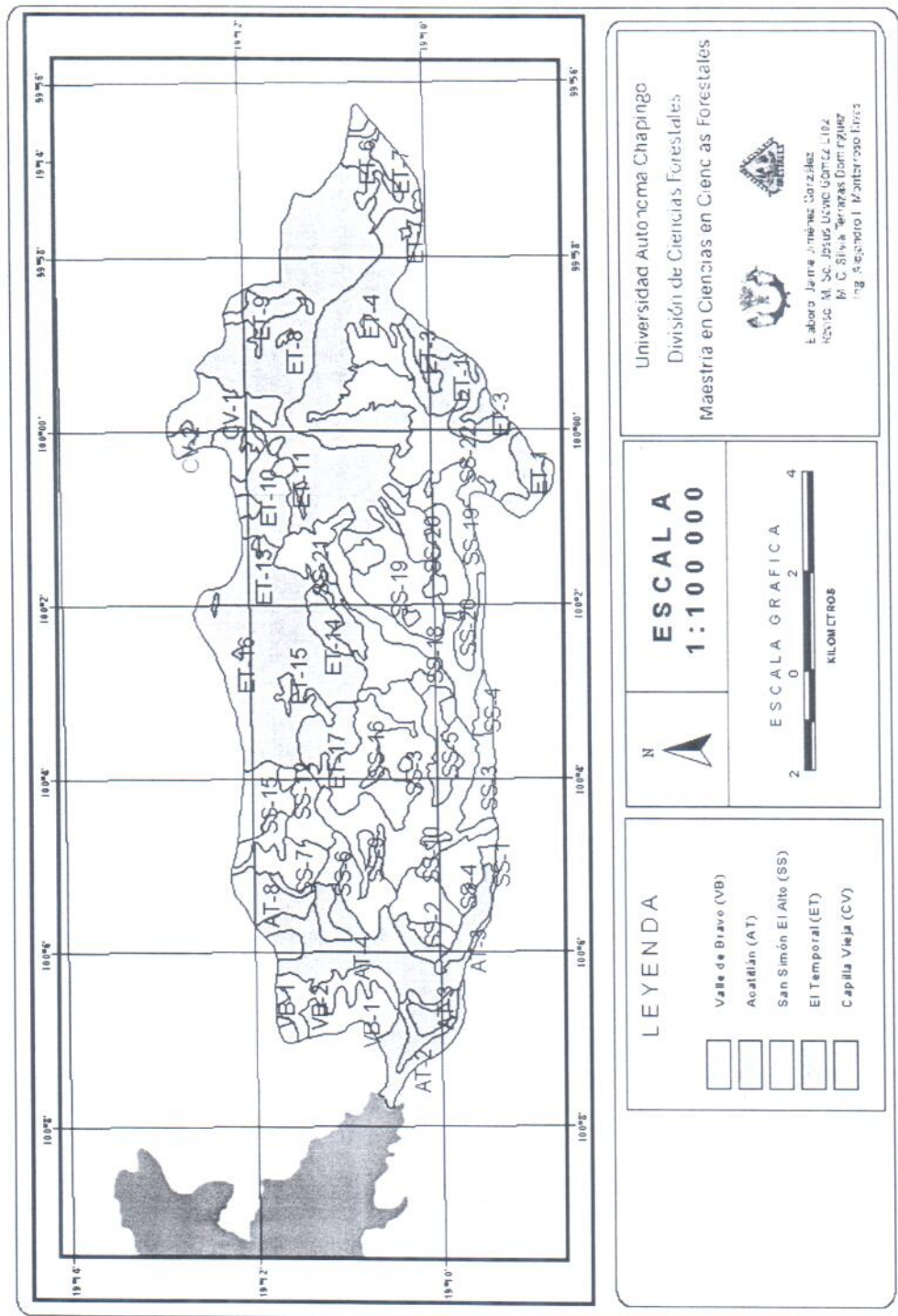


Figura 14. Mapa de regionalización a través de la metodología del Levantamiento Fisiográfico de la Cuenca del Río Los Hoyos, Valle de Bravo, Estado de México.

arroyos que conforman la red hídrica de la Cuenca de Valle de Bravo, así como bosques de alta calidad y alto valor escénico. En este Sistema Terrestre encontramos serios problemas de tala clandestina, sobreutilización de los recursos naturales debidos a los cambios de uso de suelo de forestal a agrícola, lo que ocasiona graves problemas de erosión, asolve de la presa y deterioro de las áreas de recarga de acuíferos.

En las Facetas SS-16 y SS-18 se encontraron aprovechamientos forestales, los cuales no se pudo detectar si eran clandestinos. Estos aprovechamientos tendrán un fuerte impacto sobre las condiciones de las cuencas, ya que por las condiciones del sitio (fuertes pendientes y suelos fácilmente erosionables) y por el método de extracción que se utiliza (método de arrastre por cable) se propicia una fuerte erosión hídrica. Por lo anterior, estas Facetas se deben considerar como zona de protección.

En este Sistema Terrestre existen grandes áreas en donde se practica la agricultura en pendientes pronunciadas en las cuales no se aplican practicas de conservación de suelos lo que provoca la perdida de suelo y fuertes problemas para la cuenca, por lo que es indispensable que se pongan en marcha programas que promuevan la generalización de prácticas de conservación del suelo.

El Sistema Terrestre El Temporal es el más conservado ya que en su mayoría el uso de la tierra es forestal, aunque en todas las áreas boscosas se encontró tala clandestina. Este Sistema Terrestre es zona de recarga hídrica, además existen bosques de alta calidad y alto valor escénico, en los cuales existen sitios de llegada de la mariposa monarca (Facetas TE-4, TE-6, TE-8), además de acuerdo a comentarios de los pobladores de la zona existe una zona arqueológica en el cerro el Ídolo.

En el Sistema Terrestre Capilla Vieja el uso de la tierra es pecuario y en época de lluvias la mayor parte del Sistema se anega.

El Levantamiento Fisiográfico fue una herramienta muy útil en esta investigación ya que por el tipo de escala que se trabajo (1: 37 500) y por la importancia de la cuenca dados

los bienes y servicios ambientales que proporciona no solo al municipio sino al área metropolitana de la Ciudad de México, es necesario detallar la caracterización de las unidades de paisaje (facetas) con la finalidad de realizar un diagnóstico más completo y detallado para identificar problemas y proponer acciones y estrategias adecuadas en la prevención del deterioro de los recursos y que sean factibles de llevar a cabo.

4.2. Índice de uso del suelo

En el mapa resultante de la comparación del mapa de uso actual del suelo obtenido con el Levantamiento Fisiográfico (Figura 14) y el de uso potencial generado por el INEGI (1978) (Figura 15) se valora la coincidencia de el uso actual con la vocación descrita en el uso potencial (Figura 16).

Las categorías determinadas son:

- 1) Uso adecuado, cuando coincide el uso actual con uso potencial.
- 2) Sobreutilizado. cuando se sobrepasa la capacidad de uso, es decir, cuando el uso actual del suelo sobrepasa el uso potencial de este, ocasionando un impacto degradativo severo en los recursos naturales (p. e. Uso potencial forestal o vida silvestre y el uso actual agrícola).
- 3) Subutilizado, cuando se le da un uso de suelo actual que subestima su capacidad o su uso potencial (p. e. Uso potencial pecuario y el uso actual forestal).

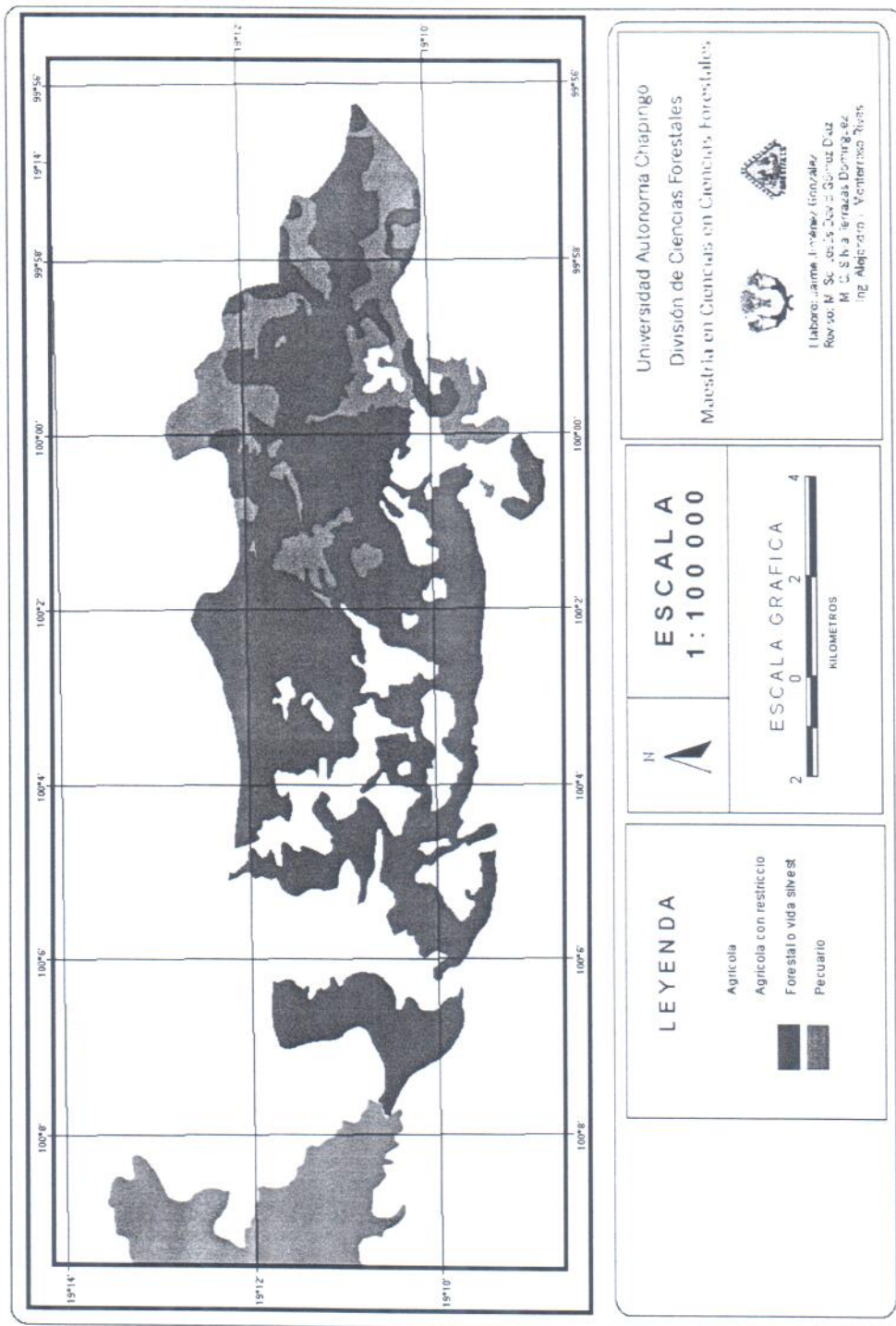


Figura 15. Uso potencial de la cuenca del Río Los Hoyos, Valle de Bravo, Estado de México (INEGI, 1978).

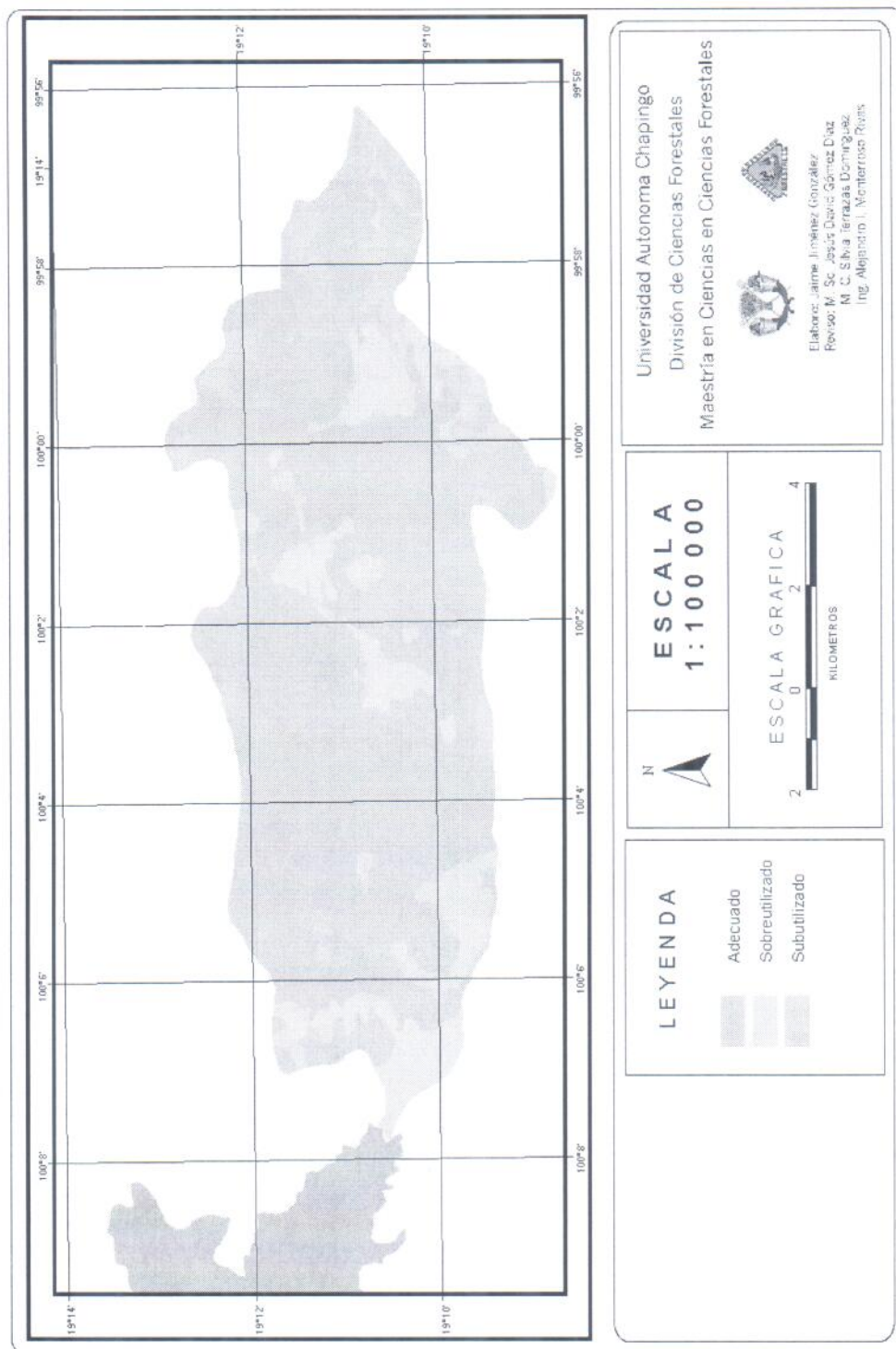


Figura 16. Mapa de Índice de uso del suelo de la cuenca Valle de Bravo, Estado de México.

Los resultados de esta comparación se presentan en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Resultados del índice de uso del suelo

Uso actual	Uso potencial	Índice	Superficie (ha)
Agrícola	Agrícola	Adecuado	1427.7
Forestal	Forestal o vida silvestre		4464.3
Pecuario	Pecuario		351.6
Agrícola – pecuario	Agrícola		184.3
Forestal-recreativo-escénico	Forestal o vida silvestre		145.1
Forestal	Agrícola con restricciones		2.7
TOTAL Adecuado			6576
Agrícola-asentamientos humanos	Agrícola	Subutilizado	78.2
Forestal			0.33
Forestal	Pecuario		497.1
TOTAL Subutilizado			575.7
Agrícola-asentamientos humanos			123.6
Forestal – agrícola	Agrícola con restricciones		29.7
Agrícola – pecuario			7.7
Agrícola			251.2
Agrícola			16.4
Agrícola – pecuario			10.1
Forestal – residencial			135.0
Forestal – agrícola	Forestal o vida silvestre	Sobreutilizado	106.6
Pecuario			12.2
Acuacultura			1.4
Urbano – residencial			181.5
Agrícola – pecuario			35.2
Acuacultura	Pecuario		18.8
Agrícola			317.3
Campo de Golf	Agrícola		13.7
TOTAL Sobreutilizado			1260.4

En la Figura 17 se presenta el comparativo de las proporciones de cada una de las clases del índice de suelos. El 78 % de la superficie de la cuenca el uso del suelo es adecuado, esto se explica dado que el uso actual es forestal y coincide con la vocación del terreno. Lo anterior no significa que las áreas boscosas estén en buenas condiciones como se describió en el reporte del Levantamiento Fisiográfico que una parte considerable de los bosques están siendo deteriorados a un ritmo alarmante por la tala ilegal, el avance de las zonas urbanas, la apertura de dichas áreas a la agricultura y la ganadería.

Un ejemplo muy claro de ello se da en los Sistemas Terrestres SS y TM en los cuales a pesar de tener un uso adecuado (principalmente forestal y pecuario) en más del 80 % de su superficie, en la mayoría de sus Facetas encontramos problemas de tala clandestina o invasión de estas áreas por agricultura.

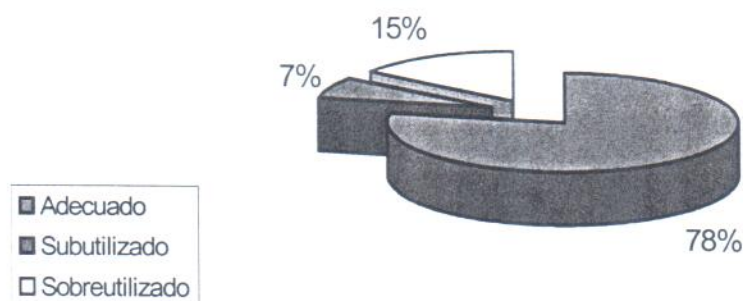


Figura 17. Condición del uso del suelo en la cuenca.

Por otra parte el 15 % de la superficie total de la cuenca esta siendo sobreutilizada. Estas zonas en general tienen esta condición por sus características particulares de presentar pendientes fuertes y ser suelos fácilmente erosionables con vocación forestal, pero se esta cambiando su uso aceleradamente hacia la creación de zonas habitacionales por encontrarse cerca de la zona urbana aumentando la presión sobre ellas. En parte de estas áreas, la agricultura es la que esta invadiendo estos terrenos forestales ocasionando degradación de los recursos naturales. Esto se aprecia claramente en el Sistema Terrestre SS ya que del 19 % de su superficie esta siendo sobreutilizada (Cuadro 9) y 15% es por la agricultura.

Otro aspecto importante es el hecho de que en los Sistemas Terrestres Valle de Bravo y Acatitlán se presenta con mayor incidencia el problema de sobreutilización en el uso del suelo (48.2 y 36.3 % respectivamente). Estas zonas se están usando al desarrollo urbano, cuando en realidad tienen potencial forestal. Esta situación prevalece y tiende a avanzar drásticamente en estos dos Sistemas Terrestres.

Cuadro 9. Condición por Sistema Terrestre de acuerdo al índice de uso del suelo

Sistema Terrestre	Índice de uso del suelo (Superficie ocupada en ha)		
	Adecuado	Subutilizado	Sobreutilizado
VB	145.1	0.00	135.1
AT	515.1	41.7	317.8
SS	2770.7	42.7	654.8
TP	2967.1	465.86	152.6
CV	177.8	25.1	0.004

4.3. Índice de erosión

Los resultados generales para el índice de erosión hídrica se presentan para toda la zona de estudio en el Cuadro 10 y cartográficamente se muestra en la Figura 18.

Cuadro 10. Resultados generales del Índice de erosión hídrica ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$)

Clase de degradación	Área (ha)
Nula	5454.5
Ligera	372.4
Moderada	876.7
Alta	1423.7
Muy Alta	104.2
Total*	8231.5

* Al área urbana no se le calculó el índice de erosión por lo que el área reportada para el índice erosión hídrica no coincide con el total del área de estudio. La zona urbana ocupa una superficie de 181.9 ha y se localiza principalmente en el Sistema Terrestre Acatitlán.

Cabe destacar que el 66.2 % de la cuenca no presenta erosión hídrica (Figura 19). Se considera nula porque lo que se pierde es similar a la tasa de formación del suelo de acuerdo a las condiciones de los factores de formación en el área. Por otro lado el 33.8% de la cuenca esta afectada por algún grado de erosión hídrica.

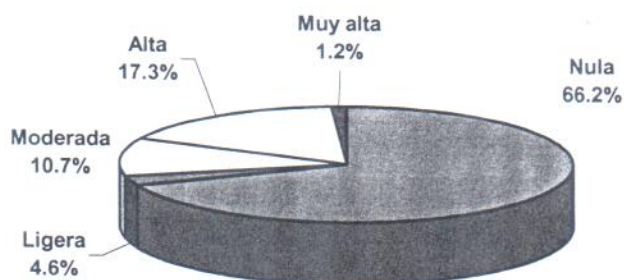


Figura 19. Distribución de los niveles de pérdida de suelo por erosión hídrica a nivel de la cuenca.

Por Sistemas Terrestres la información se muestra en el Cuadro 11. Los Sistemas Terrestres que no presentan erosión en más del 50 % de su superficie son: El Temporal 92.05%, Capilla Vieja 76.9 %, Valle de Bravo 51.7% y San Simón El Alto 50.4%. Mientras que el Sistema Terrestre Acatitlán presenta 85.3% de su superficie afectada por algún grado de erosión. Esto sin considerar las áreas urbanas.

El Sistema Terrestre El Temporal con más del 90 % de su superficie sin problemas de erosión, presenta características particulares por ser uno de los sitios con mayor cobertura vegetal y la agricultura se practica en terrenos con pendientes menores al 5%.

Los Sistemas terrestres que presentan mayores problemas de erosión de acuerdo a la superficie afectada son San Simón el Alto, Acatitlán y El Temporal. Estas zonas tienen dos características particulares: son zonas en las que se practica la agricultura en pendientes mayores al 20% y en donde además no se llevan a cabo prácticas de conservación de suelos. Esto se presenta sobre todo en la parte alta de estos Sistemas Terrestres donde se ha cambiado el uso del suelo de forestal a uso agrícola.

Cuadro 11. Grado de erosión hídrica por Sistema Terrestre

Sistema Terrestre	Sup. Total (ha)	Grado de erosión (superficie que cubre en ha)				
		Nula	Ligera	Moderada	Alta	Muy alta
Valle de Bravo	280.2	145.1	135.1	0	0	0
Acatitlán	693.1	101.4	24.7	199.3	365	2.7
San Simón El Alto	3468.0	1749.6	92.6	554.8	991.5	79.5
El Temporal	3585.2	3300.1	80	115.9	67.2	22
Capilla Vieja	202.8	156.1	40	6.7	0	0

Así tenemos por ejemplo que en las Facetas SS-17 y SS-23, que pertenecen al Sistema Terrestre San Simón El Alto, la evaluación para erosión hídrica es considerada como muy alta ($460 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en promedio) en las zonas con cambio de uso del suelo de forestal a agrícola.

Al comparar el mapa de índice de erosión actual con el mapa de índice de uso del suelo, se tiene que las zonas que presentaron un grado de erosión nula corresponden en su mayor parte a las áreas que mantienen un uso adecuado del suelo, es decir corresponde su vocación con el uso actual y se concentra en las partes con mayor cubierta forestal de la cuenca.

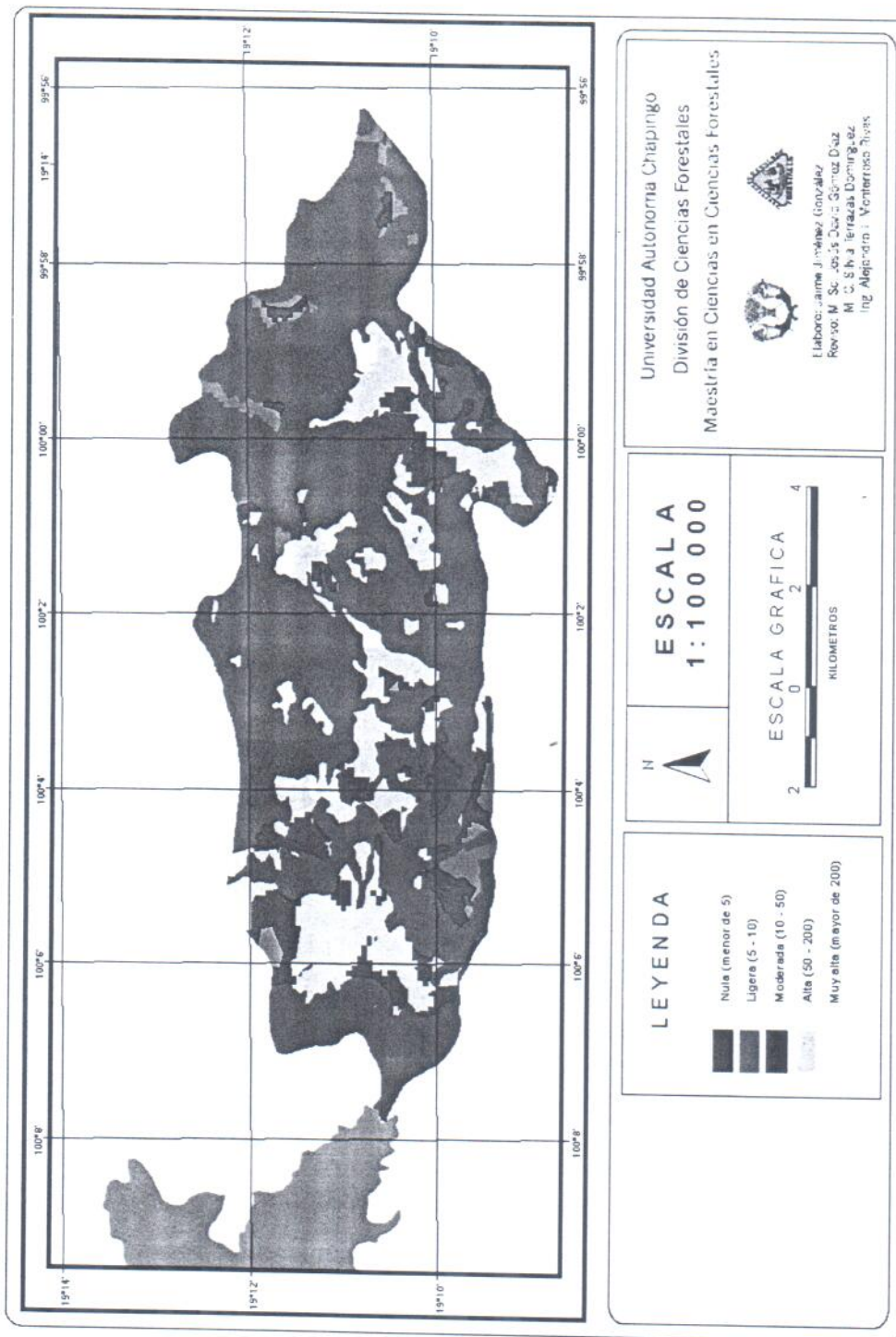


Figura 18. Mapa de Índice de erosión de la cuenca del Río Los Hoyos, Valle de Bravo, Estado de México.

4.4. Índice de marginación

Los resultados para la zona de estudio se muestran en el Cuadro 12 y cartográficamente en la Figura 20.

Cuadro 12. Índice de marginación de las localidades de la cuenca del Río Los Hoyos

LOCALIDAD	PT95	AN95	SP90	SA95	SDR95	SEL95	PT90	CTO90	INDICE	GRADO
Mpio. De Valle de Bravo										
Valle de Bravo	21540	10.66	3.29	3.21	6.56	2.28	14.01	1.56	-1.9777	Muy bajo
San Mateo Acatitlán	615	28.82	46.75	19.63	76.64	13.08	55.88	2.01	-0.4419	Alto
Alamos, Los	104	24.14	81.58	47.06	76.47	94.12	71.43	2.18	0.4307	Muy alto
Castellano, El	151	22.35	61.11	100.00	100.00	100.00	75.00	2.66	0.8741	Muy alto
Cerro Colorado	607	20.63	61.74	26.79	66.07	17.86	63.51	2.25	-0.3402	Alto
Compañía, La (tres espigas)	33	23.81	81.82	14.29	42.86	57.14	42.86	2.23	-0.3423	Alto
Loma de Chihuahua	258	27.50	39.39	16.28	39.53	20.93	52.94	2.00	-0.7467	Medio
Loma de Rodríguez	113	24.59	68.97	5.88	64.71	5.88	70.59	2.64	-0.2521	Alto
Mesa de Jaimes	266	11.76	34.07	3.64	30.91	9.09	20.75	2.08	-1.3808	Bajo
Rincón de Estradas	320	14.02	77.61	48.28	77.59	6.90	60.42	2.58	-0.1405	Alto
San Ramón	80	10.71	57.14	83.33	50.00	33.33	25.00	1.69	-0.7039	Medio
San Simón, El Alto	182	12.71	65.57	12.20	82.93	2.44	44.44	1.87	-0.7072	Medio
Saucos, Los	1075	11.68	84.15	16.75	72.41	2.96	22.56	2.01	-0.7779	Medio
Mesa de palomas	45	19.23	77.78	60.00	100.00	0.00	23.08	1.68	-0.4415	Alto
Palma, La	132	23.88	82.61	54.55	95.45	50.00	83.33	2.86	0.6408	Muy alto
Ahujas, Las	42	33.33		42.86	100.00	100.00	0.00	0.00	0.8408	Muy alto
Trompillo, El	88	11.11		31.25	87.50	6.25	0.00	0.00	-0.5938	Alto
Mpio. De Amanalco de Becerra										
Ancon, El	102	23.91	93.75	6.67	100.00	13.33	41.18	1.86	-0.2744	Alto
Capilla Vieja	148	35.44	100.00	25.93	88.89	96.30	47.37	2.03	0.4586	Muy alto
Temporal, El	238	32.76	76.92	17.50	100.00	100.00	71.05	2.42	0.6231	Muy alto
Corral de Piedra	183	33.96	91.30	0.00	96.77	96.77	41.67	2.43	0.3871	Muy alto

Fuente: CONAPO (2003). Índice de marginación por localidad, 1995.

Donde:

PT95 = Población total para el año 1995

AN95 = Porcentaje de población analfabeta de 15 años o mas para el año 1995

SP90 = Porcentaje de población ocupada en el sector primario, 1990

SA95 = Porcentaje de viviendas sin agua entubada, 1995

SDR95 = Porcentaje de viviendas sin electricidad, 1995

SEL95 = Porcentaje de viviendas sin electricidad, 1995

PT90 = Porcentaje de viviendas con piso de tierra, 1990

CT090 = Promedio de ocupantes por cuarto, 1990

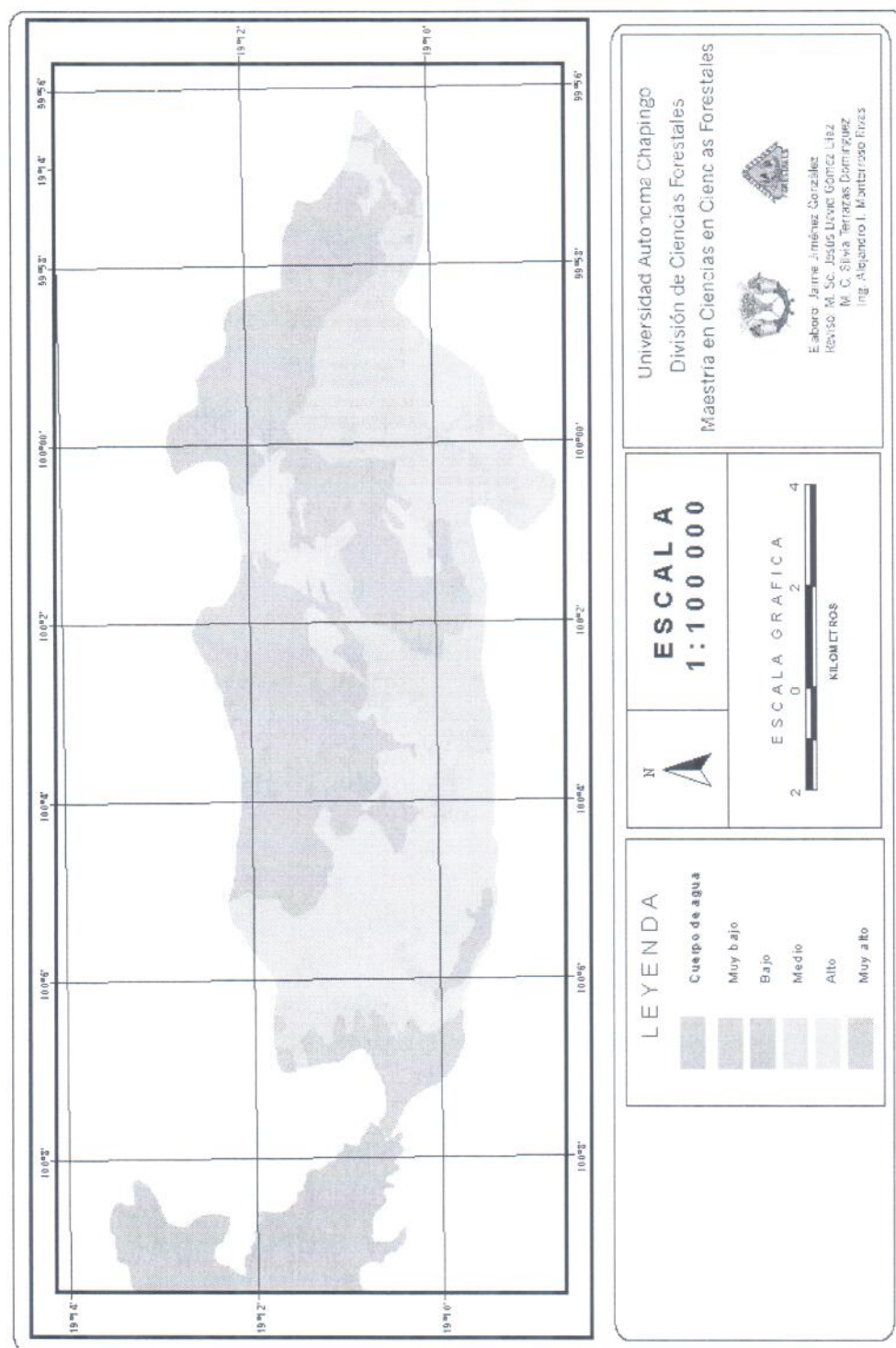


Figura 20. Mapa de Índice de marginación de la cuenca del Río Los Hoyos, Valle de Bravo, Estado de México.

Este indicador permitió diferenciar de manera sintética el impacto global de las carencias que padece la población en cada localidad. Con el índice y grado de marginación se detectó el nivel que cada localidad tiene en cuanto al acceso a servicios, condición económica y educativa y la equidad o desigualdad en cuanto a la distribución de dichos servicios esenciales. Es un factor de integración social y económica que ayuda a interpretar los resultados de la evaluación física de los recursos naturales.

En la cuenca se observó una heterogeneidad en cuanto al grado de marginación en las diferentes localidades consideradas en el índice. Así, se tiene que el 4.7% de las localidades presentaron un grado de marginación muy bajo, 4.7% bajo, 19.1% medio, 38.2% alto y 33.3% muy alto. Por lo anterior podemos inferir que más del 70% de las comunidades presentan un grado de marginación alto o muy alto. La Ciudad de Valle de Bravo presentó un grado de marginación muy bajo. En el resto de la zona de estudio, a pesar de que existen gran cantidad de residencias de descanso, la mayor proporción de la población está distribuida en pequeñas comunidades caracterizadas por altos grados de marginación.

SEMARNAP (2000) señala que la geografía de la marginación se encuentra íntimamente vinculada al patrón de distribución territorial de la población, encontrándose la relación de que a mayor población, menor grado de marginación.

4.5 Caracterización climática

4.5.1. Características climáticas de las cartas temáticas de INEGI (2001c)

De acuerdo al mapa climático escala 1:400,000 (INEGI, 2001c) en la zona se reportan dos clases de clima de acuerdo al Sistema de Köppen modificado por García (1988) (Figura 4):

(A)Cb(w1)(w): Semicálido del grupo de los templados, con verano fresco y largo, subhúmedo normal, con régimen de lluvias en verano y porcentaje de lluvia invernal menor a 5.

Cb(w2)(w): Clima templado con verano fresco largo, el mas húmedo de los subhúmedos con régimen de lluvias en verano y porcentaje de lluvia invernal menor a 5.

La información de estas cartas temáticas es muy general ya que la escala de los mismos es pequeña y cuando se trabaja con áreas con gran importancia como la de este estudio se requiere trabajar a escalas mayores. Por lo anterior se considera que este tipo de información tiene poca utilidad en estos casos y sobre todo en zonas con diversidad climática determinada en este caso por el relieve, por lo que es preciso generar información climática detallada.

La importancia de elaborar la caracterización detallada de las variables climáticas puede explicarse con los resultados de un estudio sobre rendimientos de caña de azúcar realizados por Sánchez (2001) en donde se detallaron las variables de temperatura y precipitación del área de estudio en el sur de Veracruz, se generaron modelos para tres variedades de caña de azúcar y las distintas clases de tierras en donde las variables consideradas fueron el numero de ciclos de producción (plantilla, soca, etc) y la precipitación pluvial en milímetros anuales, y en la mayoría de las clases de tierra el coeficiente de regresión fue superior a 0.7.

4.5.2. Caracterización climática detallada con el Sistema de Köppen modificado por García (1988) y escenarios de cambio climático bajo aplicación del Canadian Climate Center Model (CCCM) (Magaña *et al.*, 2000).

De acuerdo con este sistema de clasificación climática determinando las variables climáticas de acuerdo a la información de las estaciones meteorológicas del área y zonas aledañas, y elaborando la cartografía a escala 1: 62,500, en la zona de estudio se encontraron cinco clases de climas, las que se detallan en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Tipos climáticos y superficie ocupada bajo condiciones actuales y escenarios de cambio climático evaluados a través del sistema de Köppen modificado por García (1988).

Tipos climáticos	Descripción	Actual (ha)	CCCM (ha)
(A) Cb (w ₁) (w) i	Semicálido del grupo de los templados, con verano fresco y largo, subhúmedo normal, con lluvias en verano, % de precipitación invernal < 5, isothermal.	1134.4 (13.48%)	0
(A)Cb(w ₁)(w)(i')gw"	Semicálido del grupo de los templados, con verano fresco y largo, subhúmedo normal, con lluvias en verano, % de precipitación invernal < a 5, con poca oscilación, marcha de la temperatura tipo ganges, presencia de canícula.	0	822.8 (9.8%)
(A)Cb(w ₁)(w)i g w"	Semicálido del grupo de los templados, con verano fresco y largo, subhúmedo normal, con lluvias en verano, % de precipitación invernal < a 5, isothermal, marcha de la temperatura tipo ganges, presencia de canícula.	0	367.8 (4.4%)
(A)Ca(w ₀)(w)i g w"	Semicálido del grupo de los templados, con verano cálido, el más seco de los subhúmedos, con lluvias en verano, % de precipitación invernal < a 5, isothermal, marcha de la temperatura tipo ganges, presencia de canícula.	0	954.0 (11.3%)
(A)Ca(w ₀)(w)(i')gw"	Semicálido del grupo de los templados, con verano cálido, el más seco de los subhúmedos, con lluvias en verano, % de precipitación invernal < a 5, con poca oscilación, marcha de la temperatura tipo ganges, presencia de canícula.	0	207.8 (2.5%)
(A)Cb(w ₀)(i')g	Semicálido del grupo de los templados, con verano y fresco largo, el más seco de los subhúmedos, con lluvias en verano, % de precipitación invernal entre 5 y 10.2, con poca oscilación y marcha de la temperatura tipo ganges	0	310.3 (3.7%)
(A)Cb(w ₀)(w)(i')gw"	Semicálido del grupo de los templados, con verano y fresco largo, el más seco de los subhúmedos, con lluvias en verano, % de precipitación invernal < a 5, con poca oscilación, marcha de la temperatura tipo ganges, presencia de canícula.	0	1071.1 (12.7%)
Cb (w ₁) (w) I	Templado, con verano fresco y largo, subhúmedo normal, con lluvias en verano, % de precipitación invernal < 5, isothermal.	2231.6 (26.52%)	0
Cb(w ₁)(w)(i')gw"	Templado, con verano fresco y largo, subhúmedo normal, con lluvias en verano, % de precipitación invernal < 5, con poca oscilación, marcha de la temperatura tipo ganges, con presencia de canícula.	0	1334.1 (15.9%)
Cb (w ₂)(w) I	Templado, con verano fresco y largo, el más húmedo de los subhúmedos, con lluvias en verano, % de precipitación invernal < 5, isothermal.	3829.6 (45.51%)	0
Cb (w ₂) I	Templado, con verano fresco y largo, el más húmedo de los subhúmedos, con lluvias en verano, % de precipitación invernal entre 5 y 10.2, isothermal.	195.4 (2.32%)	0
Cb (m) I	Templado, con verano fresco y largo, húmedo, con lluvias en verano, % de precipitación invernal entre 5 y 10.2, isothermal.	1022.5 (12.15%)	0
Cb(w ₂)(w)I g w"	Templado, con verano fresco y largo, el más húmedo de los subhúmedos, con lluvias en verano, % de precipitación invernal < 5, isothermal, marcha de la temperatura tipo ganges, con presencia de canícula.	0	3183.4 (37.8%)
Cb(w ₂)i w"	Templado, con verano fresco y largo, el más húmedo de los subhúmedos, con lluvias en verano, % de precipitación invernal entre 5 y 10.2, isothermal, con presencia de canícula.	0	162.1 (1.9%)
	Total	8413.4 (100%)	8413.4 (100%)

Estos climas son del grupo de los templados que cubren el 86.52% del área, los semicálidos del grupo de los templados el 13.48%, este ultimo correspondiente a las zonas aledañas a la presa. De los climas templados el 26.52% son subhúmedos normales, el 47.83% son de los más húmedos de los subhúmedos y el 12.15% son de los climas húmedos. El clima Semicálido pertenece al subgrupo de los subhúmedos normales. Como se aprecia, el detalle de la caracterización realizada es considerablemente mayor que la información reportada en las cartas temáticas del INEGI (Figura 21).

Con base en lo anterior para estudios de áreas importantes se sugiere realizar la caracterización climática detallada para tener mejores elementos de análisis en las propuestas que se vayan a presentar. Este Sistema de Clasificación Climática en regiones donde la deficiencia de humedad no es una de las principales limitantes, y en donde se tiene gradientes alto térmicos, ofrece ventajas porque la zonificación obtenida da idea de los rangos térmicos que pueden estar determinando la distribución de varias especies.

Adicionalmente se presentan las clases de climas bajo el escenario de cambio climático obtenidas con el Canadian Climate Center Model (Magaña *et al.*, 2000). Este escenario muestra la vulnerabilidad que el área de estudio presenta en cuanto a modificar su clima bajo la consideración de duplicación de las concentraciones actuales de CO₂.

Se escogió el modelo antes mencionado ya que Flores (2003) encontró que el modelo CCCM de cambio climático presentó mejor correlación con el comportamiento histórico de las tendencias de temperatura y precipitación en los últimos años. Lo anterior al realizar la clasificación climática del Estado de Aguascalientes bajo la metodología de Thornthwaite modificado y aplicando dos modelos de cambio climático, el Canadiense (Canadian Climate Center Model) y el norteamericano GFDL-R30 (Geophysical Fluids Dynamics Laboratory).

Bajo el escenario de cambio climático canadiense para la zona de estudio se obtuvieron nueve tipos climáticos, los cuales a pesar de seguir perteneciendo al grupo de los templados y a los semicálidos del grupo de los templados, ninguno es igual a los tipos climáticos presentes en el clima actual dado que se prevé que se presente canícula, que es una pequeña temporada menos húmeda en la temporada lluviosa de la mitad caliente del año, particularmente en el mes de julio (Figura 22).

En este escenario se observa un aumento en la temperatura y una disminución en precipitación, lo que ocasionaría la aparición de tipos climáticos más secos y la desaparición o disminución de los más húmedos. La proporción de los climas templados se reduce a 55.6% y los semicalidos del grupo de los templados aumentan a 44.4%.

4.5.3. Caracterización climática con el sistema de Thornthwaite modificado (Dunne, 1978) y escenario de cambio climático.

En el Cuadro 14 se muestran los resultados de esta caracterización climática para el clima actual y el escenario climático. En este cuadro se presentan los tipos climáticos y una breve descripción de ellos, así como la superficie que ocupan en cada escenario.

Para las condiciones actuales se obtuvieron ocho tipos climáticos que pertenecen a siete grupos generales determinados por las condiciones de balance de humedad (Figura 23).

El Sistema de Clasificación climática de Thornthwaite modificado delimita con mayor detalle los climas en comparación con el de Köppen modificado por García (1988) (Sánchez *et al.*, 2002) y presenta una relación más estrecha con los diferentes tipos de vegetación, dado que en la caracterización climática esta variable es considerada así como la capacidad de retención de humedad del suelo.

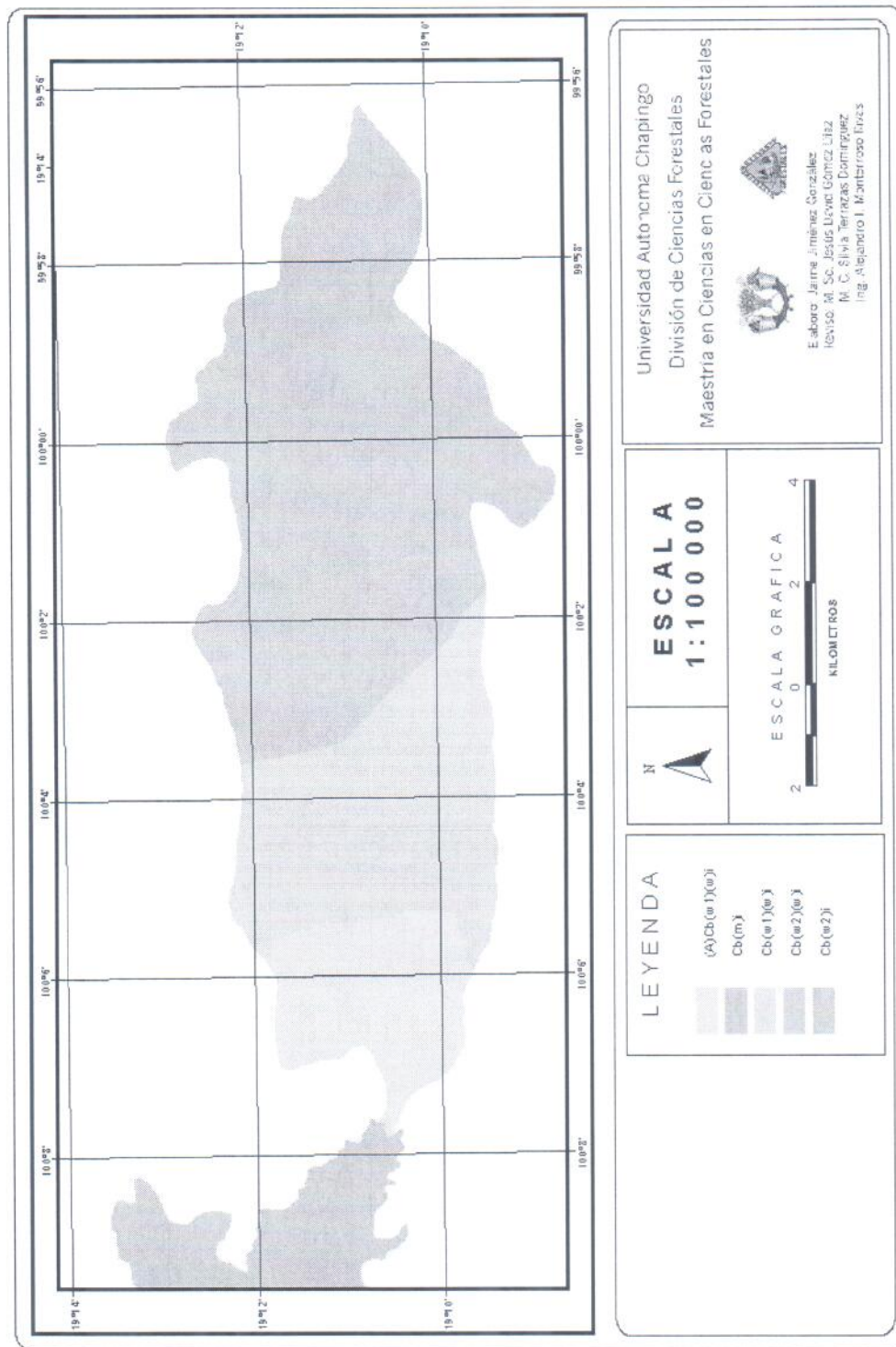


Figura 21. Mapa de climas de la cuenca del Río Los Hoyos de acuerdo al sistema de Köppen modificado por García (1988).

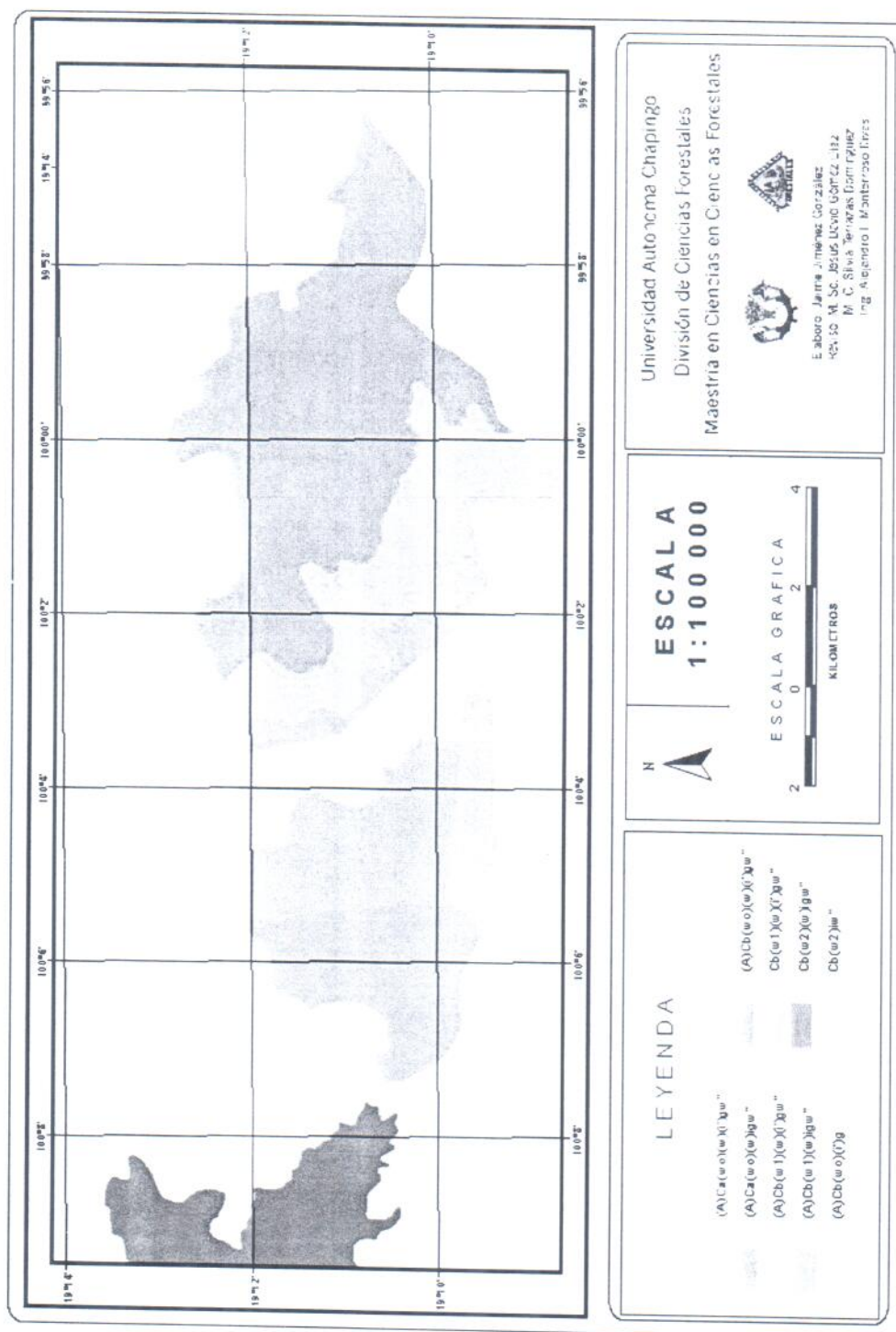


Figura 22. Mapa de climas bajo escenario de cambio climático (modelo CCCM) de acuerdo al sistema de Köppen modificado por García (1988).

Cuadro 14. Tipos climáticos y superficie ocupada bajo condiciones actuales y escenarios de cambio climático evaluados a través del sistema de Thornthwaite

Tipos climáticos	Descripción	Actual (ha)	CCCM (ha)
A r B1' a'	Per Húmedo, con nula o muy pequeña deficiencia de agua, mesotermal 1 y baja concentración de calor en el verano.	162.1 (1.9%)	0
B4 r B1' a'	Húmedo 4, con nula o muy pequeña deficiencia de agua, mesotermal 1 y baja concentración de calor en el verano.	64.3 (0.8%)	0
B3 r B1' a'	Húmedo 3, con nula o muy pequeña deficiencia de agua, mesotermal 1 y baja concentración de calor en el verano.	2915.8 (34.7%)	226.4 (2.7%)
B3 r B2' a'	Húmedo 3, con nula o muy pequeña deficiencia de agua, mesotermal 2 y baja concentración de calor en el verano.	0	796.1 (9.5%)
B2 r B2' a'	Húmedo 2, con nula o muy pequeña deficiencia de agua, mesotermal 2 y baja concentración de calor en el verano.	203.4 (2.4%)	2119.7 (25.2%)
B1 r B2' a'	Húmedo 1, con nula o muy pequeña deficiencia de agua, mesotermal 2 y baja concentración de calor en el verano.	1334.1 (15.9%)	203.4 (2.4%)
B1 w1 B2' a'	Húmedo 1, con pequeña deficiencia de agua invernal, mesotermal 2 y baja concentración de calor en el verano.	367.8 (4.4%)	0
C2 w1 B2' a'	Subhúmedo húmedo, con pequeña deficiencia de agua invernal, mesotermal 2 y baja concentración de calor en el verano.	3343.4 (39.7%)	1701.9 (20.2%)
C1 d B3' a'	Subhúmedo seco, con nula o muy pequeña demasía de agua, mesotermal 3 y baja concentración de calor en el verano.	22.6 (0.3%)	2543.1 (30.2%)
C1 s1 B3' a'	Subhúmedo seco, con pequeña demasía de agua en verano, mesotermal 3 y baja concentración de calor en el verano.	0	822.8 (9.8%)
	Total	8413.4 (100%)	8413.4 (100%)

Monterroso y Gómez (2001) señalan que a pesar de que las dos metodologías consideran a la temperatura y a la precipitación como punto de partida en la clasificación climática, Köppen modificado por García evalúa únicamente los límites y duración de éstos, de acuerdo a la ocurrencia de grandes unidades de vegetación natural, a la duración de la precipitación, de acuerdo a valores estacionales de la distribución y a los índices de sequía basados en la relación de temperatura entre precipitación total.

Por otro lado, señalan que Thornthwaite modificado realiza un balance de ambos parámetros, considerando la eficiencia de la precipitación (que tan seco y que tan húmedo es el clima en relación al crecimiento de las plantas) y de la temperatura (que tan frío y que tan cálido es el clima relacionado al crecimiento de las plantas).

En el balance de humedad, los autores observaron que Köppen modificado por García, considera, el comportamiento anual de la precipitación, resaltando el mes más seco y el mes más húmedo, la lluvia invernal, el régimen de lluvias y la presencia o no de canícula. Thornthwaite, introduce además el comportamiento anual de la precipitación y la sequía en relación al crecimiento de las plantas, el exceso de humedad disponible para escorrentías, la capacidad de almacenamiento de humedad del suelo por su textura y por su cubierta vegetal y el déficit de humedad originado por los parámetros anteriores, así como las demasías de agua.

Para definir el clima, ambas metodologías consideran el índice de humedad, pluvial y térmico, Thornthwaite considera además un índice de aridez. Finalmente, Köppen modificado por García define un total de 140 posibles combinaciones para definir el clima, mientras que Thornthwaite un total de 385; de los cuales el primero ha definido 29 para México y el segundo 116 (Monterroso y Gómez, 2001).

Bajo estos preceptos, Monterroso y Gómez (2001) concluyen que la metodología de Thornthwaite modificada considera y evalúa una cantidad de elementos que Köppen modificado por García excluye, todos ellos necesarios para la definición de los climas, por lo que la incorporación de nuevos elementos hacia la clasificación de climas resulta en información altamente valiosa y adecuada.

Por lo anterior y de acuerdo a la relación que se encontraron en la zona de los tipos de vegetación y sus características se considera que la metodología de Thornthwaite modificado es la más adecuada para trabajar en los Ordenamientos Ecológicos Territoriales locales de áreas importantes y sensibles al cambio por cambios de uso de la tierra.

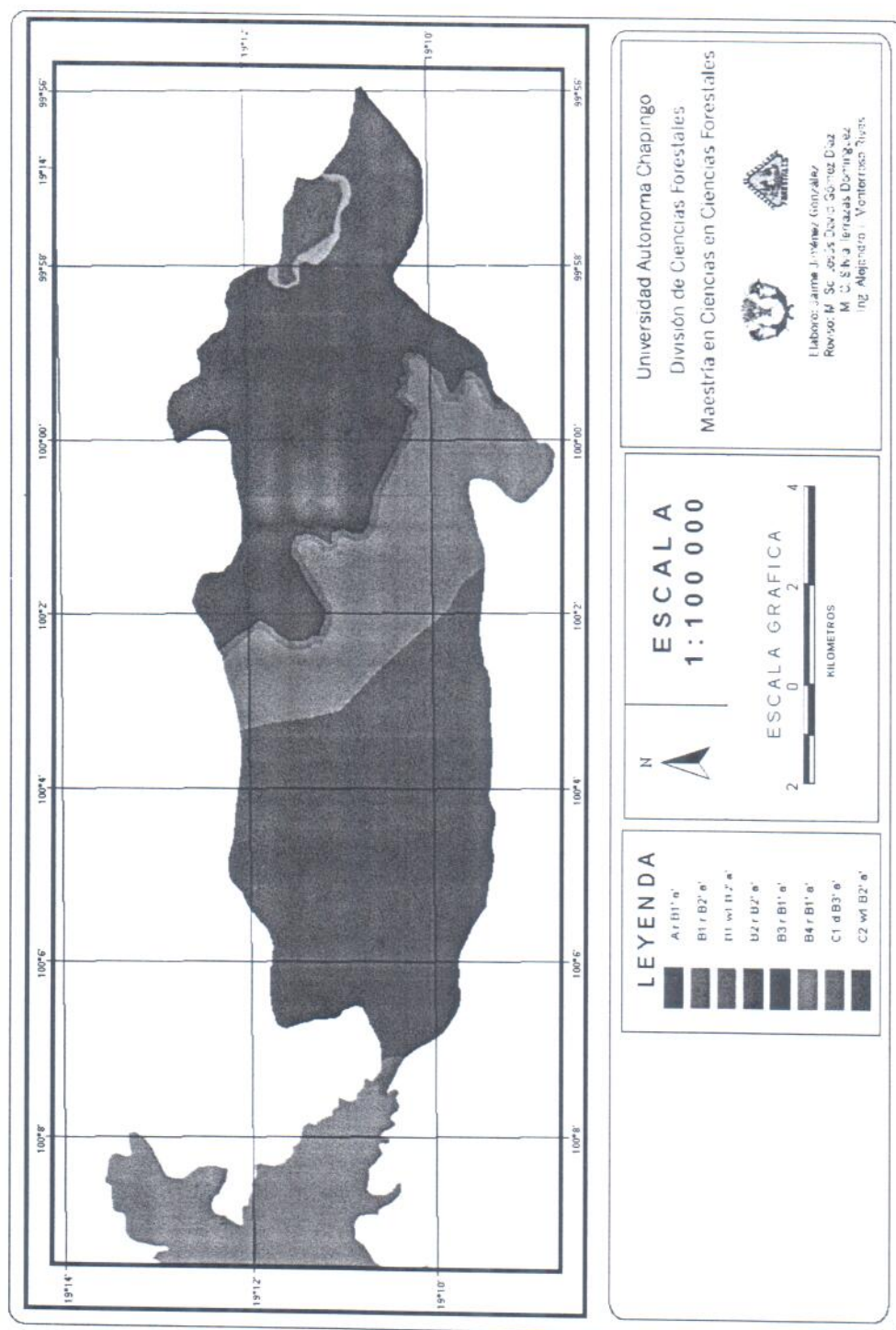


Figura 23. Mapa de climas de la cuenca del Río Los Hoyos de acuerdo al sistema de Thornthwaite modificado (Dunne, 1978).

El análisis de los resultados al aplicar esta metodología bajo condiciones de promedios actuales en las variables climáticas y en escenarios de cambio climático arroja lo siguiente:

El clima Per húmedo (A r B1' a') cubre la zona de mayor altura de la cuenca (3100 a 3300 m.s.n.m) en el Sistema Terrestre El Temporal abarcando el 1.9% de la superficie de la cuenca. Este clima cuenta con una temperatura media anual entre 11 y 12°C y la precipitación rebasa los 1200 mm anuales. La vegetación característica de esta área es el bosque de oyamel principalmente y pequeños manchones de bosque de pino-oyamel en las partes más bajas.

El clima Húmedo 4 (B4 r B1' a') ocupa el 0.8% de la superficie de la cuenca, el cual se encuentra en una pequeña franja en las partes altas al oeste de la cuenca de los 3000 a 3100 metros sobre el nivel del mar. Este clima presenta una temperatura media de 12°C y la precipitación rebasa los 1100 mm anuales. Se encuentra dentro del Sistema Terrestre El Temporal. La vegetación característica es el bosque de oyamel y el bosque de pino-oyamel.

El clima Húmedo 3 (B3 r B1' a') se ubica a una altura que va de los 2600 a 3000 m.s.n.m. Este clima ocupa el segundo lugar en cuanto a superficie dentro de la cuenca con el 34.7%. Abarca en su totalidad al Sistema Terrestre Capilla Vieja, más del 80 % de El Temporal y en una pequeña área del Sistema San Simón El Alto. La temperatura media anual varía entre los 12 y 15°C y la precipitación media anual entre los 1000 y 1100 mm respectivamente. En este tipo de clima encontramos grandes áreas con bosque de oyamel y bosque de pino-oyamel, pequeñas áreas de bosque de pino y pino-aile, agricultura de temporal y pastizal inducido.

El clima Húmedo 2 (B2 r B2' a') se ubica en la franja de los 2600 metros sobre el nivel del mar, ocupando el 2.4% de la superficie de la cuenca. Se encuentra dentro de los Sistemas Terrestres San Simón El Alto y El Temporal. La temperatura media anual es de 15°C y la precipitación media anual varía entre 950 y 1000 mm. La vegetación

característica de este clima en la cuenca es el bosque de pino-oyamel, Bosque Mesófilo de Montaña, una pequeña zona de bosque de pino-encino y agricultura de temporal y riego.

Los climas Húmedos 1 (B1 r B2' a' y B1 w1 B2' a') ocupan el tercer lugar en superficie en la cuenca con el 20.2% de la superficie de la cuenca. Estos tipos climáticos se encuentran a una altura que fluctúa entre los 2350 y 2600 metros sobre el nivel del mar. Las temperaturas medias anuales se encuentran entre los 15 y 16.4°C y la precipitación media anual de 950 mm. Abarcan menos del 35% de superficie del Sistema Terrestre San Simón El Alto y una pequeña parte de El Temporal. La vegetación característica de estos climas en la cuenca es el bosque de pino-oyamel, bosque de pino-encino, bosque de encino y zonas de agricultura de temporal. En las cañadas se encuentra Bosques Mesófilos de Montaña.

El clima Subhúmedo húmedo (C2 w1 B2' a') ocupa la mayor superficie de la cuenca con el 39.7%, el cual abarca completamente al Sistema Terrestre Valle de Bravo, más del 90% del Sistema Acatitlán y casi la mitad del Sistema San Simón El Alto. La temperatura media anual fluctúa entre los 16.4 y 19°C y la precipitación media anual entre los 800 y 950 mm. Este clima se distribuye en alturas que van de los 1900 a 2350 metros sobre el nivel del mar. La vegetación característica es el bosque de pino-encino, pero en la parte cercana a los 2300 metros se encuentra la zona de transición entre el bosque de pino-encino y bosque de pino-oyamel, también existen pequeñas zonas con Bosque Mesofilo de Montaña, la agricultura de temporal y riego ocupa una extensión considerable.

El clima subhúmedo seco (C1 d B3' a') ocupa el 0.3% de la superficie de la cuenca, el cual se localiza en la parte más cercana a la presa Valle de Bravo, en el Sistema Terrestre Acatitlán. Este clima se encuentra a alturas menores a los 1900 metros sobre el nivel del mar. La temperatura media anual es mayor a los 19°C y la precipitación anual es menor a los 800 mm. La vegetación característica es el bosque de pino-encino.

En el escenario de cambio climático el clima de la zona será menos húmedo como se muestra en las Figuras 24 y 25. Desaparecen las dos variantes más húmedas, el tipo húmedo B3 será el clima dominante en las partes más altas de la cuenca, pero aún en esta situación la superficie ocupada por este disminuye significativamente de 2915.8 ha a 226.4 ha. El tipo húmedo B2 aumenta considerablemente su distribución de 203.4 a 2119.7 ha. El clima B1 y B2' a' disminuye significativamente su superficie ocupada de 1334.1 a 203.4 ha, pero aparece otro tipo climático el B1 w B2' a' con una superficie de 367.8 ha. El tipo Subhúmedo húmedo C2 disminuye de 3343.4 ha a 1701.9 ha siendo remplazado por el Subhúmedo seco C1 que de 22.6 ha pasa a ser uno de los climas dominantes en la zona con 3365.9 ha.

En el escenario climático calculado para el futuro con el modelo CCCM, se prevé que la temperatura media anual aumente en promedio 2.1°C mientras que la precipitación media anual disminuya aproximadamente un 6.5% en la zona de estudio, pero se tendrá

un mayor déficit de humedad en la zona. Esto significa que bajo el escenario de cambio climático se presentarían mayores condiciones de sequía, lo que de acuerdo con Díaz (2002) y Villers y Trejo (2000) desencadenaría posibles repercusiones negativas en la vegetación de la zona.

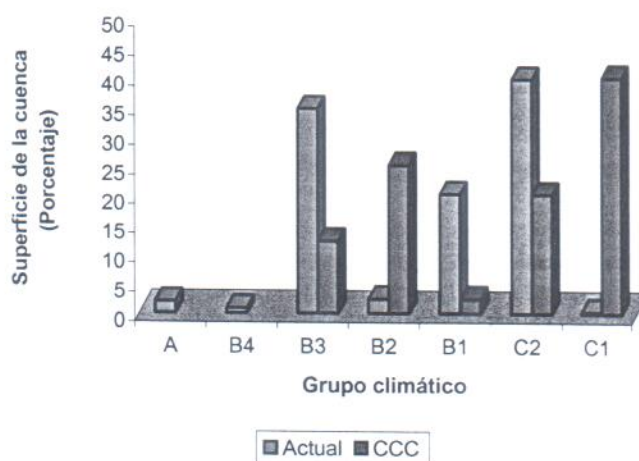


Figura 24. Comparación del clima actual con el escenario generado para cambio climático.

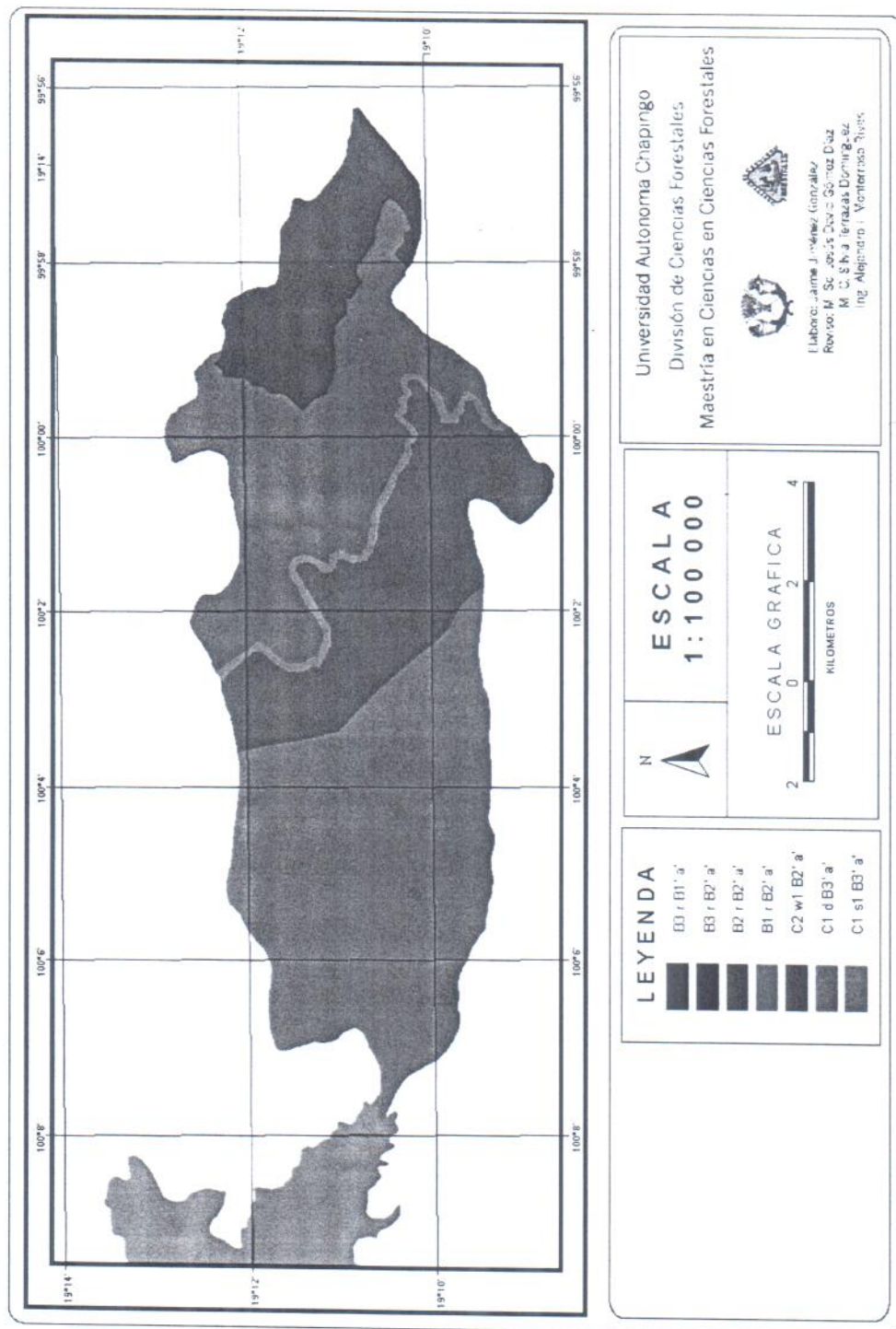


Figura 25. Mapa de climas bajo escenario de cambio climático (modelo CCCM) de acuerdo al sistema de Thornthwaite modificado (Dunne, 1978).

4.5.3.1. Balances de humedad en los diferentes tipos climáticos bajo condiciones actuales y del escenario de cambio climático.

Dentro de los tipos climáticos de clima actual y los del escenario de cambio climático las diferencias en las deficiencias y demasías de agua son parámetros importantes para determinar los posibles impactos en los recursos naturales de la zona, como son el inicio y duración del periodo con humedad disponible para cultivos, agua factible a escurrir en la cuenca así como la recarga de los acuíferos de la zona.

En el Cuadro 15 se presenta la comparación de estos parámetros bajo condiciones actuales y bajo escenarios de cambio climático, apreciándose una disminución de las demasías y un aumento del déficit.

Cuadro 15. Deficiencias y demasías de agua de acuerdo al sistema de Thornthwaite modificado para el tipo climático actual y el escenario de cambio climático.

Tipos climáticos	Deficiencia (DEF) y demasía (DEM) de agua en (mm) y su duración (meses)	
	Actual (mm)	CCCM (mm)
A r B1' a'	(DEF) 10.1 en 4 meses (DEM) 686.5 en 5 meses	(DEF) 22.5 en 5 meses (DEM) 564.8 en 5 meses
B4 r B1' a'	(DEF) 13.4 en 5 meses (DEM) 633.9 en 5 meses	(DEF) 26.7 en 6 meses (DEM) 519.8 en 5 meses
B3 r B1' a'	(DEF) De 13.2 a 35.9 mm y de 3 a 6 meses. (DEM) De 493.3 a 523.0 mm en 5 meses.	(DEF) de 17.7 a 54.3 mm y de 3 a 6 meses. (DEM) de 393.9 a 489.2 mm en 5 meses.
B2 r B2' a'	(DEF) 51.7 en 6 meses (DEM) 399.8 en 4 meses	(DEF) 72.8 en 6 meses (DEM) 290 en 4 meses
B1 r B2' a'	(DEF) 67.0 en 6 meses (DEM) 334.6 en 4 meses	(DEF) 90.5 en 6 meses (DEM) 226.2 en 3 meses
B1 w1 B2' a'	(DEF) 91.6 en 6 meses (DEM) 288.1 en 4 meses	(DEF) 120.7 en 6 meses (DEM) 180.9 en 3 meses
C2 w1 B2' a'	(DEF) De 101.6 a 135.0 mm y de 7 a 8 meses. (DEM) De 127.9 a 227.2 mm y de 2 a 4 meses.	(DEF) de 131.3 a 167.3 mm en 6 meses. (DEM) de 4.4 a 115.2 mm y de 2 a 3 meses.
C1 d B3' a'	(DEF) 140.0 en 7 meses (DEM) 69.2 en 2 meses	(DEF) 193.3 en 7 meses (DEM) 0.0

4.6. Modelo de Ordenamiento Ecológico

Con la información generada en la caracterización de la zona, se establecieron las políticas y estrategias a seguir para identificar problemas y situaciones de riesgo y con ello definir el modelo de usos del suelo a promover en el área.

Este modelo considera de manera general el establecimiento de políticas dictaminadas en el ordenamiento ecológico, acordes con criterios para determinar el uso más adecuado al suelo. Para lograr lo anterior se tomo como base el mapa de regionalización (Figura 14) en el que se establecieron los espacios que se vincularan con las políticas de protección, conservación, restauración y aprovechamiento, tratando de considerar los factores más relevantes descritos en cada faceta.

Para el caso de esta investigación se realizaron dos propuestas para el uso del suelo, la primera se basa en la propuesta tradicional del Ordenamiento Ecológico (Cuadro 16) y en la segunda se consideran los escenarios bajo cambio climático (Cuadro 17). En las Figuras 26 y 27 se muestran los Modelos de Ordenamientos Ecológicos propuestos para la zona de estudio. El primero bajo condiciones de clima actual y en segundo tomando en cuenta el cambio climático.

En el Sistema Terrestre Valle de Bravo, el uso conveniente es el de vida silvestre o servicios ambientales, cabe mencionar que una gran parte de la Faceta VB-1 esta dentro de la reserva estatal Monte Alto, en donde se observo que no existe un control y vigilancia sobre los visitantes y las actividades que se llevan a dentro de la reserva, por lo que se requiere un mayor control y manejo de las instalaciones, con la finalidad de regular las actividades recreativas. La Faceta SS-2 la cual se encuentra en las laderas de los cerros que conforman la zona de amortiguamiento de la reserva esta sujeta a ocupaciones irregulares, debiendo frenar este fenómeno.

Al Sistema Terrestre Valle de Bravo se le considera dentro de las políticas de protección, con la finalidad de conservar su riqueza biológica y escénica, en donde el ecoturismo es

una de las actividades alternativas, ya que existe la demanda de esta actividad por los visitantes y de la población de la región.

En el caso del Sistema Terrestre Acatitlán, las Facetas AT-1 y AT-2 están siendo sobreutilizadas dado que su uso potencial es de vida silvestre y actualmente se les está dando un uso urbano, con el deterioro consecuente del ambiente. Dado que la invasión de la mancha urbana está muy avanzada, dentro de las políticas ambientales se le consideró como zona de aprovechamiento para uso urbano pero con la planeación adecuada que contemplen la conservación del entorno sobre todo de los cauces de los diversos arroyos y la calidad del agua de los mismos. Así mismo se considera de vital importancia el establecimiento de parques y áreas verdes.

Por otro lado, las demás Facetas que se encuentran dentro de este Sistema corresponden a las mayores áreas de producción agrícola de la cuenca de las cuales la mayoría presentan algún grado de erosión y el riesgo de que este proceso se acelere debido a la falta de prácticas de conservación de suelos, por lo que es imprescindible establecer políticas que busquen elevar la producción y que protejan el suelo y de esta forma a la cuenca. Debe promoverse que las prácticas de conservación del suelo se generalicen, manejando para ello estímulos que pueden ser adecuaciones de los actuales programas gubernamentales de apoyo al campo.

Las Facetas SS-1, SS-2, SS-6, SS-7, SS-8, SS-10, SS-18 y SS-19 del Sistema Terrestre San Simón El Alto se consideraron dentro de las políticas de conservación y protección dadas las condiciones del sitio (fuertes pendientes y suelos fácilmente erosionables) y por ser zonas de recarga hídrica en donde existen gran cantidad de manantiales así como bosques de alta calidad y alto valor escénico. Se considera importante la cancelación de actividades forestales, a excepción de el saneamiento del bosque, e intensificación de la reforestación y medidas de conservación de los suelos. Deben implementarse programas gubernamentales de estímulos por la prestación de servicios ambientales que permitan tener una fuente de ingresos a los propietarios de estos terrenos y con ello promover la conservación y protección de estos sitios. Dentro de estos programas debe fomentarse la

conservación y recuperación de áreas con potencial forestal que actualmente están siendo sobreutilizadas por actividades agrícolas.

Las Facetas restantes de este Sistema Terrestre se consideraron dentro de las políticas de aprovechamiento en donde deben promover políticas que busquen elevar la producción así como prácticas de conservación del suelo las cuales es deseable que se generalicen en toda la zona, también se deben promover otras practicas como la agroforesteria, la cual tendría un impacto positivo en cuanto la conservación de los recursos y obtención de productos agrícolas. Lo anterior se podrá logra si se hacen adecuaciones a los actuales programas gubernamentales de apoyo al campo, los cuales deben orientarse hacia apoyos que promuevan la conservación de los recursos en esta área tan importante.

En el Sistema Terrestre El Temporal por ser el más conservado, además de ser zona de recarga hídrica, en donde existen bosques de alta calidad y alto valor escénico, además hay sitios de llegada de la mariposa monarca. Dentro de las políticas de protección, conservación y restauración se consideran la protección y la creación de un Área Natural Protegida en la zona de llegada de la mariposa monarca en donde se regulen las actividades recreativas (Facetas TE-4, TE-6, TE-8). Dentro de las políticas de conservación y restauración se considera necesario la cancelación de actividades forestales y la implementación de programas de reforestación y conservación de suelos. Deben implementarse programas gubernamentales de estímulos por la prestación de servicios ambientales.

Dentro del Sistema Terrestre Capilla Vieja en la Faceta CV-1el uso de la tierra es pecuario y en época de lluvias la mayor parte del Sistema se anega, se recomienda conservar el uso actual.

Cuadro 16. Propuesta de uso del suelo bajo condiciones de clima actual para la cuenca del Río Los Hoyos, Valle de Bravo, Estado de México.

Faceta	Características ambientales							Índices			Políticas ambientales	Usos del suelo		Condicionado
	Forma	Pendiente (%)	Altitud	Geología	Hidrología	Uso actual	Suelo	Tipo climático	Uso de suelo	Erosión	Margina-ción	Conveniente	Alternati-vo	
VB-1	Ladera escarpada	50	2152	Brecha volcánica	Pequeñas corrientes efímeras	Forestal recreativo escénico	Luvisol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Nula	Muy bajo	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	Forestal
VB-2	Ladera escarpada	40 a 45	2050	Brecha volcánica	Pequeñas corrientes efímeras	Forestal residencial	Luvisol	C2 w1 B2' a'	Sobreutilizado	Ligera	Muy bajo	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	Forestal
AT-1	Ladera escarpada	30 a 35	1897	Basaltos	Corriente perenne	Urbano residencial	Luvisol	C2 w1 B2' a'	Sobreutilizado	NC*	Muy bajo	Urbano con una planeación adecuada para conservar el ambiente (sistema de drenaje y plantas de tratamiento, reestablecimiento de vegetación en cañadas).	Establecimiento de parques y áreas verdes	
AT-2	Declive regular	25	2047	Basaltos	No existen	Urbano residencial	Luvisol	C2 w1 B2' a' C2 d B3' a'	Sobreutilizado	NC	Muy bajo			
AT-3	Declive regular	22	2048	Basaltos	No existen	Forestal agrícola	Luvisol	C2 w1 B2' a'	Sobreutilizado	Nula NC	Muy bajo, bajo	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	Forestal
AT-4	Planicie ondulada	< a 5	2024	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes permanentes	Agrícola de temporal	Luvisol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Alta, Moderada	Alto, medio	Agrícola de riego y temporal, con practicas de conservación de suelos	Agroforestería, pecuario	
AT-5	Lomerio suave	15 a 20	2110	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes efímeras	Agrícola de temporal y riego	Andosol	C2 w1 B2' a'	Sobreutilizado	Moderada, alta	Medio	Vida silvestre, servicios ambientales	Agroforestería	
AT-6	Planicie	0 a 6	2121	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes efímeras	Agrícola de temporal, asentamientos humanos	Andosol	C2 w1 B2' a'	Sobreutilizado	Alta	Alto	Agrícola de riego y temporal, con practicas de conservación de suelos	Agroforestería, pecuario	Urbano con una planeación adecuada para conservar el ambiente

AT-7	Lomerío suave	8 a 25	2021	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes efímeras	Agrícola de temporal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Sobreutilizado	Ligera, moderada	Alto	Aprovechamiento	Agrícola de riego y temporal, con practicas de conservación de suelos	Agroforestería	Pecuário
AT-8	Planicie ondulada	5 a 10	2019	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes efímeras	Agrícola de temporal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Moderada, alta	Alto, muy alto	Aprovechamiento	Agrícola, con practicas de conservación de suelos	Agroforestería	
SS-1	Ladera	30 a 35	2042	Basaltos	Corrientes efímeras	Forestal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Nula	Alto, medio	Protección	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	Forestal
SS-2	Ladera	30 a 35	2055	Basaltos	Corrientes permanentes	Forestal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Nula	Alto, medio	Protección	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	Forestal
SS-3	Planicie	< a 5	2140	Basaltos	No	Agrícola de riego y temporal	Luvisol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Moderada, ligera, alta	Alto	Aprovechamiento	Agrícola, con practicas de conservación de suelos	Agroforestería, pecuario	
SS-4	Planicie ondulada	5 a 15	2117	Basaltos	No	Agrícola de riego y temporal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Sobreutilizado	Ligera, moderada, alta	Alto, medio	Aprovechamiento	Agrícola, con practicas de conservación de suelos	Agroforestería	Asentamientos humanos, con una planeación adecuada para conservar el ambiente
SS-5	Lomerío suave	15 a 20	2206	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes efímeras	Agrícola de riego y temporal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Sobreutilizado	Moderada, alta	Medio, alto	Aprovechamiento	Agrícola de riego y temporal, con practicas de conservación de suelos	Agroforestería	Pecuário
SS-6	Ladera	25 a 35	2122	Basaltos	Corrientes efímeras	Forestal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Nula	Alto	Conservación	Vida silvestre, servicios ambientales		Forestal
SS-7	Ladera	28 a 32	2103	Basaltos	Corrientes efímeras	Forestal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Nula	Alto	Conservación	Vida silvestre, servicios ambientales		Forestal
SS-8	Laderas escarpadas	40 a 50	2320	Basaltos	Corrientes efímeras	Forestal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Nula	Medio	Conservación	Vida silvestre, servicios ambientales		Forestal

SS-9	Planicie	3 a 6	2034	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes permanentes	Agrícola de riego temporal	Luvisol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Alta, moderada	Alto	Aprovechamiento	Agrícola de riego y temporal, con practicas de conservación de suelos	Pecuario	Urbano de baja densidad, con una planeación adecuada para conservar el ambiente
SS-10	Ladera	30 a 35	2137	Basaltos	Corrientes permanentes y temporales	Forestal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Nula	Alto	Conservación	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	Forestal
SS-11	Lomerío suave	15 a 18	2251	Basaltos	Corrientes temporales	Agrícola de riego y temporal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Sobreutilizado	Alta, moderada	Muy alto	Aprovechamiento	Agrícola de riego y temporal, con practicas de conservación de suelos	Agroforestería, no invadir la zona forestal	
SS-12	Planicie	< a 5	2244	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes permanentes	Agrícola de riego temporal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Alta, moderada	Muy alto	Aprovechamiento	Agrícola, con practicas de conservación de suelos	Agroforestería, pecuario.	
SS-13	Planicie	5 a 8	2218	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes permanentes	Agrícola de riego	Andosol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Moderada, alta, muy alta	Muy alto	Aprovechamiento	Agrícola de riego y temporal, con practicas de conservación de suelos	Pecuario	
SS-14	Planicie	3 a 9	2223	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes temporales	Campo de golf	Andosol	C2 w1 B2' a'	Sobreutilizado	Nula	Medio	Aprovechamiento	Campo de golf	Reforestar en las inmediaciones y tener cuidado con los causes	
SS-15	Lomerío suave	13 a 18	2195	Basaltos	Corrientes efímeras	Forestal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Adecuado, subutilizado	Nula	Muy alto	Conservación	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	Forestal
SS-16	Planicie	3 a 9	2217	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes permanentes	Agrícola de riego y temporal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Moderada, alta	Muy alto	Aprovechamiento	Agrícola de riego y temporal, con practicas de conservación de suelos	Pecuario	

SS-17	Lomerío tendido	12 a 25	2233	Basaltos	Corrientes efímeras	Agrícola de riego y temporal	Cambisol	C2 w1 B2' a' B1 w1 B2' a' B1 r B2' a'	Sobreutilizado	Alta, muy alta	Medio	Aprovechamiento	Agrícola de riego y temporal, con prácticas de conservación de suelos.	Agroforestería	
SS-18	Laderas escarpadas	> a 70	2257	Basaltos	Corrientes permanentes, zona de manantiales	Forestal	Andosol	C2 w1 B2' a' B1 w1 B2' a' B1 r B2' a' B2 r B2' a' B3 r B1' a'	Adecuado	Nula, alta	Medio, muy alta	Protección	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	
SS-19	Ladera	25 a 30	2465	Basaltos	Corrientes permanentes, zona de manantiales	Forestal	Andosol	B1 w1 B2' a' B1 r B2' a' B2 r B2' a' B3 r B1' a'	Adecuado	Nula	Muy alto, alto	Conservación	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	Forestal
SS-20	Planicie	2 a 8	2565	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes temporales	Agrícola de temporal	Andosol	B1 r B2' a' B2 r B2' a'	Adecuado	Moderada, alta	Muy alto	Aprovechamiento	Agrícola, con prácticas de conservación de suelos	Agroforestería, pecuario	
SS-21	Planicie	5 a 12	2584	Basaltos	Corrientes permanentes	Agrícola de temporal	Andosol	B1 r B2' a' B2 r B2' a' B3 r B1' a'	Adecuado, sobreutilizado	Alta, muy alta, moderada	Alto	Aprovechamiento	Agrícola, con prácticas de conservación de suelos	Agroforestería, pecuario	Urbano de baja densidad, con una planeación adecuada para conservar el ambiente

SS-22	Planicie	3 a 15	2582	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes permanentes y temporales	Agrícola de temporal y riego	Feozem	B1 r B2' a' B2 r B2' a' B3 r B1' a'	Adecuado, subutilizado	Alta, moderada, a,	Medio	Aprovechamiento	Agrícola de riego y temporal, con practicas de conservación de suelos.	Urbano con una planeación adecuada para conservar el ambiente (sistema de drenaje y plantas de tratamiento
ET-1	Ladera	20 a 35	2550	Basaltos	Corrientes permanentes	Forestal	Andosol	B1 r B2' a' B2 r B2' a' B3 r B1' a'	Adecuado, subutilizado	Nula, moderada	Alto	Conservación	Vida silvestre, servicios ambientales	Forestal
ET-3	Planicie	0 a 10	2652	Deposito de cenizas volcánicas	No	Agrícola de temporal	Andosol	B3 r B1' a' B2 r B2' a' B1 r B2' a'	Adecuado	Moderada, ligera, alta	Alto	Aprovechamiento	Agrícola, con practicas de conservación de suelos	Pecuario
ET-4	Ladera	20 a 40	2825	Basaltos	Corrientes temporales	Forestal	Andosol	B3 r B1' a'	Adecuado	Nula	Medio, alto	Protección	Vida silvestre, servicios ambientales	Forestal
ET-5	Ladera	20 a 30	2901	Basaltos	Corrientes torrenciales efimeras	Forestal	Andosol	B3 r B1' a'	Adecuado	Nula	Alto	Restauración	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo
ET-6	Ladera escarpada	40 a 45	2915	Basaltos	No	Forestal	Andosol	B3 r B1' a'	Adecuado	Nula	Alto	Protección	Vida silvestre, servicios ambientales	Forestal
ET-7	Planicie	2 a 8	2936	Deposito de cenizas volcánicas	No	Pecuario	Andosol	B3 r B1' a'	Subutilizado	Nula, ligera	Muy alto	Restauración	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo
ET-8	Ladera escarpada	50 a 65	2925	Basaltos	Corrientes permanentes y torrenciales efimeras	Forestal	Andosol	B3 r B1' a' B4 r B1' a' A r B1' a'	Adecuado	Nula	Muy alto	Protección	Vida silvestre, servicios ambientales	Forestal

ET-9	Planicie	2 a 8	2963	Basaltos	Corrientes permanentes y temporales	Ganadero extensivo	Andosol	B3 r B1' a' B4 r B1' a'	Subutilizado	Modera-da, ligera, nula	Muy alto	Restauración	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	
ET-10	Ladera	30 a 35	2817	Basaltos	Corrientes torrenciales temporales	Forestal	Andosol	B3 r B1' a'	Adecuado	Nula	Alto, muy alto	Restauración	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	
ET-11	Planicie	< a 5	2795	Basaltos	Corrientes permanentes	Acuicultura	Andosol	B3 r B1' a'	Subutilizado	Nula	Alto	Aprovechamiento	Acuicultura		
ET-12	Planicie	4 a 10	2789	Basaltos	No	Agrícola de temporal	Andosol	B3 r B1' a'	Sobreutilizado	Modera-da, alta	Alto	Restauración	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	
ET-13	Planicie	5 a 10	2760	Basaltos	Corrientes intermitentes	Agrícola de temporal	Andosol	B3 r B1' a'	Sobreutilizado	Modera-da, alta	Alto, muy alto	Aprovechamiento	Agrícola, con prácticas de conservación d suelos	Pecuario	
ET-14	Ladera pronunciada	38 a 45	2598	Basaltos	Corrientes torrenciales efímeras	Forestal	Andosol	B1 r B2' a' B2 r B2' a' B3 r B1' a'	Adecuado	Nula	Alto	Protección	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	Forestal
ET-15	Ladera	20 a 35	2550	Basaltos	Corrientes permanentes y efímeras	Forestal	Andosol	B3 r B1' a' B1 r B2' a' B2 r B2' a'	Adecuado	Nula	Muy alto	Protección	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	Forestal
ET-16	Planicie	5 a 8	2540	Deposito de cenizas volcánicas	No	Agrícola de temporal	Andosol	B1 r B2' a' B2 r B2' a' B3 r B1' a'	Adecuado, sobreutilizado	Alta, modera-da	Muy alto, alto	Restauración	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	Agrícola, con prácticas de conservación de suelos
ET-17	Ladera	30 a 35	2342	Basaltos	Corrientes intermitentes	Forestal	Andosol	C2 w1 B2' a' B1 w1 B2' a'	Adecuado	Nula	Muy alto	Conservación	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	Forestal
CV-1	Planicie	< a 5	2804	Suelos aluviales	Corrientes permanentes y torrenciales intermitentes	Ganadero		B3 r B1' a'	Adecuado	Nula, ligera	Muy alto	Aprovechamiento	Pecuario		

CV-2	L.omerio suave	15 a 25	2815	Basaltos	Corrientes torrenciales intermitentes	Forestal	Andosol	B3 r B1' a'	Subutilizado	Nula	Muy alto	Conservación	Vida silvestre	Ecoturismo	Forestal
------	----------------	---------	------	----------	---------------------------------------	----------	---------	-------------	--------------	------	----------	--------------	----------------	------------	----------

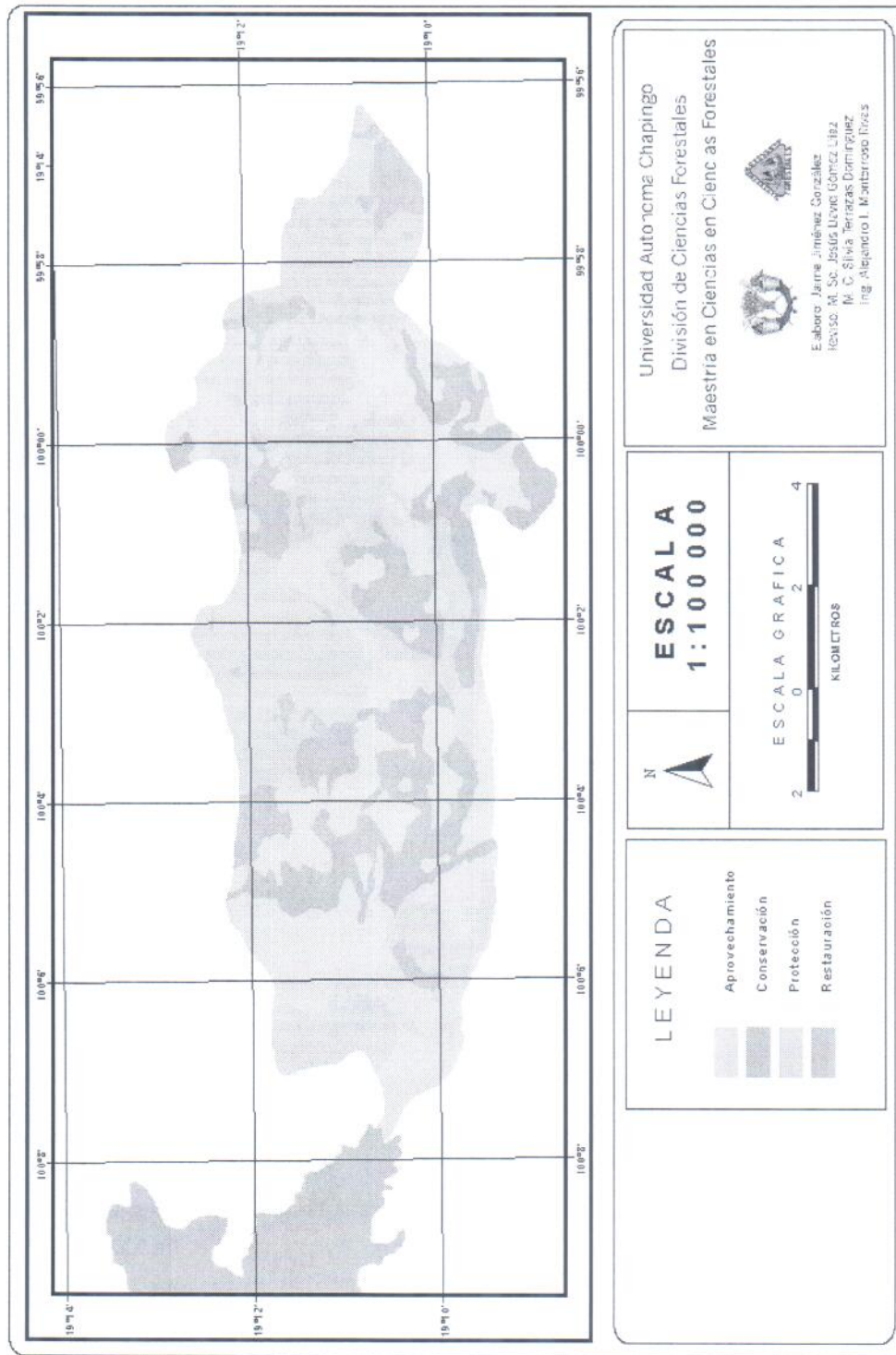


Figura 26. Mapa del Modelo de Ordenamiento Ecológico bajo condiciones de clima actual de la cuenca del Río Los Hoyos, Valle de Bravo, Estado de México.

Con la finalidad de remarcar la importancia de los impactos del cambio climático dentro de los programas de ordenamiento ecológico territorial en zonas sensibles, se presenta la siguiente propuesta de uso del suelo (Cuadro 17) y el modelo de ordenamiento ecológico territorial resultante de incorporar este factor (Figura 27).

Dentro del modelo propuesto se consideró a las variables de deficiencias y demasías de agua y su duración (meses) para la zona de estudio en el escenario de clima actual y el escenario de cambio climático como una herramienta importante para determinar los posibles cambios en los ciclos agrícolas, la recarga de manantiales y los posibles impactos en la vegetación natural de la zona como pueden ser desarrollo del estrato herbáceo y arbustivo y riesgos de incendios.

Lo anterior, con la finalidad de incorporarlo a las políticas ambientales dictaminadas en el ordenamiento ecológico territorial, las cuales a su vez consideren la vulnerabilidad de la zona de estudio frente al inminente cambio climático. Esto con la finalidad de establecer criterios que fomenten de forma equilibrada espacios para la promoción del desarrollo social, económico y espacios geográficos suficientes para mantener los servicios ambientales que les dan sustento.

En el Sistema Terrestre Valle de Bravo, aparte de las actividades propuestas en el otro modelo, estas deben de ser mucho más estrictas y se deben crear programas de manejo de los recursos que contemplen estrategias efectivas de conservación de la masa arbolada, se prevengan y controlen incendios forestales, dado que el riesgo de ocurrencia de estos siniestros se elevara considerablemente. También debe hacerse investigaciones de la adaptabilidad de las especies presentes a las nuevas condiciones climáticas. Debe darse mayor importancia a los servicios ambientales que proporciona la zona debido a que los escurrimientos y gasto de los manantiales será considerablemente menor.

En el Sistema Terrestre Acatitlán, las Facetas AT-1 y AT-2 se consideran dentro de la política de aprovechamiento para uso urbano en donde debe realizarse una planeación adecuada que contemple la conservación del entorno, sobre todo de los cauces de los

Cuadro 17. Propuesta de uso del suelo bajo el escenario de cambio climático para la cuenca del Río Los Hoyos, Valle de Bravo, Estado de México.

Faceta	Características ambientales						Índices		Políticas ambientales	Usos del suelo		Condicionado
	Forma	Pendiente (%)	Altitud	Geología	Hidrología	Uso actual	Suelo	Tipo climático	Uso de suelo	Erosión	Margina-ción	
VB-1	Ladera escarpada	50	2152	Brecha volcánica	Pequeñas corrientes efímeras	Forestal recreativo escénico	Luvisol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Nula	Muy bajo	Forestal
VB-2	Ladera escarpada	40 a 45	2050	Brecha volcánica	Pequeñas corrientes efímeras	Forestal residencial	Luvisol	C2 w1 B2' a'	Sobreutilizado	Ligera	Muy bajo	Forestal
AT-1	Ladera escarpada	30 a 35	1897	Basaltos	Corriente perenne	Urbano residencial	Luvisol	C2 w1 B2' a'	Sobreutilizado	NC*	Muy bajo	Establecimiento de parques y áreas verdes
AT-2	Declive regular	25	2047	Basaltos	No existen	Urbano residencial	Luvisol	C2 w1 B2' a' C2 d B3' a'	Sobreutilizado	NC	Muy bajo	(sistema de drenaje y plantas de tratamiento, reestablecimiento de vegetación en cañadas).
AT-3	Declive regular	22	2048	Basaltos	No existen	Forestal agrícola	Luvisol	C2 w1 B2' a'	Sobreutilizado	Nula NC	Muy bajo	Forestal
AT-4	Planicie ondulada	< a 5	2024	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes permanentes	Agrícola de temporal	Luvisol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Alta, Moderada	Alto, medio	Agroforestería, pecuario
AT-5	Lomerío suave	15 a 20	2110	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes efímeras	Agrícola de temporal y riego	Andosol	C2 w1 B2' a'	Sobreutilizado	Moderada, alta	Medio	Agroforestería

AT-6	Planicie	0 a 6	2121	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes efímeras	Agrícola de temporal, asentamientos humanos	Andosol	C2 w1 B2' a'	Sobreutilizado	Alta	Alto	Aprovechamiento	Agrícola de riego y temporal, con practicas de conservación de suelos	Agroforestería, pecuario	Urbano con una planeación adecuada para conservar el ambiente
AT-7	Lomerío suave	8 a 25	2021	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes efímeras	Agrícola de temporal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Sobreutilizado	Ligera, moderada	Alto	Aprovechamiento	Agrícola de riego y temporal, practicas de conservación de suelos	Agroforestería	Pecuario
AT-8	Planicie ondulada	5 a 10	2019	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes efímeras	Agrícola de temporal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Moderada, alta	Alto, muy alto	Aprovechamiento	Agrícola, con practicas de conservación de suelos	Agroforestería	
SS-1	Ladera	30 a 35	2042	Basaltos	Corrientes efímeras	Forestal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Nula	Alto, medio	Protección	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	Forestal
SS-2	Ladera	30 a 35	2055	Basaltos	Corrientes permanentes	Forestal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Nula	Alto, medio	Protección	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	Forestal
SS-3	Planicie	< a 5	2140	Basaltos	No	Agrícola de riego y temporal	Luvisol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Moderada, ligera, alta	Alto	Aprovechamiento	Agrícola, con practicas de conservación de suelos	Agroforestería, pecuario	
SS-4	Planicie ondulada	5 a 15	2117	Basaltos	No	Agrícola de riego y temporal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Sobreutilizado	Ligera, moderada, alta	Alto, medio	Aprovechamiento	Agrícola, con practicas de conservación de suelos	Agroforestería	Asentamientos humanos, con una planeación adecuada para conservar el ambiente

SS-5	Lomerio suave	15 a 20	2206	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes efímeras	Agrícola de riego y temporal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Sobreutilizado	Modera-da, alta	Medio, alto	Aprovecha-miento	Agrícola de riego y temporal, con practicas de conservación de suelos	Agroforeste-ria	Pecuario
SS-6	Ladera	25 a 35	2122	Basaltos	Corrientes efímeras	Forestal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Nula	Alto	Conserva-ción	Vida silvestre, servicios ambientales		Forestal
SS-7	Ladera	28 a 32	2103	Basaltos	Corrientes efímeras	Forestal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Nula	Alto	Conserva-ción	Vida silvestre, servicios ambientales		Forestal
SS-8	Laderas escarpadas	40 a 50	2320	Basaltos	Corrientes efímeras	Forestal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Nula	Medio	Conserva-ción	Vida silvestre, servicios ambientales		Forestal
SS-9	Planicie	3 a 6	2034	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes permanentes	Agrícola de temporal y riego	Luvisol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Alta, modera-da	Alto	Aprovecha-miento	Agrícola de riego y temporal, con practicas de conservación de suelos	Pecuario	Urbano de baja densidad, con una planeación adecuada para conservar el ambiente
SS-10	Ladera	30 a 35	2137	Basaltos	Corrientes permanentes y temporales	Forestal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Nula	Alto	Conserva-ción	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	Forestal
SS-11	Lomerio suave	15 a 18	2251	Basaltos	Corrientes temporales	Agrícola de riego y temporal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Sobreutilizado	Alta, modera-da	Muy alto	Aprovecha-miento	Agrícola de riego y temporal, con practicas de conservación de suelos	Agroforeste-ria, no invadir la zona forestal	
SS-12	Planicie	< a 5	2244	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes permanentes	Agrícola de temporal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Alta, modera-da	Muy alto	Aprovecha-miento	Agrícola, con practicas de conservación de suelos	Agroforeste-ria, pecuario.	

SS-13	Planicie	5 a 8	2218	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes permanentes	Agrícola de riego	Andosol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Modera- da, alta, muy alta	Muy alto	Aprovecha miento	Agrícola de riego y temporal, con practicas de conservación de suelos	Pecuario	
SS-14	Planicie	3 a 9	2223	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes temporales	Campo de golf	Andosol	C2 w1 B2' a'	Sobreutilizado	Nula	Medio	Aprovecha miento	Campo de golf	Reforestar en las inmediacio- nes y tener cuidado con los causes	
SS-15	Lomerio suave	13 a 18	2195	Basaltos	Corrientes efimeras	Forestal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Adecuado, subutilizado	Nula	Muy alto	Conserva- ción	Vida silvestre, servicios ambientales	ecoturismo	Forestal
SS-16	Planicie	3 a 9	2217	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes permanentes	Agrícola de riego y temporal	Andosol	C2 w1 B2' a'	Adecuado	Modera- da, alta	Muy alto	Aprovecha miento	Agrícola de riego y temporal, con practicas de conservación de suelos	Pecuario	
SS-17	Lomerio tendido	12 a 25	2233	Basaltos	Corrientes efimeras	Agrícola de riego y temporal	Cambi- sol	C2 w1 B2' a' B1 w1 b2' a' B1 r B2' a' a'	Sobreutilizado	Alta, muy alta	Medio	Aprovecha miento	Agrícola de riego y temporal, con practicas de conservación de suelos.	Agroforeste- ria	
SS-18	Laderas escarpadas	> a 70	2257	Basaltos	Corrientes permanentes, zona de manantia- les	Forestal	Andosol	C2 w1 B2' a' B1 w1 b2' a' B1 r B2' a' B2 r B2' a' B3 r B1' a'	Adecuado	Nula, alta	Medio, muy alta	Protección	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	
SS-19	Ladera	25 a 30	2465	Basaltos	Corrientes permanentes, zona de manantia- les	Forestal	Andosol	B1 w1 B2' a' B1 r B2' a' B2 r B2' a' B3 r B1' a'	Adecuado	Nula	Muy alto, alto	Conservaci- ón	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	Forestal
SS-20	Planicie	2 a 8	2565	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes temporales	Agrícola de temporal	Andosol	B1 r B2' a' B2 r B2' a'	Adecuado	Modera- da, alta	Muy alto	Aprovecha miento	Agrícola, con practicas de conservación de suelos	Agroforeste- ria, pecuario	

SS-21	Planicie	5 a 12	2584	Basaltos	Corrientes permanentes	Agrícola de temporal	Andosol	B1 r B2' a' B2 r B2' a' B3 r B1' a'	Adecuado, sobreutilizado	Alta, muy alta, moderada	Alto	Aprovechamiento	Agrícola, con prácticas de conservación de suelos	Agroforestería, pecuario	Urbano de baja densidad, con una planeación adecuada para conservar el ambiente
SS-22	Planicie	3 a 15	2582	Deposito de cenizas volcánicas	Corrientes permanentes y temporales	Agrícola de temporal y riego	Feozem	B1 r B2' a' B2 r B2' a' B3 r B1' a'	Adecuado, sobreutilizado	Alta, moderada,	Medio	Aprovechamiento	Agrícola de riego y temporal, con prácticas de conservación de suelos.	Urbano con una planeación adecuada para conservar el ambiente (sistema de drenaje y plantas de tratamiento, reestablecimiento de vegetación en cañadas).	
ET-1	Ladera	20 a 35	2550	Basaltos	Corrientes permanentes	Forestal	Andosol	B1 r B2' a' B2 r B2' a' B3 r B1' a'	Adecuado, subutilizado	Nula, moderada	Alto	Protección	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	Forestal
ET-3	Planicie	0 a 10	2652	Deposito de cenizas volcánicas	No	Agrícola de temporal	Andosol	B3 r B1' a' B2 r B2' a' B1 r B2' a'	Adecuado	Moderada, ligera, alta	Alto	Restauración Protección	Vida silvestre, servicios ambientales	Cancelación de actividades agrícolas y establecimiento de reforestaciones	Pecuario
ET-4	Ladera	20 a 40	2825	Basaltos	Corrientes temporales	Forestal	Andosol	B3 r B1' a'	Adecuado	Nula	Medio, alto	Protección	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	Forestal
ET-5	Ladera	20 a 30	2901	Basaltos	Corrientes torrenciales efímeras	Forestal	Andosol	B3 r B1' a'	Adecuado	Nula	Alto	Restauración Protección	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	

ET-6	Ladera escarpada	40 a 45	2915	Basaltos	No	Forestal	Andosol	B3 r B1' a'	Adecuado	Nula	Alto	Protección	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	Forestal
ET-7	Planicie	2 a 8	2936	Deposito de cenizas volcánicas	No	Pecuario	Andosol	B3 r B1' a'	Subutilizado	Nula, ligera	Muy alto	Restauración Protección	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	
ET-8	Ladera escarpada	50 a 65	2925	Basaltos	Corrientes permanentes y torrenciales efímeras	Forestal	Andosol	B3 r B1' a' B4 r B1' a' A r B1' a'	Adecuado	Nula	Muy alto	Protección	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	Forestal
ET-9	Planicie	2 a 8	2963	Basaltos	Corrientes permanentes y temporales	Ganadero extensivo	Andosol	B3 r B1' a' B4 r B1' a'	Subutilizado	Moderada, ligera, nula	Muy alto	Restauración Protección	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	
ET-10	Ladera	30 a 35	2817	Basaltos	Corrientes torrenciales temporales	Forestal	Andosol	B3 r B1' a'	Adecuado	Nula	Alto, muy alto	Restauración Protección	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	
ET-11	Planicie	< a 5	2795	Basaltos	Corrientes permanentes	Acuacultura	Andosol	B3 r B1' a'	Subutilizado	Nula	Alto	Aprovechamiento	Acuacultura		
ET-12	Planicie	4 a 10	2789	Basaltos	No	Agrícola de temporal	Andosol	B3 r B1' a'	Sobreutilizado	Moderada, alta	Alto	Restauración Protección	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	
ET-13	Planicie	5 a 10	2760	Basaltos	Corrientes intermitentes	Agrícola de temporal	Andosol	B3 r B1' a'	Sobreutilizado	Moderada, alta	Alto, muy alto	Aprovechamiento	Agrícola, con practicas de conservación d suelos	Pecuario	
ET-14	Ladera pronunciada	38 a 45	2598	Basaltos	Corrientes torrenciales efímeras	Forestal	Andosol	B1 r B2' a' B2 r B2' a' B3 r B1' a'	Adecuado	Nula	Alto	Protección	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	Forestal
ET-15	Ladera	20 a 35	2550	Basaltos	Corrientes permanentes y efímeras	Forestal	Andosol	B3 r B1' a' B1 r B2' a' B2 r B2' a'	Adecuado	Nula	Muy alto	Protección	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	Forestal
ET-16	Planicie	5 a 8	2540	Deposito de cenizas volcánicas	No	Agrícola de temporal	Andosol	B1 r B2' a' B2 r B2' a' B3 r B1' a'	Adecuado, sobreutilizado	Alta, moderada	Muy alto, alto	Restauración Protección	Vida silvestre, servicios ambientales	Ecoturismo	Agrícola, con practicas de conservación de suelos

ET-17	Ladera	30 a 35	2342	Basaltos	Corrientes intermitentes	Forestal	Andosol	C2 w1 B2' a' B1 w1 B2' a'	Adecuado	Nula	Muy alto	Conservación Protección Aprovechamiento	Vida silvestre, servicios ambientales Pecuario	Ecoturismo	Forestal
CV-1	Planicie	< a 5	2804	Suelos aluviales	Corrientes permanentes y torrenciales intermitentes	Ganadero		B3 r B1' a'	Adecuado	Nula, ligera	Muy alto				
CV-2	Lomerío suave	15 a 25	2815	Basaltos	Corrientes torrenciales intermitentes	Forestal	Andosol	B3 r B1' a'	Subutilizado	Nula	Muy alto	Conservación	Vida silvestre	Ecoturismo	Forestal

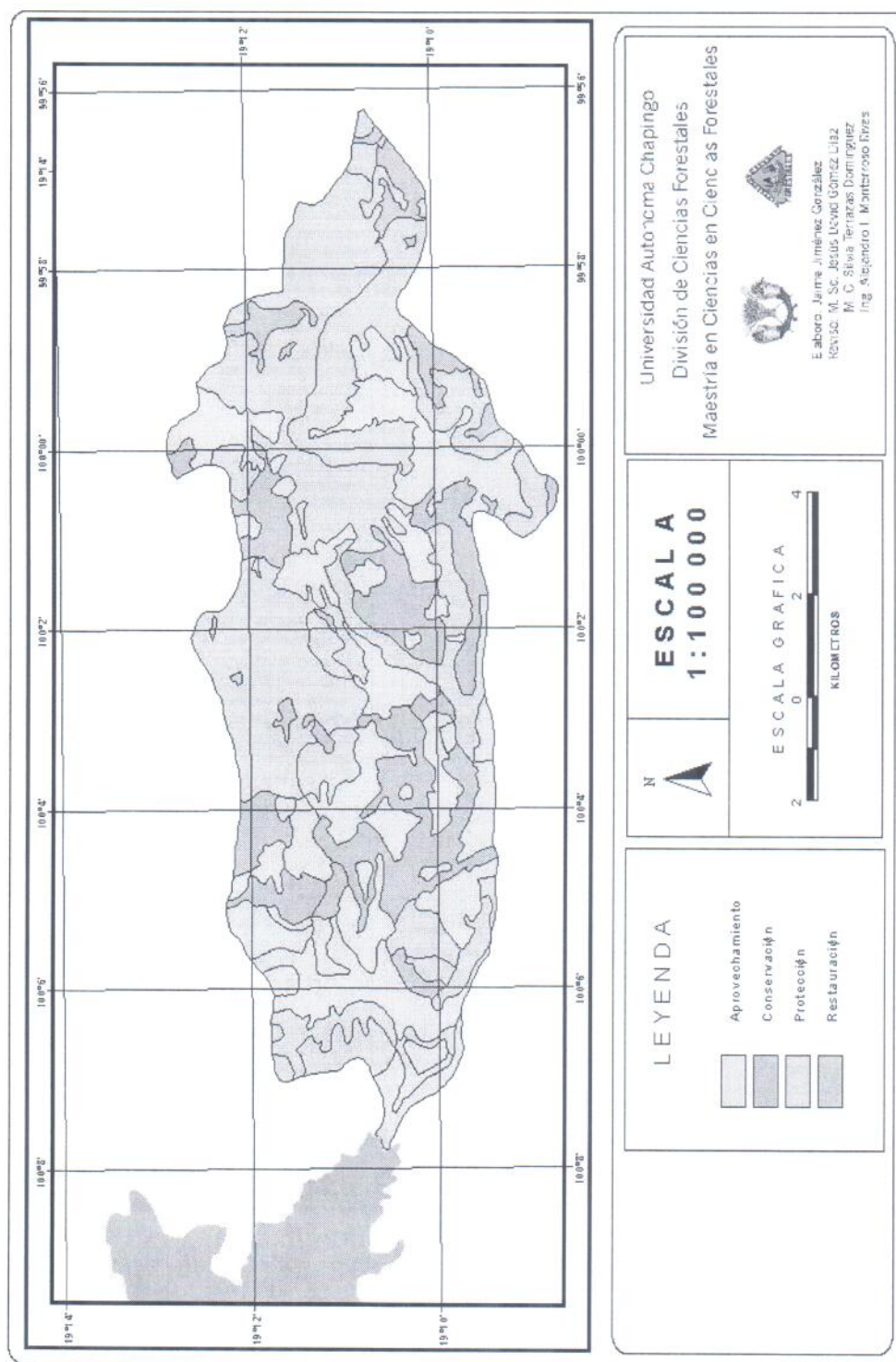


Figura 27. Mapa del Modelo de Ordenamiento Ecológico bajo condiciones de cambio climático de la cuenca del Río Los Hoyos, Valle de Bravo, Estado de México.

diversos arroyos y la calidad del agua de los mismos. Además debe considerarse el efecto del aumento de la temperatura en el confort de la gente, por lo que deben planearse el establecimiento de áreas verdes y parques. Se deben generar estrategias para hacer un mejor uso del recurso agua ya que este disminuirá.

En las Facetas de este Sistema que corresponden a la mayor proporción de las áreas de producción agrícola de la cuenca, debe promoverse que las prácticas de conservación del suelo se generalicen, manejando para ello estímulos que pueden ser adecuaciones de los actuales programas gubernamentales de apoyo al campo. También se deben buscar nuevas estrategias en la producción agrícola como nuevas especies o variedades que se adapten los nuevos periodos de crecimiento y balances de humedad. Como el suelo superficial estará seco por periodos más prolongados y dada su alta susceptibilidad a la erosión hídrica y eólica, deben de establecerse programas de conservación de los mismos buscando dentro de las variadas estrategias que para ello se recomiendan (cultivos de cobertura, en franjas, barreras vivas, mantener cubierto el terreno ya sea con residuos de cosecha o vegetación viva, etc).

En las Facetas SS-1, SS-2, SS-6, SS-7, SS-8, SS-10, SS-18 y SS-19 del Sistema Terrestre San Simón El Alto es muy importante la cancelación de actividades forestales e intensificación de la reforestación y conservación de suelos. Deben implementarse programas gubernamentales de estímulos por la prestación de servicios ambientales que permitan tener una fuente de ingresos a los propietarios de estos terrenos y con ello promover la conservación y protección de estos sitios. Dentro de estos programas debe promoverse la recuperación de suelos con potencial forestal que actualmente están siendo sobreutilizados por actividades agrícolas. Los programas de prevención y control de incendios se vuelven fundamentales para evitar la pérdida de estos bosques.

Las Facetas restantes de este Sistema Terrestre se consideraron dentro de las políticas de aprovechamiento para la agricultura, en donde se deben promover políticas que busquen elevar la producción así como prácticas de conservación del suelo las cuales se generalicen en todas estas zonas, también se deben promover la implementación de

prácticas agroforestales, lo anterior se puede lograr mediante adecuaciones a los actuales programas gubernamentales de apoyo al campo.

En el Sistema Terrestre El Temporal se considero dentro de la política de protección, en donde se debe considerar la creación de un Área Natural Protegida en toda la zona, en donde considera necesario la cancelación de actividades forestales y la implementación de programas de reforestación y conservación de suelos. Deben implementarse programas gubernamentales de estímulos por la prestación de servicios ambientales. Los programas de prevención y control de incendios forestales se vuelven de vital importancia fundamental.

Dentro del Sistema Terrestre Capilla Vieja en la Faceta CV-1 el uso de la tierra es pecuario y en época de lluvias la mayor parte del Sistema se anega, se recomienda conservar el uso actual.

Como puede apreciarse las matrices son casi iguales por no presentarse problemas muy notables de deficiencias de agua en la zona de estudio, por lo que las políticas ambientales y las propuestas de uso del suelo no presentan cambios significativos, pero es de esperarse que en zonas con deficiencias de humedad los cambios en las políticas ambientales y las propuestas de uso del suelo serán más notables.

5. CONCLUSIONES

Al realizar un ordenamiento ecológico territorial detallando debe generarse información, de los aspectos que se involucran en el mismo, con mayor grado de detalle que la reportada por las instancias gubernamentales para tener un marco de referencia más preciso y que las propuestas se apeguen más a la realidad.

El Levantamiento Fisiográfico es una herramienta muy útil en el desarrollo de propuestas de los Ordenamientos Ecológicos Territoriales dado que permite detallar, hasta donde se considere conveniente, la caracterización de las unidades de paisaje (Facetas) por lo que los diagnósticos serán más completos y detallados, permitiendo identificar problemas y proponer acciones y estrategias en la prevención del deterioro de los recursos y que sean factibles de llevar a cabo.

El Sistema de Clasificación climática de Thornthwaite modificado (Dunne, 1978) delimita con mayor detalle los climas que el Sistema de Köppen modificado por García (1988) y presenta una relación más estrecha con los diferentes tipos de vegetación, además de que considera el balance hídrico, por tal motivo es más apropiado para trabajos de Ordenamientos Ecológicos Territoriales locales de áreas importantes y sensibles al impacto por cambios de uso de la tierra.

La incorporación de escenarios de cambio climático dentro de la metodología de Ordenamientos Ecológicos Territoriales permiten establecer criterios más apegados a la realidad y la planeación de manejo de los recursos naturales a mediano y largo plazo será más adecuada.

6. RECOMENDACIONES

Incorporar el método del Levantamiento Fisiográfico en la realización de los Ordenamientos Ecológicos Locales, ya que permite obtener información de primera mano, por lo tanto se tendrá un diagnóstico más completo y actual.

Realizar la caracterización de las variables climáticas ya que la información existente es muy general.

En las áreas con climas que presenten una deficiencia de humedad marcada, se recomienda utilizar el Sistema de Clasificación Climática de Thornthwaite modificado (Dunne, 1978) ya que expresa con mayor detalle las condiciones ecoclimáticas de las especies vegetales de dichas zonas.

En regiones con gradientes alto térmicos marcados y con déficit de humedad ya sea ligera o nula el Sistema de Clasificación Climática de Köppen modificado (García, 1988) es una buena opción al subdividir los grupos climáticos por las condiciones térmicas.

Incorporar los escenarios de Cambio Climático a la metodología de Ordenamiento Ecológico Territorial con la finalidad de tener una visión más real de las condiciones futuras.

7. LITERATURA CITADA

Ahrens C., D. 1994. Meteorology today: An introduction to weather, climate, and the environment. 5th ed. West Publishing Co. St Paul, MN. 544 pp.

Alba R., E. 1999. Cambio Climático Global: sus efectos en México y medidas por adoptar para controlar sus efectos. In: Memoria del seminario sobre Cambio Climático Global. Comisión de Bosque y Selvas y Comisión de Ecología y Medio Ambiente (comps.). LVII Legislatura de la H. Cámara de Diputados. D.F., México. pp: 23-31.

Barredo C., J. I. 1996. Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. Ed. RA-MA. España. 265 pp.

Broecker W. and G. Denton. 1990. What drives glacial cycles?. Sci. Amer. 262: 43-50.

CONAPO. 2003. www.conapo.gob.mx/n_en_cifras/4.htm. Pagina consultada en febrero del 2003.

Conde, C., Sánchez O, Magaña V, Gay C. 1998. Escenarios climáticos básicos y regionales. México ante el cambio climático. In: Memorias del 2º taller de estudio de país: México. Instituto Nacional de Ecología y UNAM (eds). Cuernavaca, México.

Curie, R., G. 1996. Mn and Sc signals in North Atlantic tropical cyclone occurrence. Int. J. Climatol., 16:427-439.

Díaz C., J. L. 2002. Caracterización climática del Estado de Colima bajo escenarios de cambio climático y probabilidades de precipitación. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 106 pp.

Douglas A. 2001. Douglas Mexican temperature, precipitation and drought data base documentation. Department of Atmospheric Science. Creighton University, Omaha, NE.

Dunne T. 1978. Water in environmental planning. W.H. Freeman and Co. New York.

Figueroa S., B., A. Amante O., Cortés T. H. G., J. Pimentel L., Osuna C. E. S., J. M. Rodríguez O. Y Morales F. F. J. 1991. Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. Colegio de Postgraduados. Centro Regional para Estudios de Zonas Áridas y semiáridas. Montecillo, Méx. 150 pp.

- Flores S., T. 2003. Comportamiento termopluvial bajo escenarios de Cambio Climático en el Estado de Aguascalientes y sur de Zacatecas, México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 105 pp.
- García E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. México, D. F. 220 pp.
- Gay G., C. 1999. Cambio Climático Global: La perspectiva del sector académico. In: Memoria del seminario sobre Cambio Climático Global. Comisión de Bosque y Selvas y Comisión de Ecología y Medio Ambiente (comps.).LVII Legislatura de la H. Cámara de Diputados. D.F., México. pp: 33-45.
- Genthon C., J. Barnola, D. Raynaud, C. Lorius, N. Barkov, Y. Korotkevich and V. Kotlykov. 1987. Vostok ice core: climatic response to CO₂ and orbital forcing changes over the last climatic cycle. *Nature*, 329: 414-418.
- Gil A., E. A. 2000. Ordenamiento ecológico en la parte oriente del Valle de Ixtlahuaca, Estado de México. Tesis profesional. Universidad Autonoma Chapingo. Chapingo México. 110 pp.
- Gómez D., J. D. 1995. Clasificación Climática de Papadakis con aplicaciones para México. Departamento de Suelos. Universidad Autonoma Chapingo. Chapingo, México. 111 pp.
- Gómez, D., J. D. y A. I. Monteroso R. 1999. Metodología para el trazo de isoyetas considerando la fisiografía. Universidad Autonoma Chapingo. Sin publicar.
- Gómez, D., J. D. y A. I. Monteroso R. 2002. Modificación a las regiones propuestas por Douglas. Universidad Autónoma Chapingo. Sin publicar.
- Gómez O., D. 1992. Evaluación de impacto ambiental. Editorial Agrícola Española. Madrid, España.
- Gómez O., D. 1994. Ordenación del Territorio: una aproximación desde el medio físico. Editorial Agrícola Española S. A. Madrid, España.
- González C., H. 1999. Valle de Bravo: Monografía municipal. Primera edición. Instituto Mexiquense de Cultura. Toluca, México. 131 pp.
- Goodess, C., M., J. Palutikof and T.D. Davies. 1992. The Nature and Causes of Climate Change: Assessing and Long Term Future. Belhaven Press, London.
- Griffiths Jr. 1985. Climatología Aplicada. Primera Edición. Publicación cultural. México, DF.
- Henderson-S., A. and K. McGuffie. 1987. Climate Modeling: A Primer . John Wiley, Chichister.

Houghton, J. T., G. J. Jenkins and J.J. Ephraums (eds.). 1990. Climate Change: The IPCC Scientific Assessment, Cambridge University Press, Cambridge.

Houghton J. T., G. J. Jenkins and J.J. Ephraums. 1992. Climate Change: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment, Cambridge University Press, Cambridge.

I.M.T.A. 2000. Extractor Rápido de Información Climatológica. ERIC CD-ROM. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México.

INEGI. 1976. Carta edafológica del Volcán Nevado de Toluca, Estado de México. Volcán Nevado de Toluca E14A47, escala 1: 50 000. Comisión de Estudios del Territorio Nacional. Secretaría de Programación y Presupuesto. D. F. México.

INEGI. 1980. Carta de uso del suelo del Volcán Nevado de Toluca, Estado de México. Volcán Nevado de Toluca E14A47, escala 1: 50 000. Segunda edición. Comisión de Estudios del Territorio Nacional. Secretaría de Programación y Presupuesto. D. F. México.

INEGI. 1979. Carta edafológica de Valle de Bravo, Estado de México. Valle de Bravo E14A46, escala 1: 50 000. Dirección General de Estudios del Territorio Nacional. Secretaría de Programación y Presupuesto. D. F. México.

INEGI. 1982. Carta de uso del suelo y vegetación de Valle de Bravo, Estado de México. Valle de Bravo E14A46, escala 1: 50 000. Dirección General de Geografía. Secretaría de Programación y Presupuesto. D. F. México.

INEGI. 1983. Carta hidrológica de aguas superficiales, Morelia E14-1, escala 1: 250 000. Dirección General de Geografía. Secretaría de Programación y Presupuesto. D. F. México.

INEGI. 2000. Anuario estadístico México. Primera edición. Ags, México. 604 pp.

INEGI. 2001a. Síntesis de Información Geográfica del Estado de México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Ags., México. 148 pp.

INEGI. 2001b. XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Principales resultados por localidad. Ags., Méx.

INEGI 2001c. Carta estatal climas, México, escala 1: 400,000. Dirección General de Geografía. Aguascalientes., México.

INEGI 2003. <http://mex.inegi.gob.mx/territorio/espanol/clim.html> Pagina consultada en abril del 2003.

INE_SEMARNAT. 2000. Ordenamiento Ecológico General del Territorio 2000. Instituto Nacional de Ecología. México D.F. 38 pp.

INE-SEMARNAT. 2001. México. Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. D.F. México. 374 pp.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2001. IPCC Third assessment report, Working Group II. Summary for policy makers.

IPCC. 1998. Los impactos regionales del cambio climático. Un reporte especial del IPCC. Grupo de trabajo II. Reino Unido.

IPCC. 1992. El Cambio Climático Global y el Creciente Desafío del Mar.

Jiménez G., J. 2003. Modelo de tendencia del crecimiento de la población del municipio de Valle de Bravo. Sin publicar.

Kelly, P. M., P. Jia and P.D. Jones. 1996. The spatial response of climate system to explosive volcanic eruptions. *Int. J. Climatol.* 16: 537-550.

Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. 1988.

Luna S., B. 1998. Ordenamiento Ecológico en la cuenca del río Texcoco (Una propuesta metodológica). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos. 138 pp.

Magaña V., C. Conde, O. Sánchez y C. Gay. G. 2000. Evaluación de escenarios regionales de clima actual y de cambio climático futuro para México. In: México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. Gay G. C. (comp.). Universidad Nacional Autónoma de México. D. F., México. pp: 1-24.

Magaña, V., C. Conde, O. Sánchez, O. Gay, C. 1997. Evaluación actual y Futura de los Escenarios climáticos regionales de México. *Climate Research*, Vol. 9.

McGregor, G., R. and S. Nieuwolt. 1998. Tropical climatology: an introduction to the Climate of the Low Latitudes. Second edition. John Wiley and Sons. England.

Medina G., Ruiz C, Martínez P. 1998. Los Climas de México una Estratificación Ambiental Basada en el Comportamiento Climático. INIFAP. Centro de Investigación Pacífico Centro México.

Monterroso R., A. I. y J. D. Gómez D. Los climas de México, una nueva clasificación. Universidad Autónoma Chapingo. Sin publicar.

Ortiz S., C. A. y H. E. Cuanalo C. 1978. Metodología del Levantamiento Fisiográfico: un sistema de clasificación de tierras. Colegio de Postgraduados. Rama de Suelos. Chapingo, Méx.

Palma T., A. 2000. "Contribuciones a la metodología del Ordenamiento Ecológico Territorial detallado en México; estudio de caso de dos comunidades rurales de la

cuenca del río Texcoco". Tesis Doctoral. Colegio de postgraduados. Montecillo, México. 144 pp.

Plan de Desarrollo Municipal de Valle de Bravo 1997-2000.

PNUMA, 2000. Perspectivas del Medio Ambiente Mundial, 2000, GEO 2000. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Ed. Mundi Prensa. España.

Pujadas R. y J. Font. 1998. Ordenación y planificación territorial. Editorial Síntesis, colección Espacios y Sociedades. No. 8. Madrid, España.

Restelli G. and G. Angeletti. 1993. Dimethyl Sulphide: Ocean, Atmosphere and Climate. Kluwer Academic, London, U.K.

Sánchez G., P. 2001. La clasificación campesina de tierras y su relación con la producción de caña de azúcar en el sur de Veracruz. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 178 pp.

Sánchez G., P., C. A. Ortiz S., M. C. Gutiérrez C. Y J. D. Gómez D. 2002. Clasificación campesina de tierras y su relación con la producción de caña de azúcar en el sur de Veracruz. In: Terra. Vázquez A., A. (ed.). Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México. pp: 359-369.

SEDUE. 1988. Manual de Ordenamiento Ecológico del Territorio. Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología, Subsecretaria de Ecología, Dirección General de Normatividad y Regulación Ecológica. México, D. F. 357 pp.

SEMARNAT-UACH. 2002. Evaluación de la pérdida de suelos por erosión hídrica y eólica en la Republica Mexicana escala 1: 1 000,000. Memoria. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos. Chapingo, Méx. 145 pp.

SEMARNAP-SEDESOL-CONAPO-INEGI. 2000. Programa de ordenamiento territorial; Guía metodológica para el programa estatal de ordenamiento territorial. 104 pp.

Velez G., J. 1984. Definición, alcances y Metodología del Ordenamiento Ecológico del Territorio. Secretaria de Desarrollo Social; Instituto Nacional de Ecología. Dirección General de Ordenamiento Ecológico. México, D. F.

Villers R. L. y I. Trejo V. 2000. El cambio climático y la vegetación en México. In: México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. Gay G. C. (comp.). Universidad Nacional Autónoma de México. D. F., México. pp: 63-82.

Waterston, A. 1969. Planificación del Desarrollo. Fondo de Cultura Económica. México.

WMO, 1986. A report of the International Conference on the Assessment of Carbon Dioxide and Other Greenhouse Gases in Climate Variations and Associated.

ANEXO 1. ESTACIONES METEOROLOGICAS

ESTACION : AMANALCO DE BECERRA													
Alt. 2511 msnm lat. 19° 15' Long. 100° 1' 48"													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Temp. Med.	12.1	12.5	14.2	15.8	16.4	16.2	15.1	15.2	15.1	14.6	13.5	12.2	14.4
Prom. temp. más baja	0.6	0.5	1.2	2.8	4.0	5.2	5.3	5.0	4.9	3.2	1.5	1.1	2.9
Prom. temp. Min.	3.2	3.1	4.2	6.0	7.4	8.8	8.5	8.3	8.1	6.7	4.5	3.4	6.0
Prom. temp. Máx.	21.1	21.9	24.2	25.5	25.4	23.5	21.8	22.1	22.1	22.4	22.4	21.0	22.8
Humedad relativa (%)	73.0	71.7	69.7	70.6	72.7	77.9	80.1	79.3	79.0	76.2	73.0	73.4	74.7
ETP	82.4	89.2	106.1	112.0	106.6	82.5	69.1	72.2	73.1	81.7	89.0	81.3	1045.1
Precipitación	26.2	9.4	10.0	20.0	68.2	195.5	272.3	232.0	184.2	89.5	19.4	17.7	1144.3

ESTACION : SAN FRANCISCO OXTOTILPAN													
Alt. Lat. 19° 10' 12" Long. 99° 55' 12"													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Temp. Med.	10.7	11.6	13.0	14.5	15.3	15.0	14.2	14.1	14.0	13.3	11.8	11.0	13.2
Prom. de temp. más baja	-0.7	-0.4	0.3	1.5	3.6	4.2	4.4	4.0	3.5	2.0	0.3	-0.5	1.9
Prom. temp. Min.	2.1	2.6	3.7	5.5	7.3	8.9	8.2	7.9	7.7	6.0	3.6	2.7	5.5
Prom. temp. Máx.	19.2	20.5	22.4	23.5	23.2	21.0	20.2	20.4	20.3	20.7	20.2	19.5	20.9
Humedad relativa (%)	74.1	73.0	71.8	72.7	75.9	81.8	81.9	81.2	81.1	77.8	75.0	74.7	76.8
ETP	71.9	79.8	91.5	95.5	86.1	61.9	58.6	61.0	61.1	70.1	74.3	72.4	884.3
Precipitación	36.0	16.5	17.2	33.0	120.5	206.4	260.9	231.2	199.4	119.9	38.0	27.9	1160.2

ESTACION : PRESA VALLE DE BRAVO													
Alt. 1869 msnm Lat. 19° 12' Long. 100° 07'													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Temp. Med.	16.3	17.1	19.0	21.0	21.9	20.3	18.9	18.9	18.7	18.5	17.5	16.7	18.7
Prom. de temp. más baja	5.9	6.5	8.8	10.3	12.4	12.9	12.9	12.5	12.6	11.1	8.1	6.8	10.1
Prom. temp. Min.	9.4	9.9	11.5	13.7	15.3	15.7	14.9	14.8	14.7	13.6	11.7	10.3	13.0
Prom. temp. Máx.	23.0	24.3	26.5	28.4	28.5	25.1	22.9	22.9	22.7	23.3	23.4	23.1	24.5
Humedad relativa (%)	65.1	63.2	59.7	56.9	56.8	62.0	65.3	65.4	65.7	64.7	64.5	65.1	62.9
ETP	90.3	101.6	121.4	137.6	134.4	95.7	76.9	76.6	75.3	83.8	89.4	89.2	1172.3
Precipitación	19.0	5.1	5.2	6.8	49.3	163.4	186.6	180.3	157.8	80.3	16.5	9.5	879.8

ESTACION : VALLE DE BRAVO													
Lat. 19° 13' Long. 100° 07'													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Temp. Med.	14.7	15.7	17.6	19.6	20.6	20.3	18.2	18.0	18.0	17.4	16.6	15.1	17.7
Prom. de temp. más baja	1.5	1.9	2.6	4.5	6.5	8.2	6.8	5.3	5.3	3.9	2.6	2.0	4.3
Prom. temp. Min.	5.3	5.6	7.2	9.4	11.8	13.5	12.4	12.3	12.2	10.6	8.2	6.3	9.6
Prom. temp. Máx.	24.0	25.7	28.1	29.8	29.5	27.0	24.0	23.8	23.7	24.3	25.1	23.8	25.7
Humedad relativa (%)	71.7	69.6	68.4	69.1	73.3	79.7	82.5	82.7	82.7	79.4	74.5	73.6	75.6
ETP	100.8	116.5	135.9	147.5	131.1	94.3	70.9	69.3	69.3	81.6	99.7	95.1	1212.1
Precipitación	16.7	4.6	2.1	7.5	46.4	161.1	221.5	215.7	182.5	85.1	15.2	2.9	961.1

ESTACION : LA COMUNIDAD A-12, C H													
Lat. 19° 10' Long. 99°54'													
Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Temp. Med.	13.2	13.9	15.6	17.3	18.1	17.6	16.7	16.7	16.6	16.1	15.1	14.0	15.9
Prom. de temp. más baja	2.2	2.4	4.2	7.4	8.6	9.2	9.3	9.5	8.9	7.3	5.3	3.0	6.4
Prom. temp. Min.	5.4	6.1	7.7	10.0	11.4	12.2	11.5	11.5	11.4	10.1	8.1	6.6	9.3
Prom. temp. Máx.	20.9	21.8	23.6	24.6	24.7	22.9	21.9	21.9	21.8	22.1	22.0	21.5	22.5
Humedad relativa (%)	76.6	76.4	76.1	77.9	80.0	84.0	84.5	84.4	84.4	81.9	79.1	77.6	80.2
ETP	74.1	78.0	87.3	87.9	81.8	62.3	57.1	57.4	57.4	65.3	72.8	74.2	855.6
Precipitación	28.6	21.0	10.4	31.4	103.7	195.4	237.3	231.4	187.7	116.2	41.4	21.8	1226.5

ESTACION : EL FRESNO													
Lat. 19° 09' Long. 100° 04'													
Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Temp. Med.	10.7	11.8	13.4	14.5	15.1	14.9	13.8	14.2	14.2	13.1	11.8	10.8	13.2
Prom. de temp. más baja	1.0	1.4	2.9	4.4	6.0	7.0	5.8	5.9	5.4	3.4	1.2	0.9	3.8
Prom. temp. Min.	4.1	4.9	6.6	8.2	9.6	10.6	9.5	9.6	9.7	7.8	5.6	4.2	7.5
Prom. temp. Máx.	17.4	18.6	20.2	20.8	20.5	19.3	18.0	18.8	18.6	18.4	18.0	17.3	18.8
Humedad relativa (%)	79.9	79.4	79.6	81.0	83.7	87.0	87.3	86.2	86.8	84.1	81.3	80.3	83.1
ETP	54.0	58.8	64.0	63.0	55.1	42.8	39.0	43.8	41.6	47.6	52.8	52.9	615.4
Precipitación	11.7	5.9	15.7	29.8	73.0	136.3	136.5	165.8	117.0	47.9	20.2	9.7	769.4