

ANÁLISIS METODOLÓGICO PARA EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DENTRO DEL PROCESO DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE LA CUENCA DE VALLE DE BRAVO – AMANALCO (OECVB-A)

GUTIÉRREZ CJG

RESUMEN

El presente trabajo está orientado a la descripción y el análisis de los métodos utilizados para la caracterización y diagnóstico ambiental dentro del OECVB- A; es importante señalar que dicho diagnóstico se realizó en tres dimensiones: Económica, Sociopolítica y Ambiental, siendo este trabajo enfocado a la última; asimismo el Diagnóstico Ambiental se realizó en dos etapas: la Estructural o Temática y la Integradora o Sintética.

Durante la etapa de Caracterización Ambiental Estructural se abordaron variables del medio natural en forma temática, éstas fueron: topografía, geología, fisiografía, hipsometría, pendientes, orientación y sombreado del terreno, unidades geomorfológicas, climas, temperatura y precipitación media anual, número de granizadas y heladas por año; edafología, hidrología, subcuencas, grados de pendiente, densidad de drenaje e infiltración por subcuenca, escurrimientos, usos del suelo, zonas de riego y tipos de vegetación; estos temas especializados permitieron tener un conocimiento acertado de las condiciones físico-bióticas del territorio en estudio.

La etapa de Diagnóstico Ambiental Integral por su parte, se enfoca a determinar la problemática, potencialidades y limitaciones del territorio, utilizando para tal fin, variables tales como: procesos geomorfológicos, áreas naturales protegidas, aptitud climática, cambios al drenaje natural, contaminación en corrientes, incendios forestales y cambios en el uso del suelo y la vegetación.

A través de un interesante proceso de discusión de expertos con enfoque interdisciplinario, fué posible delimitar las **Unidades Ecológicas (UE)** que vienen a constituir unidades territoriales con características físico-bióticas homogéneas y que son el resultado del esfuerzo de integración basado en la caracterización y el diagnóstico ambiental; las que son objeto del presente trabajo.

Debe señalarse que en etapas posteriores del OECVB – A; el Diagnóstico Ambiental Integral, a su vez se integra con el Diagnóstico Integral Económico y el Diagnóstico Integral Socio-político; surgiendo como resultado de esta segunda integración las **Unidades de Gestión Ambiental (UGAs)**.

Las cuales son calificadas con respecto a características integrales tales como: calidad ecológica de los recursos naturales, fragilidad natural, presión antropogénica, vulnerabilidad ambiental, aptitud de uso el suelo y conflictos de uso del suelo.

En las etapas finales del Ordenamiento las UGAs son sometidas al proceso de Prospección con el fin de observar escenarios deseados, tendenciales y deseables. Siendo el Modelo Final la determinación para cada UGA de las Políticas Ambientales (Protección, Conservación, Aprovechamiento y Restauración); los Usos del Suelo (Predominante, Compatible, Condicionado e Incompatible) así como las Zonas de Atención Prioritaria con programas y acciones específicos; éstas últimas etapas son objeto de estudio de otros trabajos.

JESÚS GASTÓN GUTIÉRREZ CEDILLO
FACULTAD DE GEOGRAFÍA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

DIAGNÓSTICO TÉCNICO

Este diagnóstico puso al descubierto una compleja problemática en la que confluyen situaciones de carácter natural y socio-económico generalmente interrelacionados. Para facilitar su presentación se examinan dichos problemas desde dos aproximaciones, una natural y otra socioeconómica; manteniendo en ambos casos una visión integral.

PROBLEMÁTICA DEL AOE: APROXIMACIÓN DESDE LAS CONDICIONES NATURALES

Desde una aproximación natural es posible determinar numerosos problemas que afectan la dinámica del AOE y limitan el uso y ocupación de la misma. A continuación se exponen los más relevantes .

Por su condición geológica y geomorfológica, existen en la cuenca de Valle de Bravo-Amanalco (AOE) diversos problemas. En efecto, como se desprende del análisis realizado, el AOE está conformado geológicamente por un terreno que presenta componentes variados: afloramientos de rocas andesíticas y materiales piroclásticos antiguos, en las partes altas; rocas metamórficas en laderas y depósitos aluviales en mesetas y valles, así como en los alrededores de la presa.

Asociado a las características anteriores, se presentan fenómenos de fracturas sobre laderas y sobre cauces de ríos que se manifiestan en deslizamientos de tierras, deslaves y caída de rocas en caso de las primeras y en una mayor dinámica erosiva en el caso de las segundas. Los deslizamientos son frecuentes en corrientes y cañadas, así como en las laderas, valles y mesetas, como en San Lucas y Acatitlán.

La dinámica erosiva en el AOE, actúa a diferentes niveles de intensidad, que va desde ligera a severa. Esta última se manifiesta en la parte noroeste de Colorines, por la presencia de cárcavas activas y en la porción sur se ubica una pequeña cárcava cerca de Pinar de Osorios. Esto se debe a la presencia de materiales piroclásticos antiguos, la deforestación y cambio de uso del suelo que aceleran la degradación de tierras. La erosión avanza también en las fracturas sobre cauces de los ríos que se ubican en las cercanías del poblado. El Durazno en el municipio de Valle de Bravo, en el río Tiloxtoc, afluente del río Amarillo y en los arroyos La Alameda y Los Saucos.

Las cárcavas activas se encuentran en un proceso acelerado de abarrancamiento. El ejemplo más claro de este proceso es la cárcava de Pinar de Osorios, cuyo desarrollo se ha visto incrementado en los últimos dos años. Esto significa que la cárcava que drena hacia la presa requiere ser controlada, de otra forma su rápido desarrollo, considerando los materiales sobre los que está asentada, ocasionará un fuerte impacto negativo sobre la Presa antes citada. Los efectos de las cárcavas al noroeste de Colorines sobrepasan el área territorial de el AOE en estudio, pero aún así, tiende a degradar los terrenos aledaños.

La erosión moderada se manifiesta en los alrededores de la Presa Valle de Bravo, principalmente en las laderas oeste que drenan hacia el vaso de la misma. La causa principal de este proceso es la deforestación y el desarrollo acelerado de los asentamientos humanos en esa área. Debido a que los suelos le dan cierta estabilidad, la erosión es de tipo laminar que ha originado la decapitación del horizonte superficial, dejando al descubierto el horizonte subsuperficial rojizo, de manera que han estado aportando sedimentos finos y materia orgánica a la Presa Valle de Bravo. De no frenarse este problema, se acelerará el azolvamiento del embalse.

La erosión ligera se manifiesta en las regiones norte y suroeste del AOE, debido a la deforestación y al cambio del uso del suelo. La erosión es de tipo laminar y se está removiendo la capa superficial que es transportada por la erosión hídrica hacia la Presa Valle de Bravo

Existen otros procesos asociados a fallas e inestabilidad de bloques. En este sentido, el análisis da cuenta de la existencia de seis fallas en el AOE, siendo relevantes las ubicadas en Mesa de Dolores y San Nicolás de Tolentino, las cuales inducen también a la formación de cárcavas. Este tipo de proceso se ubica en los alrededores de la presa, abarcando áreas de roca metamórfica y toba volcánica, especialmente localizadas en el Cerro Cuaultenco, al noroeste de la presa, así como el área del poblado de Acatitlán, y en las inmediaciones de Santo Tomás de Los Plátanos.

El AOE presenta gran diversidad de geoformas, debidas a distintas fuerzas que propician su origen y evolución: cerros, mesetas, laderas abruptas, lomeríos y pequeñas planicies. De la relación de estas geoformas con la hidrología y la ocupación humana, además de las actividades agrícolas, se están dando en el AOE fenómenos de acumulación aluvial, principalmente en las zonas de planicie, dentro de las que destacan las de Amanalco de Becerra, San Martín Obispo en el municipio de Donato Guerra, y Acatitlán en el municipio de Valle de Bravo.

La cuenca de Valle de Bravo es muy rica en recursos hídricos, cuenta con 17 subcuencas con influencia directa en la Presa Valle de Bravo. Es decir, esta presa es el principal colector de agua y alimenta las presas de Colorines e Ixtapantongo, adicionalmente aporta $6 \text{ m}^3/\text{s}$, equivalentes al 40 por ciento del agua que el Sistema Cutzamala dota a la Ciudad de México. No obstante, los ríos tributarios como la presa, están siendo objeto de un paulatino proceso de deterioro de la calidad de sus aguas.

Las mediciones realizadas por la Comisión Nacional del Agua (CNA) en el año 2001 indican que el agua de la presa presenta valores altos de carga orgánica y de nitrógeno, por lo que se considera un embalse eutrófico. El deterioro se asocia con las descargas de aguas residuales de la cabecera municipal de Valle de Bravo, así como las descargas de las principales localidades del AOE y como el del fraccionamiento Avándaro a los afluentes de la presa. Contribuye también el tiro clandestino de basura, la sobre fertilización y el uso de agroquímicos en áreas agrícolas así como los residuos de la actividad piscícola, calculada inicialmente en 257 toneladas / año en estimaciones moderadas y de hasta 20,550 toneladas/año en trabajo de campo.

Es importante asimismo, la alteración de la dinámica hidrológica por obras hidráulicas y carreteras, lo que es notable en San Juan, Polvillos y San Bartolo, además de la localización de asentamientos humanos en zonas de recarga de acuíferos y piedemontes tales como Capilla Vieja, San Jerónimo, El Ancón, El Trompillo, El Temporal, Las Agujas, Los Alamos y San Simón el Alto.

La vocación de los suelos del AOE es un 80 por ciento para uso forestal, situación que los hace muy vulnerables a la erosión cuando se retira la cobertura arbórea. El área forestal en Valle de Bravo y Amanalco representa el 57 y el 55 por ciento de su superficie total, respectivamente. Existen 119 predios bajo manejo forestal con un total de 12,423 ha, equivalentes a una tercera parte del área forestal, con volúmenes de corta autorizados de $655,618 \text{ m}^3$ para 10 años.

Del volumen total de corta forestal, más del 60% es madera de pinus, por lo que se presenta una sustitución gradual del área de pino por área con encino, cuyo precio y utilidad es menor. En Valle de Bravo más del 70 por ciento del volumen de corta, corresponde a predios particulares, en tanto que en Amanalco el 70 por ciento de dicho volumen corresponde a predios ejidales. El área forestal en masa se ha reducido en un 10% entre 1983 y el año 2000, tal situación es evidente en los claros que se observan en el bosque, sobre todo en áreas alejadas de las carreteras. Actualmente opera el papel seguridad para traslado de productos maderables, sin embargo, se observa que las guías reportan hasta 30% menores volúmenes de los reales.

Adicionalmente existe entre los productores una sobrevaloración de las existencias reales de bosques, lo que provoca una mayor extracción de madera permitida, acompañado de un subregistro de los volúmenes que se declaran en las guías. Esto último se ha estimado que ocurre en un 30 por ciento de dichas guías. Adicionalmente se estima que por cada aprovechamiento legal (existen actualmente 119), existe un volumen de aprovechamiento ilegal, similar al volumen de aprovechamiento legal.

Finalmente se mencionan problemas relativos a incendios forestales y asentamientos irregulares en las áreas naturales protegidas y en áreas con cubierta forestal original muy densa y con presencia de abundantes manantiales, especialmente en Cerro Colorado. En el caso de los incendios forestales entre enero y mayo de 2002 se reportaron 31 incendios en Amanalco y 81 en el municipio de Valle de Bravo.

El análisis de la problemática del AOE con aproximación desde las condiciones socioeconómicas, es objeto de estudio de otros trabajos.

DESARROLLO METODOLÓGICO

Los factores físico-bióticos considerados en la fase de Caracterización Ambiental Estructural, con los métodos aplicados para su determinación y las variables analizadas para cada factor, se observan en el cuadro 1:

CUADRO 1: FACTORES FÍSICO- BIÓTICOS TEMÁTICOS CON SUS VARIABLES Y MÉTODOS APLICADOS EN EL OECVB-A

| FACTOR | VARIABLE | MÉTODO |
|--------------------|---|---|
| TOPOGRÁFICO | *Cabeceras municipales *Localidades *Limite de la zona de estudio *Limite de la cuenca *Limites municipales *Zona Urbana *Cuerpo de agua *Carreteras *Curvas de Nivel *Infraestructura Eléctrica | Se utilizo Cartografía Topográfica y Temática escala 1:50 000 , así mismo el Censo de Población y vivienda 2000 con datos de localidad, los límites municipales se obtuvieron del IIIGCEM, la validación de la información vectorial para la zona de estudio se realizó mediante trabajo de campo y con apoyo de las ortofotos digitales, la elaboración del mapa se hace en base a las curvas de nivel tanto maestras como auxiliares o secundarias, así como las vías de comunicación entre las localidades que se encuentran dentro del área de estudio. |

| | | |
|--------------------------------------|--|--|
| <p>GEOLOGÍA</p> | <p>Tipo de Roca *Andesita *Basalto *Riolita *Brecha Volcánica *Extrusiva Acida *Extrusiva Intermedia *Toba *Caliza *Arenisca Conglomerado *Esquisto *Residual *Aluvial *Zona Inundable</p> | <p>Interpretación de las Cartas Topográficas a escala 1:50 000 y La Carta Metalogenética a escala 1 : 250 000 de la zona de estudio conjuntamente con realización de trabajo de campo.</p> |
| <p>FISIOGRAFÍA</p> | <p>* Ladera metamórfica *Laderas del Nevado *Lomeríos y mesetas</p> | <p>Para la delimitación de dichas unidades se interpretaron las Cartas Geológicas y Topográficas en formato analógico escala 1: 50 000 y se determinaron en base a la forma que tienen estas zonas.</p> |
| <p>HIPSOMETRÍA</p> | <p>*Metros sobre el nivel del mar (msnm)</p> | <p>Para generar los rangos altitudinales en la zona de estudio se tomaron en cuenta las curvas de nivel de las cartas topográficas escala 1: 50 000, y se elaboraron 26 rangos, cada uno con equidistancia de 100 metros tomando en cuenta la curva de nivel menor y la mayor.</p> |
| <p>PENDIENTES DEL TERRENO</p> | <p>*Porcentaje en pendientes</p> | <p>Se da en rangos de 0° a 100°, para este proceso se utilizo el software Arc View para la generación de un Modelo Digital del Terreno (DTM), para ser analizado y se manipuló en tercera dimensión.</p> <p>Se ocuparon ortofotos digitales escala 1: 10 000 en formato Tiff de IIIGECM.</p> |
| <p>ORIENTACIÓN DE LADERAS</p> | <p>*Tipo y grado de orientación (0° - 360°)</p> | <p>Se utilizó el software Arc View para generar un Modelo Digital del Terreno, para saber la dirección de las laderas.</p> |
| <p>SOMBREADO DE LADERAS</p> | <p>*Valor del sombreado</p> | <p>Se elaboraron 9 rangos de sombreado sobre el terreno, manipulados por un software y generando un Modelo Digital del Terreno.</p> |

| | | |
|--|---|---|
| <p align="center">UNIDADES GEOMORFOLOGICAS</p> | <ul style="list-style-type: none"> *Cono sinerítico *De presión volcánica *Derrames lavicos basálticos *Derrames lavicos basálticos tipo mesa *Laderas metamórficas *Laderas y lomeríos riolíticos *Lomeríos basálticos *Pie de monte volcánico *Planicie volcánica *Superficie complejas de lavas y piroclastos. *Valles erosivos y taludes muy inclinados *Volcanes y laderas andesíticas *Volcanes y laderas basálticas | <p>Para la delimitación de cada una de las unidades se hizo fotointerpretación apoyada de fotografías aéreas, cartas topográficas y geológicas escala 1: 50 000 conjuntamente con trabajo de campo.</p> |
| <p align="center">CLIMAS</p> | <ul style="list-style-type: none"> * Semicálido * Templado * Sub-húmedo * Semifrio-subhúmedo | <p>Elaborado a partir de los datos Climatológicos obtenidos de Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC) con una periodicidad de 30 años atrás, 1999. Además interpretación de cartas climática escala 1:250000</p> |
| <p align="center">TEMPERATURA MEDIA ANUAL</p> | <ul style="list-style-type: none"> *Rangos de Temperatura (° C) *Estaciones meteorológicas | <p>Se elaboró a partir de datos climatológicos obtenidos del Extractor Rápido de Información Climatología (ERIC), con una periodicidad anual de 30 años atrás, mediante método de interpolación de datos por estación climática, 1999.</p> |
| <p align="center">PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL</p> | <ul style="list-style-type: none"> *Rango de precipitaciones (mm por año) *Estación meteorológica | <p>SE ELABORARON 7 RANGOS CON INTERVALOS DE 100 MM POR AÑO, LOS DATOS CLIMÁTICOS SE OBTUVIERON DEL ERIC, CON PERIODICIDAD ANUAL DE 30 AÑOS ATRÁS, MEDIANTE EL MÉTODO DE INTERPOLACIÓN DE DATOS POR ESTACIÓN CLIMÁTICA, 1999.</p> |
| <p align="center">GRANIZADAS</p> | <ul style="list-style-type: none"> * Numero de granizadas por año * Estaciones meteorológicas | <p>Elaborado a partir de datos climatológicos obtenidos del Extractor rápido de información climatológica (ERIC), con una periodicidad anual de treinta años a tras, mediante el método de interpolación de datos por estación climática.</p> |

| | | |
|----------------------------|---|--|
| HELADAS | *Numero de día con heladas. *Estaciones meteorológicas | Elaborado a partir de datos Climatológicos obtenidos del Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC), con una periodicidad anual de treinta años atrás mediante el método de interpolación de datos por estación climática. 1999. |
| EDAFOLOGÍA | *Zonas inundables *Acrisoles *Andosoles *Cambisoles *Leptosoles *Luvisoles *Feozem *Regosoles *Vertisoles | Se genero a partir de la utilización del mapa Geomorfológico, cartas Topográficas, Edafológicas y de Uso de Suelo, escala 1:50,000. y se realizo trabajo de campo. |
| HIDROLOGÍA | *Hidrología Puntual *Hidrología Lineal *Infraestructura Hidráulica Lineal *Infraestructura Hidráulica Puntual | Cartas Topográficas escala 1: 50,000. 1999. INEGI. Ortofotos digitales 1: 10,000. 2000.IGECM. Instituto Mexicano del Transporte (IMT). 1999. Trabajo de campo |
| SUBCUENCAS | *Nombre de la Subcuenca *Hidrología Lineal | Delimitadas las unidades a partir de las Cartas Topográficas escala 1: 50,000. |
| PENDIENTES PROMEDIO | *Grado de Pendiente en Subcuenca *Hidrología Lineal | Cálculos propios a partir de las Cartas Topográficas escala 1: 50,000 |
| DENSIDADDE DRENAJE | *Densidad de Corrientes (longitud/ kilómetro cuadrado) *Hidrología lineal | Elaborado a partir de las cartas Topográficas escala 1: 50,000 |
| INFILTRACIÓN | *% de Infiltración. *Hidrología | Cálculos propios a partir de las Cartas Topográficas escala 1: 50,000 |

| | | |
|-----------------------------------|---|--|
| <p>ESCURRIMIENTOS</p> | <ul style="list-style-type: none"> *Bajo *Medio bajo *Medio *Alto *Muy alto | <p>Se realizaron cálculos propios a partir de las Cartas Topográficas escala 1: 50 000 de la zona de estudio.</p> |
| <p>USO DE SUELO</p> | <ul style="list-style-type: none"> * Uso Piscícola * Uso Recreativo * Agricultura de Riego * Agricultura de Temporal * Pastizal * Zona forestal * Zona suburbana | <p>Se aplicó fotointerpretación apoyada por fotografías aéreas a escala 1:37000 , ortofotos digitales escala 1:10000, así mismo interpretación de cartas Topográficas y Temáticas escala 1:50000 y trabajo en campo; Determinando las diferentes actividades económicas en la zona de estudio, en base al tipo de suelo.</p> |
| <p>ZONAS DE RIEGO</p> | <ul style="list-style-type: none"> *zona de riego | <p>Se determinó a partir de información proporcionada por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), 1999; Interpretación de Cartas Topográficas conjuntamente con trabajo de campo.</p> |
| <p>TIPOS DE VEGETACIÓN</p> | <ul style="list-style-type: none"> *Bosque Tropical Caducifolio *Bosque de Quercus *Bosque de Coníferas *Bosque Mesofilo de Montaña *Vegetación Acuática *Vegetación Semiacuática *Bosque de Pino-Encino *Bosque de Encino-Pino *Bosque de Oyamel-Pino *Bosque de Pino-Oyamel | <p>Interpretación de las Cartas Topográficas y Vegetación a escala 1: 50 000 de la zona en estudio, conjuntamente con trabajo de campo.</p> |

Los factores ambientales complejos considerados en la etapa de Diagnóstico Ambiental Integral, con los métodos aplicados para su determinación y las variables analizadas para cada factor, se observan en el Cuadro 2:

CUADRO 2 : FACTORES AMBIENTALES COMPLEJOS CON SUS VARIABLES Y MÉTODOS APLICADOS EN EL OECVB -A

| FACTOR | VARIABLE | MÉTODO |
|------------------------------------|---|---|
| PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS | *Erosión moderada *Erosión ligera *Susceptibilidad a la erosión moderada *Susceptibilidad a la ligera *Susceptibilidad a la erosión fuerte *Riesgo de inundación | Para identificar estos procesos se hizo fotointerpretación en fotografías aéreas a escala 1: 37 000 adquiridas en IIGCEM, interpretación de cartas topográficas y geológicas escala 1: 50 000 y trabajo de campo. |
| AREAS NATURALES PROTEGIDAS | * Cerro Colorado * Cerro Cuatenco * Estación Exp. San Cayetano * Monte alto * Nevado de Toluca *Cimas y montañas | Se utilizaron cartas Topográficas y Temáticas para la interpretación de áreas naturales conjuntamente con Ortofotos digitales a escala 1:10000 en formato tiff, el proceso se llevo acabo por medio de una zonificación en lugares que cuentan con decreto de protección, además se corroboraron los sitios por medio de visitas a campo. |
| APTITUD CLIMATICA | *Tipo de aptitud - Buena - Regular - Mala *estaciones meteorológicas | Elaborado a partir de Cálculos propios de valores de confort y los mapas 10, 11, 12 y 13 para determinar en tres rangos los tipos de aptitud. |
| CAMBIOS AL DRENAJE NATURAL | *Tipo de Cambio *Hidrología Lineal | Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), 1999. Cartas Topográficas. Trabajo de Campo |
| CONTAMINACIÓN EN CORRIENTES | Fuentes de contaminación *Aguas servidas en asentamientos humanos *Residuos sólidos *Sobre Fertilización agrícola y agroquímicos *Actividad piscícola | Interpretación de las Cartas Topográficas e Hidrológicas a escala 1: 50 000 de la zona de estudio, conjuntamente con trabajo de campo. |

| | | |
|--|--|--|
| <p>INCENDIOS FORESTALES</p> | <p>*Número de incendios por años *Estaciones meteorológicas</p> | <p>Se realizo Trabajo de campo y se determinaron cuatro rangos, para definir el numero de incendios por año mediante la ayuda de Vitácoras de reportes de Protección Civil municipal de Amanalco y Valle de Bravo. 2000. Probosque. 2000</p> |
| <p>CAMBIOS DE USO DEL SUELO</p> | <p>Tipo de cambio *Agricultura de temporal a Inundable *Agricultura de temporal a Agricultura de riego *Agricultura de temporal a Urbana *Cuerpo de agua a Zona urbana *Forestal a Agricultura de riego *Forestal a Suburbana *Pastizal a Agricultura de riego *Pastizal a Urbana *Pino a Zona urbana *Forestal a Urbano</p> | <p>Fotointerpretación a través de: Fotografías aéreas escala 1: 37 000 del 2000, Ortofotos digitales a escala 1: 10 000, 1: 20 000, 1980; conjuntamente con trabajo de campo.</p> |

DIAGNÓSTICO INTEGRADO

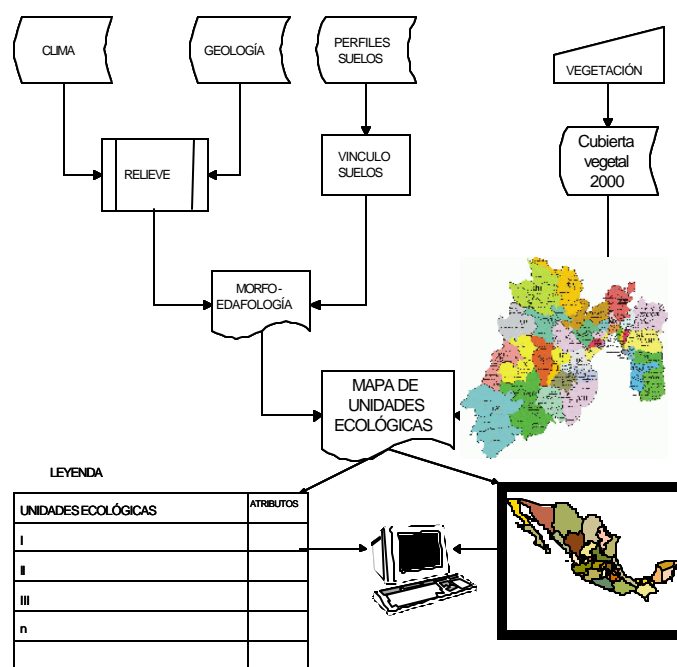
REGIONALIZACIÓN ECOLÓGICA

La regionalización ecológica del Área de Ordenamiento Ecológico Valle de Bravo-Amanalco (AOE) consistió en dividir el área de estudio en unidades con características similares, denominadas “unidades ambientales” por la SEDUE (1988), unidades paisaje (SEDESOL y otros, 2000) y unidades ecológicas por el Gobierno del Estado de México (1999). Su finalidad fue la de elaborar un análisis sistemático del AOE en cuanto sus atributos naturales, de modo que pudieran diferenciarse unidades de acuerdo a distintos factores naturales que determinan su fisonomía. En este sentido, las unidades ecológicas poseen homogeneidad interna entre sus componentes y, en su conjunto, tipifican la heterogeneidad del AOE. Con esta información fue posible explorar el potencial productivo del territorio que condujo al mapa de aptitud de uso, al igual que fue muy útil para la definición de las unidades de gestión ambiental.

El enfoque de la regionalización fue paisajístico y su aplicación se basó en la revisión de los métodos propuestos por la SEDUE (1988) y SEDESOL y otros (2000), actualizadas por SEDESOL e Instituto de Geografía-UNAM (2001). Este último método fue el que se siguió en el caso del AOE (Figura 1) Un elemento clave para la definición del procedimiento metodológico lo constituyó la escala de trabajo, definida en 1:50.000.

La lectura e interpretación del territorio se hizo a partir de fotografías aéreas a escala 1:37.000, mismas que sirvieron de base para la elaboración de los mapas de geomorfología, morfoedafología, vegetación, cobertura vegetal y uso actual del suelo. También se utilizó la cartografía del INEGI, escala 1:50,000 como apoyo para la elaboración de los mapas altimétrico, de pendientes, profundidad de disección, densidad de disección y el hidrológico de los que a su vez se derivaron los mapas de densidad de drenaje, durante la fase de integración. Por la escala de trabajo las geoformas constituyeron el principal componente discretizador del paisaje y por eso fue muy útil en la delimitación de las unidades ecológicas. El área mínima cartografiable fue de 0.25 cm², equivalente a 6.25 hectáreas, lo que permitió tener un buen nivel de detalle. A partir de esta información se determinaron los procesos geomorfológicos y por tanto las características y propiedades de los suelos de la región que en general derivan de materiales volcánicos y eso en sí le da una homogeneidad en cuanto a su dinámica.

Figura 1. MÉTODO DE REGIONALIZACIÓN ECOLÓGICA



A la conformación de las unidades ecológicas le precedió la realización de diversos procesos de análisis y síntesis a partir de algunos mapas temáticos. Se inició con el mapa climático que señala la existencia de cuatro tipos de clima el AOE: semicálido, semi-seco, templado, subhúmedo y semifrío, con amplio predominio del clima templado subhúmedo. Se examinó, también el mapa altimétrico, que permitió determinar los rangos altitudinales y saber el comportamiento general de las formas del relieve. Con esta información se obtuvieron las pendientes del terreno. Los datos altimétricos y de pendientes más el mapa hidrológico, facilitaron delimitación de subcuencas y el análisis del balance hídrico que permite conocer el comportamiento de las entradas (precipitación), la infiltración (características litológicas), el escurrimiento de las corrientes y de los procesos erosivos así como las pérdidas por evapotranspiración.

Del mismo modo, se examinaron las características geomorfológicas y edáficas, a partir de las cuales se elaboró un mapa de unidades morfoedáficas, que partió de las diferentes formas del relieve en función de su dinámica (procesos geomorfológicos), resultando unidades que en sus aspectos internos indican el perfil de suelos y en sus aspectos externos, las formas del relieve y, como ambos procesos actúan al mismo tiempo, se establecieron unidades homogéneas (morfoedáficas) que se integraron con las unidades de cobertura vegetal para conformar las unidades ecológicas.

Niveles de regionalización

Con base en los criterios metodológicos de la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte y el Instituto Nacional de Ecología, la identificación y diferencia de los sistemas naturales tiene una estructura espacial, funcional y temporal de carácter taxonómico; es decir, un orden jerárquico a partir de la extensión territorial y el grado de homogeneidad de los componentes físico y biológicos.

Con este fundamento, la tipificación ecológica del territorio del AOE representada en escala 1:50000 constituye una tipificación de nivel 6 y está constituida por 114 unidades ecológicas. La identificación numérica de los niveles anteriores corresponde a los siguientes niveles de regionalización y tipificación.

Tabla 1 Niveles de Regionalización Y Tipificación

| REGIONALIZACIÓN | | | TIPIFICACIÓN | |
|--|--|--|--------------------------|---|
| Regiones ecológicas de América del Norte nivel 1 | Regiones ecológicas de América del Norte nivel 2 | Regiones ecológicas de América del Norte nivel 3 | En proceso (INE) nivel 4 | Tipificación ecológica del Estado de México nivel 5 |
| Escala 1:12 millones | Escala 1:12 millones | Escala 1:4 millones | Escala 1:1 millón | Escala 1:250 mil |
| 13. Sierras Templadas | 4. Sistema Volcánico Transversal | 3. Lomeríos y Sierras con Bosques de Coníferas, encinos y bosques mixtos | 081. Sistema fluvial | 62 unidades ecológicas contenidas en el POET del Estado de México |

El nivel 5 incluye las 62 unidades ecológicas contenidas en el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio (POET) del Estado de México; para el AOE éstas fueron obtenidas al utilizar un proceso metodológico diferente, que consiste en investigación científica, trabajo de campo así como fotointerpretación, análisis y discusión de expertos,.

El resultado de este ejercicio para la regionalización se observa en el mapa de unidades ecológicas, donde aparecen las 114 unidades ecológicas delimitadas en el AOE, cuyos atributos básicos se señalan en el Anexo 6.

Unidades ecológicas

El mapa de Unidades Ecológicas es resultado de la integración de las características biofísicas en unidades con características homogéneas; que permitieron posteriormente incorporar los aspectos socioeconómicos al análisis para lograr finalmente la delimitación de Unidades de Gestión Ambiental (UGAS) las cuales constituyen a su vez, la base territorial para la elaboración del Modelo de Ordenamiento (Mapa No.1).

El mapa muestra 114 unidades cuyas características principales son: Las pendientes, las geformas, los tipos de vegetación y las características hidrológicas.

Las pendientes menores de 10% se presentan en las planicies volcánicas, derrames lávicos e incluso lomeríos, laderas y piedemontes con ligera inclinación; tienen amplia distribución, siguiendo una dispersión espacial por toda la cuenca predominando en la parte media, en sentido longitudinal desde el extremo norte al sur, con dos núcleos localizados al oeste de la presa y aparecen en 32 unidades ecológicas, en ellas predominan las actividades agrícolas, pecuarias y acuícolas, zonas inundables y cuerpos de agua.

Las pendientes menores de 40% presentes en laderas y piedemontes con mayor inclinación se distribuyen en toda la cuenca rodeando principalmente a las mayores elevaciones en estrechos cinturones que las rodean y separan de planicies y derrames, están presentes en 49 unidades ecológicas; en ellas predominan formas de vegetación diversas: bosque semidenso, pastizales, matorrales e incluso actividades agrícolas; se caracterizan por ser zonas de recarga de acuíferos.

Las pendientes mayores a 40° se presentan en los volcanes y laderas de gran inclinación que se observan precisamente en tres grandes núcleos: uno en todo el contorno del AOE que es su parteaguas; otro núcleo forma un anillo de altas pendientes que rodea a la presa de Valle de Bravo y un gran anillo que rodea alimentando el valle de Amanalco; están presentes en 33 unidades ecológicas, en ellas predominan formas de vegetación que dependen más del gradiente altitudinal que de las mismas pendientes, predominando en las elevaciones al este de la cuenca el bosque denso de oyamel, en las elevaciones del anillo central el bosque semidenso de pino-encino; en el anillo de elevaciones que rodean a la presa de Valle de Bravo, al sur bosque semidenso de pino- encino, al norte y al oeste bosque poco denso de encino-pino con matorrales.

FIGURA 1: ETAPAS Y DIMENSIONES PARA LA REGIONALIZACIÓN ECOLÓGICA Y AMBIENTAL

