

**ANÁLISIS METODOLÓGICO PARA LA EVALUACIÓN DE LAS  
CONDICIONES AMBIENTALES DE LAS UNIDADES DE GESTIÓN  
AMBIENTAL (UGAs) DENTRO DEL PROCESO DE ORDENAMIENTO  
ECOLÓGICO DE LA CUENCA DE VALLE DE BRAVO-AMANALCO  
(OECVB-A)**

**GUTIÉRREZ CJG**

**RESUMEN**

El presente trabajo aborda la descripción y el análisis de los métodos utilizados para la evaluación de las condiciones ambientales de cada unidad de gestión ambiental (**UGAs**) dentro del **OECVB-A**.

Es importante señalar que las **UGAs** se obtienen al integrar a su vez el Diagnóstico Integral Sociopolítico al Diagnóstico Integral Económico y el Diagnóstico Ambiental Integral, éste último sintetizado en Unidades Ecológicas (**UE**).

El análisis metodológico del proceso para la obtención de las **UE** ha sido objeto de un trabajo previo; por lo que éste estudio será enfocado específicamente a describir y analizar los métodos aplicados para la evaluación de las condiciones ambientales de las **UGAs**; dichas condiciones se determinan a partir de variables complejas, tales son: Calidad Ecológica de los Recursos Naturales, Fragilidad Natural, Presión Antropogénica sobre los Recursos Naturales, Vulnerabilidad Ambiental; Capacidad del Territorio para la prestación de Servicios ambientales, Aptitud de uso del suelo; así como Cambios y Conflictos en el Uso del Suelo.

La importancia de respetar el rigor metodológico durante el ejercicio de la evaluación de las condiciones ambientales de las **UGAs**, radica en que durante la fase de modelado, dichas condiciones permiten determinar las Políticas Ambientales (Protección, Conservación, Aprovechamiento y Restauración) más apropiadas para cada **UGA**; así mismo para recomendar y posteriormente decretar los Usos del Suelo (Predominante, Compatible, Condicionado e Incompatible) que mejor respuesta darán al desarrollo socioeconómico de las regiones y al mantenimiento de la calidad ecológica de sus recursos naturales; finalmente, la evaluación de las condiciones ambientales de las **UGAs**, permite identificar las Zonas de Atención prioritaria, las cuales constituyen aquellas áreas dentro de un territorio a las que deben ser dirigidos los esfuerzos principales para su desarrollo y conservación.

Es relevante mencionar que al evaluación de las condiciones ambientales del Área de Ordenamiento Ecológico (**AOE**) se realizó por medio de un complejo proceso en cuyas etapas previas tuvo fundamento en la Caracterización y Diagnóstico Estructural de las llamadas dimensiones Económica, Sociopolítica y Ambiental; y en enormes esfuerzos de integración de las tres dimensiones para la obtención de un Diagnóstico Integral, posteriormente.

Adicionalmente se transitó por la Visión Prospectiva al visualizar escenarios deseados, tendenciales y deseables; la cual rige de forma definitiva la elaboración del Modelo del Territorio, al dar las pautas deseadas y posibles de uso del suelo.

El proceso específico que aborda este trabajo por sí mismo y con todo el fundamento previo, requirió de largas sesiones donde los asesores metodológicos, los especialistas y expertos en aspectos temáticas e integrales, se enriquecían con las experiencias de campo de investigadores, por largo tiempo inmersos en la dinámica geográfica del **AOE**.

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

## **EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DEL AOE**

### **Calidad ecológica de los recursos naturales**

La calidad ecológica de los recursos naturales, por su parte, se midió en función del mantenimiento de los elementos y procesos geoecológicos en su estado natural, es decir, considerando su estado de deterioro o perturbación, guiados por el principio de que mientras mayor sea la conservación de las condiciones naturales, mayor será la calidad del recurso (SEDESOL y otros, 2000).

La valoración de la calidad ambiental del AOE permitió conocer el estado de conservación / perturbación de los recursos naturales de la cuenca, así como las variaciones espaciales de la calidad de dichos recursos. La medición se basó fundamentalmente en los recursos vegetación, suelos, uso del suelo y agua. (Anexo 1). El mapa de calidad ecológica señala los distintos niveles de calidad presentes en el AOE (Mapa No. 2).

En términos generales puede decirse que el AOE presenta unas buenas condiciones ecológicas, aunque en algunas áreas se observan signos preocupantes de deterioro, especialmente ligados a la contaminación del río Amanalco, la contaminación y azolvamiento de la presa de Valle de Bravo, la deforestación de las partes media y alta del AOE, la erosión presente en los alrededores de la presa de Valle de Bravo, entre otros; situación que ha llevado a los actores sociales de la región a percibir un futuro bastante negativo del AOE para los próximos 25 años<sup>1</sup>.

A partir del mapa de calidad ecológica es posible observar que las condiciones de muy alta calidad ecológica se encuentran únicamente en el ANP del Nevado de Toluca, en Capilla Vieja y Ojo de Agua, así como en La Mesa del Pedregal.

Las condiciones de alta calidad ecológica forman una herradura abierta hacia el oeste del AOE que incluye elevaciones y pie de montes con cobertura vegetal, densa; así como las barrancas que actúan como refugios de flora y fauna.

La calidad ecológica media ocupa toda la parte central y suroeste del AOE, incluyendo las áreas de agricultura de riego y de temporal, y áreas con bosques de baja densidad.

La calidad ecológica baja se distribuye al norte y noreste del AOE; al sur y noroeste, incluye áreas con agricultura marginal o con fuerte presión de asentamientos humanos; así como los embalses de Valle de Bravo y Colorines.

---

<sup>1</sup> Esto fue evidente en el taller de elaboración del escenario deseado para el 2025 realizado en la ciudad de Valle de Bravo el 24 y 25 de octubre de 2002.

En tanto que la calidad muy baja se localiza en las áreas urbanizadas tales como cabeceras municipales de Valle de Bravo y Amanalco, El Potrero, Colorines; el área de El Cerrillo y Avándaro; así como la presa Tiloxtoc.

Entre los factores que explican la pérdida de calidad ecológica en las áreas de media, baja y muy baja calidad ecológica, se mencionan principalmente los sistemas inadecuados de riego, las prácticas inapropiadas de cultivo, el cambio de uso del suelo, las prácticas inadecuadas de acuicultura, la tala clandestina de árboles maderables y las deficiencias en la disposición de residuos.

En cuanto a los sistemas inadecuados de riego el problema se presenta básicamente por el bajo nivel tecnológico de estos sistemas, caracterizado, entre otros, por el despilfarro de agua y el mal estado de los canales y de su funcionamiento. Entrevistas de campo permitieron conocer que es común la práctica de dejar abiertas las compuertas de los canales de riego durante toda la noche. Además, la mayoría de canales no se encuentran revestidos con algún material impermeable, con la consecuente pérdida de agua por filtración y fugas.

Respecto a las prácticas inadecuadas de cultivos agrícolas, se destaca la inexistencia de líneas de estabilización de laderas, la falta de protección contra la erosión en las zonas de agricultura de temporal, la actitud convencional orientada al monocultivo de maíz y la consecuente ausencia de rotación de cultivos. Asimismo, se destaca la práctica del uso indiscriminado de agroquímicos, sin estudios previos que definan las cantidades requeridas, según la condición de los suelos y el tipo de cultivo, lo que conduce a que, por ejemplo, en 4,000 hectáreas de riego localizadas en el municipio de Amanalco, se pierda un 50 por ciento de los insumos agroquímicos utilizados, calculados en 2 500 toneladas/año, las cuales sufren lixiviación y en parte son arrastradas hacia el río Amanalco<sup>2</sup>.

En lo referente al cambio de uso del suelo y usos inadecuados se destaca la ampliación de la frontera agrícola a expensas del bosque a pesar de la vocación forestal de las áreas donde se han realizado dichos cambios. Situación que como se describe más adelante, es evidente al Norte de San Antonio de la Laguna, en la localidad de San Martín Obispo y Providencia (Quinta Sección).

---

<sup>2</sup> Cálculos realizados a partir de datos obtenidos en campo mediante entrevistas.

En el caso de las prácticas inadecuadas de la acuicultura, éstas se asocian a la falta de sedimentadores y la disposición final de las heces de las truchas. Como se describió en la caracterización económica del AOE, una de las actividades económicas significativas en dicha área es la truticultura. Son pocas las unidades de producción que disponen de “sistemas especiales de sedimentación” para las heces, razón por la cual unas 20 550 toneladas/año de estos residuos<sup>3</sup> producidos por unos 490 estanques para las piscifactorías localizadas en el municipio de Amanalco son arrastradas al río Amanalco, aumentando con ello la cantidad de sedimentos que llegan a dicho río y que finalmente van a la presa de Valle de Bravo.

En cuanto a la tala clandestina de árboles, ésta es una actividad muy generalizada en el AOE. En información obtenida, a través de testimonios orales, de los ejidatarios de los municipios de Amanalco, Valle de Bravo, Villa de Allende y Donato Guerra, fue común la consideración de que la explotación de madera si no se realiza al “dos por uno”<sup>4</sup>, no es rentable; por tanto es común entre los propietarios del bosque este patrón de comportamiento. Adicionalmente, también es común la práctica de la sobreestimación del volumen de la madera presente en el predio, con la finalidad de aumentar el volumen de corta y, de este modo, extraer una mayor cantidad de metros cúbicos de madera, respecto a la estipulada en el programa de manejo<sup>5</sup>.

Como consecuencia existe una extracción mayor a la capacidad del bosque de regenerarse naturalmente. Las dos prácticas señaladas explican en gran medida la disminución de la densidad de los bosques que se observa en la parte media y sur de la cuenca.

Finalmente, respecto a la disposición de residuos se estima que en el AOE se producen más de 125 litros por segundo de aguas residuales de las que sólo, se tratan 25 en la planta de tratamiento de Valle de Bravo (CNA/IDECA, 1998). De esto se deduce que unos 100 litros por segundo de aguas residuales van a la presa. Algo similar ocurre con los residuos sólidos, siendo común la práctica de usar las barrancas como tiraderos, como ocurre en el municipio de Amanalco y en los arroyos Las Flores y los Tizates (municipio de Valle de Bravo). El tiradero del municipio de Amanalco se ubica en la localidad El Capulín cerca del río del mismo nombre, por lo que contribuye a la contaminación de dicho río y a través de éste, a la contaminación del río Amanalco y de la Presa de Valle de Bravo.

---

<sup>3</sup> Cálculos realizados a partir de información obtenida en campo con los truticultores.

<sup>4</sup> Se refiere a la extracción del doble de la cantidad de árboles autorizada.

<sup>5</sup> El programa de manejo es una condición para poder obtener permisos de aprovechamiento forestal, en el cual se define el volumen de madera y las condiciones de manejo.

## **Condiciones de fragilidad natural**

La fragilidad natural se considera, de manera general, como la capacidad intrínseca de una unidad ecológica a enfrentar agentes de cambio, basado en la fortaleza propia de sus componentes y en su capacidad y velocidad de regeneración, generalmente asociados a los conceptos de resistencia-resiliencia (SEDESOL y otros, 2000).

La valoración de la fragilidad natural del AOE se basó en los criterios propuestos por SEDESOL y otros (2000) adaptada para este trabajo (Anexo 2), a partir de la vegetación, el relieve, la pendiente y los suelos. El resultado se puede observar en el mapa de fragilidad natural que señala un predominio en el AOE de las condiciones de fragilidad muy alta y alta y la no existencia de áreas en condiciones de fragilidad muy baja (Mapa No. 3).

Las áreas con una condición de fragilidad muy alta se ubican en la parte norte del AOE y constituyen los principales reductos de vegetación forestal en el área, están constituidas por los cerros Lodo Prieto y Cantarranas, Sabana de San Jerónimo, San Antonio de la Laguna y San Sebastián El Grande.

Las condiciones de fragilidad alta se observan en tres núcleos importantes: uno al este del AOE, otro al sur y muy disperso en las partes centro, norte y oeste.

Las condiciones de fragilidad media ocupan amplias áreas al centro, norte y oeste del AOE.

Las zonas con fragilidad baja constituyen áreas aisladas e incluyen a Corral de Piedra al este; las áreas urbanizadas de El Potrero y Amanalco al norte; las de Valle de Bravo, Avandaro y Colorines, al oeste; así como El Cerrillo, Acatitlán y Potrerillos.

La valoración y distribución espacial de las condiciones de fragilidad natural aportó información fundamental para la determinación de usos inadecuados, zonas de atención prioritarias, unidades de gestión ambiental y políticas ambientales; asociados con el propósito de controlar los usos inadecuados, revertir los procesos de deterioro presentes y asignar políticas ambientales que consideren las restricciones de uso relativas a las condiciones de fragilidad alta y muy alta que dominan en la cuenca. En el anexo 2 se observan los valores de fragilidad natural y calidad ecológica para cada Unidad de Gestión Ambiental (UGA).

## **Presión Antropogénica sobre los recursos naturales**

El modelo Presión-Estado-Respuesta propuesto en París (1998) por la OECD y utilizado ampliamente por la Agencia Europea del Ambiente y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica, como herramienta analítica para categorizar o clasificar información sobre los recursos naturales y ambientales, en relación con las características, sociodemográficas y económicas; ha sido aplicado en este trabajo, bajo el siguiente procedimiento:

Una vez categorizados los niveles de fragilidad natural (Estado), se procedió a clasificar para cada UGA, los niveles de presión antropogénica sobre los recursos naturales (Presión) y con fundamento en lo señalado en el anexo 3, se determinaron los niveles de vulnerabilidad (Respuesta) de cada UGA. El comportamiento espacial de la presión antropogénica sobre los recursos naturales en la AOE, presentó el siguiente patrón: (Mapa No. 4)

Muy alta en la presa Colorines , así como las áreas urbanizadas de Valle de Bravo, Amanalco, El Potrero y Avándaro.

Alta en la parte norte del AOE en amplias áreas correspondientes a los municipios de Donato Guerra, Villa de Allende y Villa Victoria, debido a la actividad agrícola de temporal; a lo largo de la subcuenca hidrológica del río Amanalco, debido a la actividad agrícola de riego y de temporal; alrededor de las presas Valle de Bravo, Colorines y Tiloxtoc; las ANP Monte Alto, Cerro Colorado y Cerro Cuautenco y el área urbana de Colorines.

La Presión Antrópica media se ubica en toda la parte Central del AOE, ubicada en la zona de recarga hídrica de Amanalco e incluye las áreas con bosque de mediana densidad.

La presión antropogénica sobre los recursos naturales. Baja, se distribuye bajo el siguiente patrón: al este del AOE incluye el ANP Nevado de Toluca, Huacal Viejo, Capilla Vieja, Ojo De Agua y Corral de Piedra; en la parte central las 5 grandes Barrancas; así como el Cerro El Caballero, la UMA San Cayetano y otras áreas con bosques densos y bien conservados incluida el ANP Cimas y Montañas de Mesa Rica.

Al oeste del AOE la presión antrópica baja se observa en Santa Teresa Tiloxtoc, el ANP Cimas y Montañas que colinda con los municipios Ixtapan del Oro y Santo Tomás, el oriente de la presa Colorines; así como Los Pozos en el Pinar de Osorios.

## **Vulnerabilidad ambiental**

La Vulnerabilidad Ambiental media se observa en las áreas urbanas de El Potrero, Amanalco y Avándaro; así como en la presa de Colorines.

La Vulnerabilidad baja se distribuye por toda la parte central del AOE prácticamente de forma continua.

La Vulnerabilidad muy baja incluye al este, el ANP del Nevado de Toluca, Huacal Viejo, Capilla Vieja, Ojo de Agua y Corral de Piedra; en la parte central las cinco grandes Barrancas y otras áreas dispersas; al oeste del AOE, el área de Santa Teresa Tiloxtoc, Los Pozos y Mesa Rica (Mapa No. 5).

## **Servicios ambientales**

El enfoque sistémico aplicado al estudio del medio biofísico de un territorio, permite comprender las relaciones que se establecen entre sus componentes (atmósfera, suelos, vegetación, cuerpos y corrientes de agua y subsuelo), cuando los ecosistemas se encuentran en equilibrio; asimismo permite resaltar las secuencias de perturbaciones que se presentan cuando el equilibrio dinámico es alterado.

Esto queda claro cuando se analiza la influencia que el bosque tiene sobre la regulación climática e hídrica y sus efectos en los procesos edáficos y ecológicos; es a estos efectos e influencias, lo que se ha denominado los servicios ambientales del bosque.

El concepto ha sido retomado por la economía ambiental, asignando un valor monetario a cada servicio; bajo la fundamentación de que quien cuide, proteja y restaure un bosque, deba recibir un pago monetario de quienes se beneficien de los procesos que este genera; inversamente quien deteriore, degrade o destruya un bosque deberá pagar el costo que su restauración provoque.

Bajo este enfoque, en AOE, ha sido posible ubicar espacialmente las áreas con mayor capacidad para la prestación de estos servicios, por lo que bajo el concepto de los **servicios ambientales** todos los beneficiarios de ellos, deberán contribuir económicamente a su conservación y restauración.

Las áreas donde los servicios ambientales se consideran un uso predominante del territorio por lo que su valor en la prestación de ellos es muy alto, se distribuyen bajo el patrón siguiente:

Incluye el Parque Nacional Nevado de Toluca y otras áreas de alta densidad de cobertura vegetal y con presencia de manantiales en la parte central de la cuenca como son Los Álamos, así como bosques en buen estado en el extremo sur de la parte oeste del AOE. Son las áreas de mayor calidad ecológica de la cuenca, así como de servicios ambientales que deben protegerse.

Las UGA's donde los servicios ambientales se consideran como uso compatible del territorio, por lo que su valor en la prestación de ellos es alto, presentan un patrón de distribución como sigue:

En este nivel alto de capacidad de dotación de servicios ambientales se incluyen las áreas naturales protegidas con decreto estatal cercanas a la presa de Valle de Bravo como son: Monte Alto, Cerro Colorado y Cerro Cualtenco.

Corresponde también con las áreas de recarga hídrica, con abundancia de manantiales y refugio de flora y fauna, específicamente en los ejidos de San Jerónimo, San Miguel y Amanalco; y en las tierras comunales de San Bartolo y San Miguel, en Capilla Vieja y Corral de Piedra; áreas en que las condiciones naturales han sufrido algún grado de transformación, pero que conservan todavía un alto valor para la prestación de servicios ambientales; incluye asimismo las Barrancas, La Alameda en la parte central del AOE; así como La Garrapata, El Arenal, La Cascada y Agua Zarca en la parte noreste del área.

Las áreas que no muestran valores muy altos y altos para la prestación de servicios ambientales se excluyen de este análisis espacial (Mapa No. 6).

### **Cambio de uso del suelo**

El proceso de cambio de uso del suelo ocurrido en los últimos 20 años en el AOE, se ha dado principalmente asociado a la ampliación de la frontera agrícola y a procesos de urbanización del campo, ambos a expensas de los bosques.

En el caso de la ampliación del suelo agrícola, es una situación que se intensificó a partir de 1993, con el inicio de Programa de apoyos Directos al Campo ( PROCAMPO), consistente “en la entrega de recursos monetarios por cada hectárea o fracción de ésta que se efectúa cuando el productor siembra la superficie registrada (elegible) en el Programa, o bien la mantiene en explotación pecuaria, forestal o la destina a algún proyecto ecológico, y cumple con lo establecido en la normatividad operativa” (SAGARPA,2002).

En la Administración del presidente Zedillo este programa pasó a formar parte de la estrategia denominada “Alianza por el Campo”, como se conoce en la actualidad. La implementación de PROCAMPO intensificó el proceso de cambio de uso, dado que la entrega de los apoyos económicos ha estado dirigida a la actividad agrícola, lo que ha propiciado la práctica de cambiar áreas de bosque por áreas de cultivos para obtener mayor beneficio de los subsidios y apoyos del programa. Los cambios de uso del suelo forestal al agrícola son notables en la parte media del AOE (Mapa No.7).

En cuanto a los procesos de urbanización del campo, éste comenzó a desarrollarse a partir de la construcción del embalse de Valle de Bravo en 1937. lo que sumado a la buena calidad ecológica de la región, la convirtió en un área atractiva para la vivienda de descanso, recreación y turismo pasivo; situación que se intensificó en los últimos 20 años y ha tenido su expresión en la rururbanización<sup>6</sup> presente en las áreas aledañas a la presa hacia al Norte y el fraccionamiento de Avándaro, ambas a expensas de los bosques existentes en tales áreas.

En la zona de alrededor de la presa hay un cambio considerable de las zonas boscosas ya que el atractivo turístico que tiene la presa hace que un número considerable de población se establezca en las cercanías de Valle de Bravo, generando con esto un fuerte cambio de uso del suelo.

Al lado Oeste de la presa de Valle de Bravo hay cambio de uso del suelo, de vegetación de pino-encino y encino-pino a matorral y casa habitación.

En la zona de Pinal del Marquesado hay cambio de uso del suelo de forestal a agrícola.

En la zona Norte de la Presa hay cambio en la vegetación de bosque de pino-encino a matorral e introducción de líneas de conducción eléctrica y del Sistema Cutzamala.

Como casos excepcionales se han dado cambios en los que se ha logrado recuperación del bosque en áreas que venían siendo ocupadas por cultivos y pastos. Es lo que ha ocurrido en El Capulín Tercera Sección, El Capulín Primera Sección, el Sureste de La Mesa del Dinero y el Sur de Los Pozos (Pinar de Osorios). También se presentan cambios de zonas sin vegetación que han sido reforestadas como es el caso del Oeste de Cuadrilla de Dolores.

Asimismo en el Cerro que esta al Sur de la Subestación Eléctrica Donato Guerra, en donde está ubicada la estación de Microondas hay recuperación del área forestal en los terrenos que estaban sin vegetación; en la zona de Rincón de Estradas hay cambio de uso agrícola a plantaciones forestales comerciales; al lado Oeste de la Mecedora asimismo hay cambio de uso del suelo de agrícola a plantaciones forestales comerciales.

---

<sup>6</sup> Definida por SEDESOL (2001) como el proceso generado por la inercia que cnlleva la urbanización sobre el medio rural a partir de las transformaciones tecnológicas y del modo de producción, diluyendo paulatinamente la dicotomía rural-urbano

En el área este del AOE se observan a nivel local los siguientes procesos:  
En la zona de pastizal de Corral de Piedra no se nota un cambio en el uso del suelo, pero en la zonas límite del pastizal y el área forestal se nota una menor densidad del arbolado y el establecimiento de piscifactorías; al Norte del pastizal de Corral de Piedra hay una pequeña disminución de la masa forestal para convertirse en zona de pastizal; en Capilla Vieja, hay una recuperación de la zona forestal, en zonas que anteriormente eran zonas abiertas y el establecimiento de piscifactorías. En la zona de Huacal Viejo, la vegetación ribereña, está siendo disminuida, mientras que entre Huacal Viejo, Agua Bendita y El Pedregal hay cambio de uso del suelo de forestal a agrícola, adicionalmente al sur del Pedregal, las áreas agrícolas, están avanzado sobre las áreas forestales.

Más al sur, en la Mesa de Palomas, Atesquelites, Mesa de Dolores Primera Sección, Las Joyas y Jesús del Monte hay cambio de uso del suelo de forestal al agrícola, aunque no en superficies grandes; y cambios de uso forestal a pastizales como los observados en la zona Noreste de Los Saucos. En la zona del Ancón, el Trompillo, Las Agujas, San Ramón, las zonas agrícolas se han extendido en poca proporción sobre las áreas forestales, pero en algunas zonas que estaban sin vegetación dentro del bosque se ha recuperado el arbolado, y se observa una disminución de las densidades del mismo.

En la parte central del AOE, específicamente en la zona de San Jerónimo, hay un cambio de uso del suelo forestal al agrícola con pérdida de superficies considerables de bosque, asimismo en San Juan hay pequeñas fracciones de cambio de uso forestal al agrícola; de la misma forma en el lado este de San Bartolo hay cambio de uso del suelo forestal, hacia el agrícola. En el Cerro San Bartolo en la parte alta hay recuperación del arbolado en áreas que estaban desprovistas de vegetación, mientras que en la parte Oeste del mismo cerro la densidad de la vegetación ha disminuido.

Al lado Oeste de San Mateo entre el Cerro El Caballero y el Cerro La Peña en el área forestal, la frontera agrícola está avanzado sobre esta; al lado oeste de San Simón de La Laguna en las zonas boscosas hay cambio de uso de forestal a agrícola; en la parte alta del Cerro la Peña, anteriormente había una zona descubierta de vegetación y actualmente ya ha sido reforestada. En la parte Noroeste de Pueblo Nuevo hay cambio de uso del suelo de forestal a agrícola.

En la parte norte del AOE, en la zona de bosque al Norte de San Antonio La Laguna, Cerro el Cordón Chico, San Martín Obispo y Providencia Quinta Sección hay cambio de uso del suelo de forestal a agrícola en superficies considerables; asimismo en el Cerro el Molcajete, al Norte de La Laguna de San Simón hay cambio de uso del suelo de forestal a agrícola con fuertes afectaciones sobre el bosque. En la zona de La Candelaria existe cambio de uso del suelo de forestal a agrícola. En el Cerro la Sabana hay pequeñas zonas con cambio de uso de suelo, pero con notables bajas en la cobertura forestal en las zonas límite del área forestal con la agrícola.

Avanzando hacia el Oeste del AOE se observan los siguientes procesos:  
En la Colonia Nueva Tres Puentes, al lado Noroeste hay cambio de uso del suelo de forestal a agrícola. Al Suroeste de San Gabriel Ixtla asimismo hay cambio de uso del suelo de forestal a agrícola.

En el área cercana a la presa de Valle de Bravo hacia el este se observa:  
En la zona de San Francisco Mihualtepec, Santa María Pipioltepec y San Gaspar hay cambio de uso del suelo de forestal a agrícola y urbano; en la zona de Tizates, Rincón de Estradas, Barrio de Guadalupe, la cobertura forestal se está perdiendo, para abrir zonas de pastos y cultivos dentro del bosque.

En la zona este de Valle de Bravo en el área urbana ha disminuido la cobertura forestal, por el establecimiento de casas habitación, al igual que en la zona Sur de la Presa hacia Avándaro y Mesa de Jaimes.

Al lado Este de Rincón de Estradas fue desmontada una ladera para el establecimiento de cultivo en terrazas. En la zona de San Simón El Alto y El Naranja hay un considerable cambio de uso del suelo a agrícola; asimismo en la parte este de la Palma el área agrícola está avanzado sobre la forestal. En la zona del Castellano hay cambio de uso del suelo de forestal a agrícola.

Al sur del Temporal en algunas zonas descubiertas de vegetación se ha recuperado el bosque, pero no presenta las mismas condiciones hacia el lado este del poblado donde las zonas desprovistas de vegetación han incrementado sus dimensiones. Igualmente en la zona de Peña Blanca y La Mecedora hay cambio de uso de suelo de forestal a agrícola.

En resumen, la cuenca en su parte alta presenta zonas con poco cambio de uso del suelo, no así en la parte media, en donde se concentra un mayor número de poblaciones y cuenta con reducidas zonas planas o de baja pendiente por lo tanto los cultivos están creciendo en las laderas de los cerros o en las planicies.

### **Aptitud de uso del suelo**

La clasificación del AOE en unidades de aptitud de uso se basó en la valoración de la capacidad de los suelos para producir. Tuvo la finalidad de determinar elementos de juicio para asignar a los diferentes terrenos, el uso más adecuado, según su aptitud y de esta manera programar el aprovechamiento óptimo del recurso suelo.

Es necesario considerar los factores que restringen o limitan el uso que puede dársele a un terreno al agruparlos en diferentes clases, de acuerdo a la magnitud de las restricciones. Sin embargo los suelos de una misma clase no necesariamente están afectados por los mismos factores, por tanto terrenos de una misma clase pueden requerir prácticas de manejo y conservación diferentes.

La clasificación por capacidad de uso del Colegio de Posgraduados de Chapingo (1982), agrupa los suelos en ocho clases, en función de los riesgos de daños o limitaciones en su uso y se hace progresivamente mayor de la clase I a la clase VIII. Los suelos de las primeras cuatro clases, bajo buenas condiciones de manejo, son capaces de producir cultivos aclimatados. Los suelos de las clases V, VI y VII, son adecuados para el uso de plantas nativas adaptadas. Algunos suelos en las clases V y VI son también capaces de producir cultivos especializados, tales como frutales y ornamentales, y aún cultivos agronómicos y de hortalizas bajo prácticas intensivas de manejo, que comprende prácticas muy tecnificadas, así como el máximo aprovechamiento, manejo y conservación del suelo y del agua.

Los suelos de la clase VIII son considerados como zonas de refugio de flora y fauna silvestre, que por lo tanto deben ser protegidas.

Las clases son divididas en subclases, dando lugar a un agrupamiento de unidades de capacidad que tienen factores similares de limitaciones y riesgos. Se reconocen cuatro subclases generales de limitaciones: clima, erosión, topografía y suelo. (Anexos 4 y 5)

Las ocho clases de capacidad mencionadas se agruparon en diferentes niveles, según el grado de limitantes y se describen a continuación:

**Apropiadas para cultivar:**

- Clase I. Sin métodos especiales.
- Clase II. Con métodos sencillos.
- Clase III. Con métodos intensivos.

**Apropiadas para cultivo ocasional o limitado:**

- Clase IV. Con uso limitado y con métodos intensivos.

**No apropiadas para cultivo pero adecuadas para vegetación permanente (foresta):**

- Clase V. Sin emplear restricciones o métodos especiales.
- Clase VI. Con restricciones moderadas.
- Clase VII. Con severas restricciones.

**No adecuadas para cultivo, pastoreo o silvicultura:**

- Clase VIII. Por lo general, tierras demasiado escabrosas, arenosas, húmedas o áridas, no apropiadas para cultivo, pastoreo o silvicultura, pero que pueden ser útiles para vida silvestre.

La distribución espacial de los distintos tipos de aptitud de uso se puede apreciar en el Mapa de aptitud de uso del suelo. Las tierras con aptitud propia para uso agrícola (clase III) se distribuyen en la parte central de la cuenca, con algunas unidades clase III al sur y al oeste de la Presa de Valle de Bravo (Mapa No.8).

Las tierras con aptitud marginal para cultivos (clase IV) se observan dispersas por toda la cuenca, asociadas, en todos los casos, a las áreas con aptitudes no apropiadas para cultivo, representando zonas de transición de aptitud.

Las tierras con aptitud inapropiada para cultivos agrícolas y apropiadas para vegetación permanente (clases V, VI y VII), se correlacionan estrechamente con las áreas forestales altas y medias de la cuenca, muy notables al este de la misma; así como rodeando a la presa de Valle de Bravo.

Finalmente las tierras apropiada para vida silvestre (aptitud VIII), se observan en las grandes elevaciones inmersas en el grupo anterior al este de la cuenca y rodeando a la presa de Valle de Bravo. Es relevante señalar que en el AOE no existen suelos con aptitud clase I y II.

### **Usos inadecuados del suelo**

Usualmente se considera que con pendientes de 0 a 3%, no existen limitaciones y el suelo puede tener cualquier uso, entre 3 y 12% de pendiente se puede emplear en agricultura, práticamente o forestería; con valores de pendiente entre 12 y 20% en usos práticamente y forestal; con valores mayores del 20% o más de pendiente su único uso debe ser forestal; sin embargo en estudios recientes se ha demostrado que al menos en los suelos de origen volcánico de México, como es el caso del AOE, las zonas con pendientes superiores al 5% no deben ser desmontadas, siendo su mejor uso el forestal con variados estratos de vegetación.

Esto significa que una enorme proporción de la superficie del AOE que no está dedicada al uso forestal se encuentra bajo uso inadecuado; un análisis menos exigente muestra los siguientes resultados: Al examinar la correlación espacial entre las unidades de aptitud de uso y las de uso actual se encontraron numerosas áreas en las cuales existe un uso contrario a la aptitud de uso, es decir usos inadecuados.

El principal uso inadecuado observado en el AOE corresponde a actividades agrícolas en áreas con aptitudes de uso V, VI y VII (pendientes superiores a 15 %). La mayor intensidad de estos usos inadecuados se localizan en el Norte del AOE, en las comunidades de San Agustín, Canoillas primera y segunda sección, Sabana del Refugio, Cerro de Guadalupe, entre otros; las cuales son comunidades tradicionalmente agrícolas, dedicadas al monocultivo del maíz, con rendimientos muy bajos (aproximadamente una tonelada y media por hectárea), razón que explica en parte su decisión de cultivar áreas cada vez menos apropiadas para usos agrícolas (Mapa No. 9).

Adicionalmente se observan asentamientos irregulares en las áreas naturales protegidas de la región: Cerro Cualtenco, Cerro Colorado y Monte Alto. Esta ocupación no corresponde con la naturaleza de dichas áreas y constituyen una degradación de las mismas.

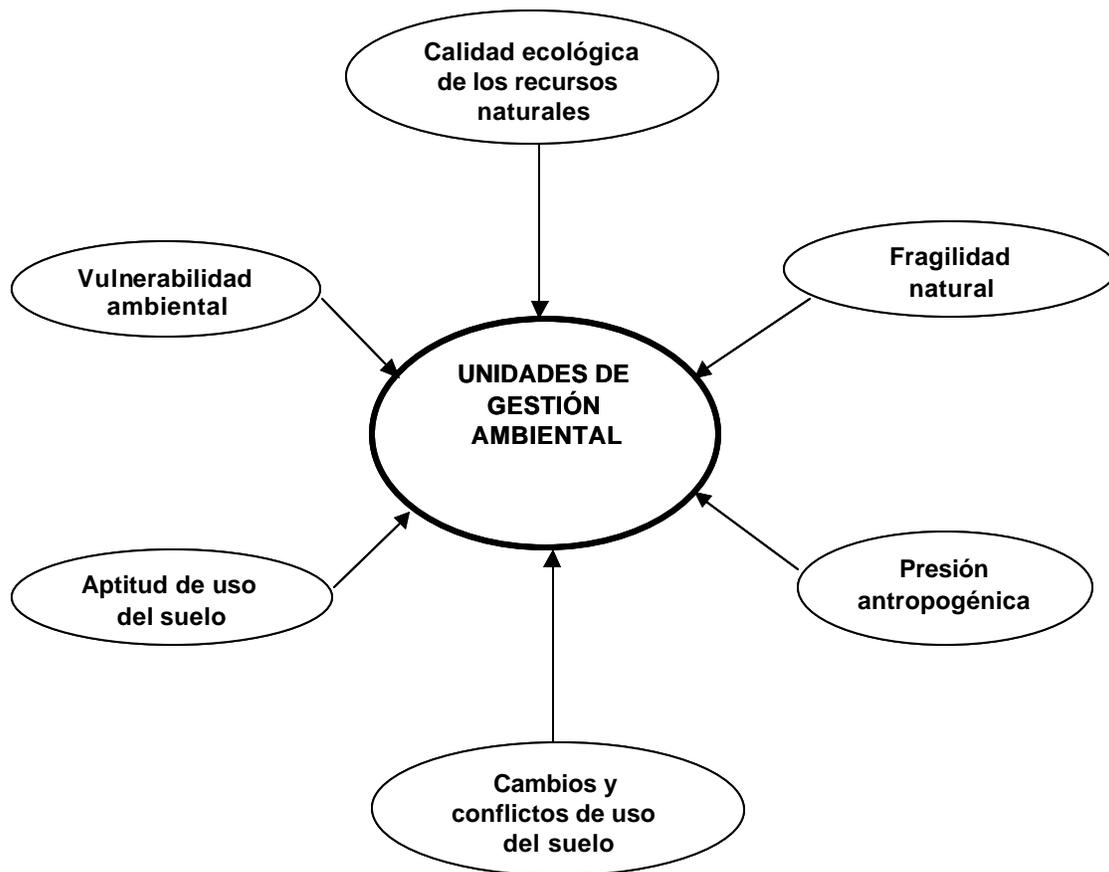
Otro uso inadecuado lo constituyen los tiraderos clandestinos de basura como en el caso de Amanalco, cuyo tiradero se ubica en un barranco en la localidad El Capulín cerca del río del mismo nombre. Adicionalmente se observan tiraderos clandestinos en algunos lugares a lo largo de la carretera Amanalco-Valle de Bravo.

## DESARROLLO METODOLOGICO

Las características integrales evaluadas para las Unidades de Gestión Ambiental, se presentan en la Figura 1:

FIGURA 1

### CARACTERÍSTICAS INTEGRALES DE LAS UNIDADES DE GESTIÓN AMBIENTAL



#### 1.-CALIDAD ECOLÓGICA DE LOS RECURSOS NATURALES:

La calidad ecológica de los recursos naturales, por su parte, se midió en función del mantenimiento de los elementos y procesos geoecológicos en su estado natural, es decir, considerando su estado de deterioro o perturbación, guiados por el principio de que mientras mayor sea la conservación de las condiciones naturales, mayor será la calidad del recurso (SEDESOL y otros, 2000).

La valoración de la calidad ambiental del AOE permitió conocer el estado de conservación / perturbación de los recursos naturales de la cuenca, así como las variaciones espaciales de la calidad de dichos recursos. La medición se basó fundamentalmente en los recursos vegetación, suelos, uso del suelo y agua.

Los criterios utilizados para determinar la Calidad Ecológica de los Recursos Naturales, se presentan en el Cuadro 1:

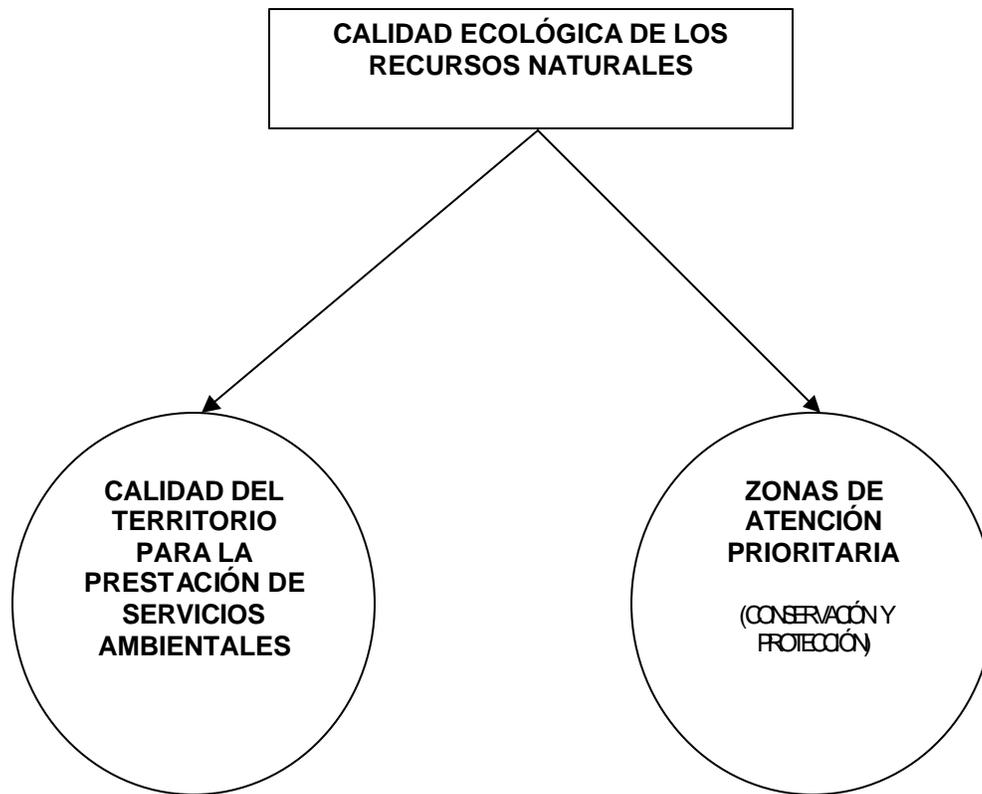
**CUADRO 1: CRITERIOS PARA DETERMINAR LA CALIDAD ECOLÓGICA DE LOS RECURSOS NATURALES**

	MUY ALTA	ALTA	MEDIA	BAJA	MUY BAJA
<b>VEGETACIÓN</b>	BOSQUES CON DENSIDAD MAYOR AL 80%	BOSQUES CON DENSIDAD DEL 60 AL 80%	BOSQUES CON DENSIDAD DEL 40 AL 60%	BOSQUES CON DENSIDAD MENOR AL 40%	ÁREAS DEFORESTADAS
	Y	Y/O	Y/O	Y/O	Y
<b>SUELO</b>	SIN EROSIÓN	EROSIÓN LAMINAR INCIPIENTE	EROSIÓN LAMINAR MODERADA	EROSIÓN LÍNEAL Y PROCESOS DE ACARCAMIENTO	EROSIÓN FUERTE Y DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS
	Y	Y/O	Y/O	Y/O	Y
<b>USO DEL SUELO</b>	FORESTAL	FORESTAL	FORESTAL Y AGRÍCOLA	AGRÍCOLA, PECUARIO Y FORESTAL	TERRENOS EN DESCANSO Y ABANDONADOS
	Y	Y/O	Y/O	Y/O	Y
<b>HIDROLOGÍA</b>	SIN DESCARGAS DE DRENAJES	DESCARGAS DE DRENAJES BAJAS	DESCARGAS DE DRENAJES ALTAS	CORRIENTES O CUERPOS DE AGUA EN PROCESO DE EUTROFICACIÓN	CORRIENTES O CUERPOS DE AGUA TOTALMENTE EUTROFICADOS

**FUENTE:** Facultad de Geografía, 2002

Las aplicaciones metodológicas de la Calidad Ecológica de los Recursos Naturales se observan en la Figura 2:

**FIGURA 2: APLICACIONES METODOLÓGICAS DE LA CALIDAD ECOLÓGICA DE LOS RECURSOS NATURALES**



## **2.- FRAGILIDAD NATURAL DEL TERRITORIO**

La fragilidad natural se considera, de manera general, como la capacidad intrínseca de una unidad ecológica a enfrentar agentes de cambio, basado en la fortaleza propia de sus componentes y en su capacidad y velocidad de regeneración, generalmente asociados a los conceptos de resistencia-resiliencia (SEDESOL y otros, 2000).

La valoración de la fragilidad natural del AOE se basó en los criterios propuestos por SEDESOL y otros (2000) adaptada para este trabajo (Anexo 2), a partir de la vegetación, el relieve, la pendiente y los suelos. El resultado se puede observar en el mapa de fragilidad natural que señala un predominio en el AOE de las condiciones de fragilidad muy alta y alta y la no existencia de áreas en condiciones de fragilidad muy baja.

Los criterios utilizados para determinar la fragilidad natural del territorio, se presentan en el cuadro 2:

**CUADRO 2: CRITERIOS PARA DETERMINAR LA FRAGILIDAD NATURAL**

	<b>MUY ALTA</b>	<b>ALTA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>BAJA</b>	<b>MUY BAJA</b>
<b>VEGETACIÓN</b>	BOSQUE TEMPLADO	BOSQUE TEMPLADO MATORRAL	PASTIZAL NATURAL	BOSQUE TEMPLADO	NO EXISTE EN EL PAÍS
	Y	Y/O	Y/O	Y	
<b>RELIEVE</b>	MONTAÑAS MUY DISECTADAS Y CONOS CINERÍTICOS	MONTAÑAS DE DISECCIÓN MODERADA, VOLCANES POCO DISECTADOS Y MONTE	PLANICIES VOCÁNICAS	DERRAMES LÁVICOS	
	O	O	O	O	
<b>PENDIENTE</b>	>45°	25 – 45°	12 – 25°	0 - 6°	
	Y	Y/O	Y/O	Y	
<b>SUELO</b>	ANDOSOL GLÉICO	REGOSOL, CAMBISOL, ABDOSOL, LUVISOL Y ACRISOL	VERTISOL Y LEPTISOL	FAEOZEM	

**FUENTE: Facultad de Geografía, 2002.**

La valoración y distribución espacial de las condiciones de fragilidad natural aportó información fundamental para la determinación de usos inadecuados, zonas de atención prioritarias, unidades de gestión ambiental y políticas ambientales; asociados con el propósito de controlar los usos inadecuados, revertir los procesos de deterioro presentes y asignar políticas ambientales que consideren las restricciones de uso relativas a las condiciones de fragilidad alta y muy alta que dominan en la cuenca.

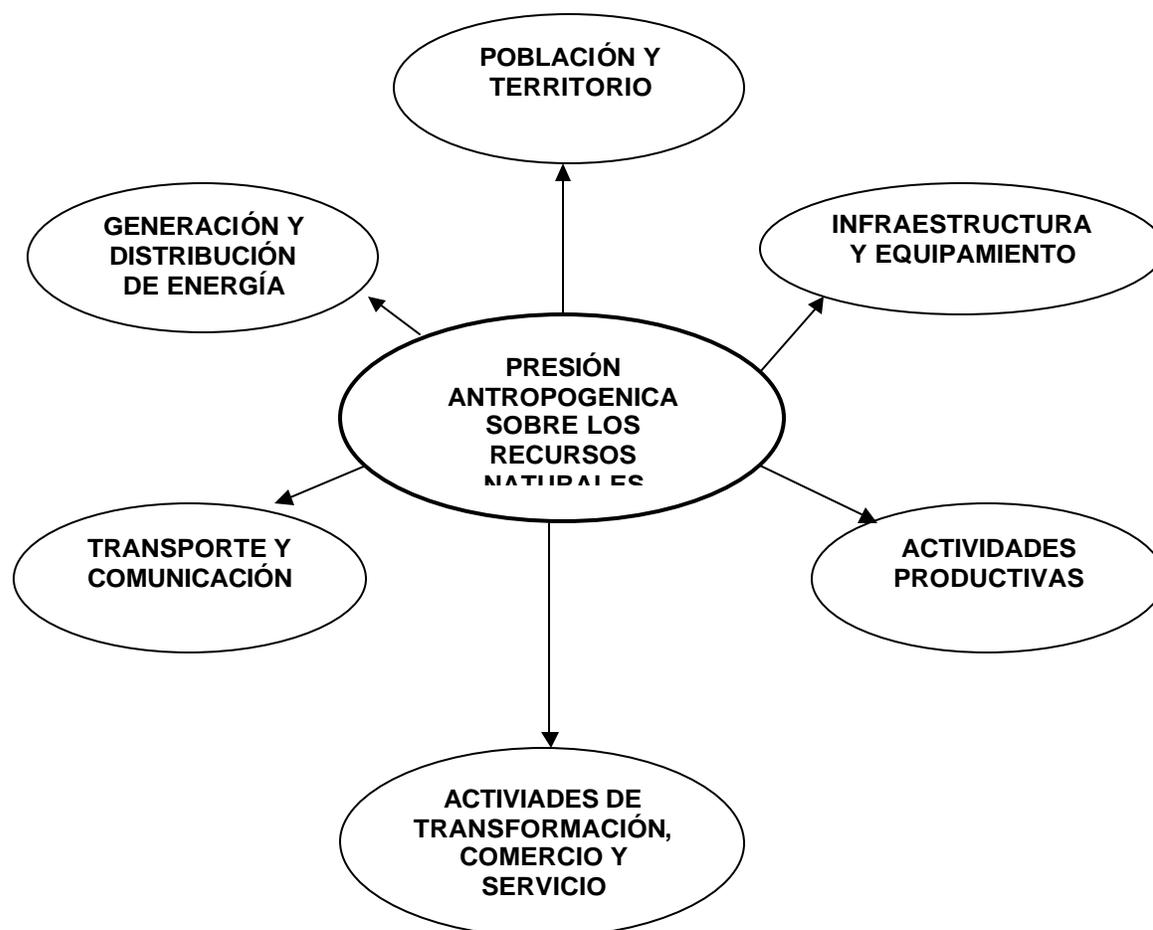
### 3.- PRESIÓN ANTROPOGÉNICA SOBRE LOS RECURSOS NATURALES

El modelo Presión-Estado-Respuesta propuesto en París (1998) por la OECD y utilizado ampliamente por la Agencia Europea del Ambiente y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica, como herramienta analítica para categorizar o clasificar información sobre los recursos naturales y ambientales, en relación con las características, sociodemográficas y económicas; ha sido aplicado en este trabajo, bajo el siguiente procedimiento:

Una vez categorizados los niveles de fragilidad natural (Estado), se procedió a clasificar para cada UGA, los niveles de presión antropogénica sobre los recursos naturales (Presión) y con fundamento en lo señalado en el anexo 3, se determinaron los niveles de vulnerabilidad (Respuesta) de cada UGA.

Los factores de Presión Antropogénica sobre los recursos naturales del territorio se observan en la figura 3:

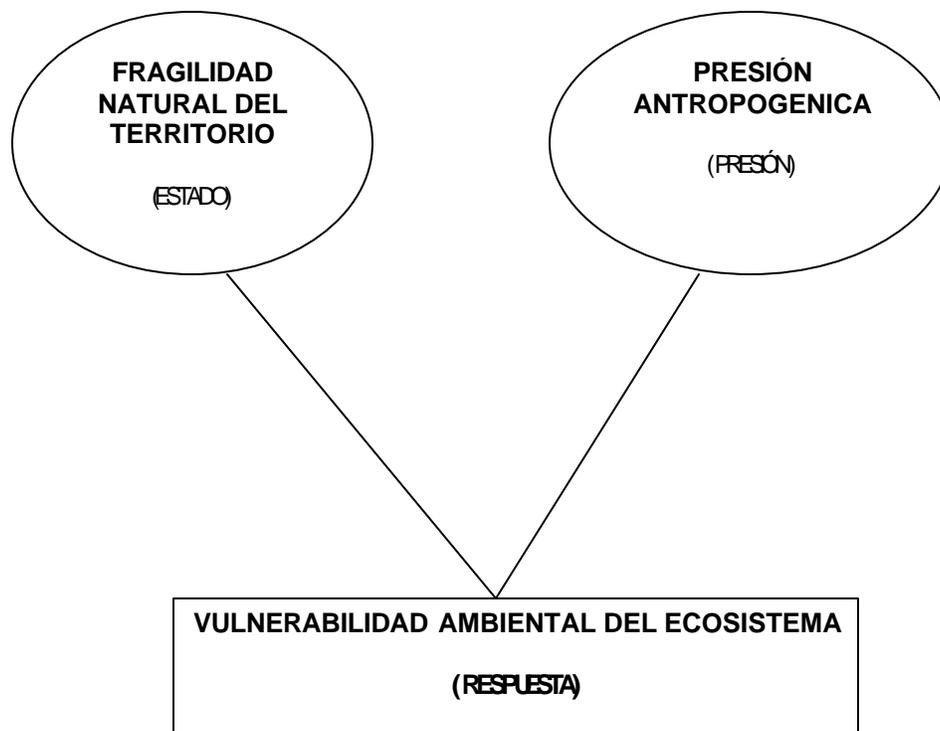
**FIGURA 3: FACTORES DE PRESIÓN ANTROPOGÉNICA SOBRE LOS RECURSOS NATURALES DEL TERRITORIO**



#### **4.-VULNERABILIDAD AMBIENTAL DE LOS RECURSOS NATURALES ANTE LA PRESIÓN ANTROPOGÉNICA**

La aplicación del modelo Presión-Estado-Respuesta en el OECVB-A, se observa en la figura 4:

**FIGURA 4: APLICACIÓN DEL MODELO PRESIÓN-ESTADO-RESPUESTA AL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO**



El cuadro 3 muestra los criterios para la evaluación de la Vulnerabilidad Ambiental, a partir de la Fragilidad Natural y de la Presión Antropogénica.

**CUADRO 3: RANGOS DE VULNERABILIDAD AMBIENTAL DE LOS RECURSOS NATURALES ANTE LA PRESIÓN ANTROPOGÉNICA**

<b>Fragilidad Natural</b>	<b>Presión Antropogénica</b>	<b>Vulnerabilidad Ambiental</b>
<b>Fragilidad muy baja 1</b>	Presión muy baja 1	Vulnerabilidad muy baja 1
	Presión baja 2	Vulnerabilidad muy baja 1
	Presión media 3	Vulnerabilidad baja 2
	Presión alta 4	Vulnerabilidad baja 2
	Presión muy alta 5	Vulnerabilidad media 3
<b>Fragilidad baja 2</b>	Presión muy baja 1	Vulnerabilidad muy baja 1
	Presión baja 2	Vulnerabilidad muy baja 1
	Presión media 3	Vulnerabilidad baja 2
	Presión alta 4	Vulnerabilidad baja 2
	Presión muy alta 5	Vulnerabilidad media 3
<b>Fragilidad media 3</b>	Presión muy baja 1	Vulnerabilidad muy baja 1
	Presión baja 2	Vulnerabilidad muy baja 1
	Presión media 3	Vulnerabilidad baja 2
	Presión alta 4	Vulnerabilidad baja 2
	Presión muy alta 5	Vulnerabilidad media 3
<b>Fragilidad alta 4</b>	Presión muy baja 1	Vulnerabilidad muy baja 1
	Presión baja 2	Vulnerabilidad muy baja 1
	Presión media 3	Vulnerabilidad baja 2
	Presión alta 4	Vulnerabilidad baja 2
	Presión muy alta 5	Vulnerabilidad media 3
<b>Fragilidad muy alta 5</b>	Presión muy baja 1	Vulnerabilidad muy baja 1
	Presión baja 2	Vulnerabilidad muy baja 1
	Presión media 3	Vulnerabilidad baja 2
	Presión alta 4	Vulnerabilidad baja 2
	Presión muy alta 5	Vulnerabilidad media 3

## 5.-APTITUD DE USO DEL SUELO

Los criterios para determinar la aptitud de uso del suelo, se presentan en el cuadro 4:

**CUADRO 4. CLASES DE APTITUD Y CRITERIOS PARA DETERMINAR APTITUD DEL USO DEL SUELO**

GRUPO DE FACTORES	CLAVE	FACTORES	UNIDAD DE DESCRIPCIÓN	C L A S				
				1	2	3	4	5
CLIMA	C	DEFICIENCIA DE AGUA (PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL EN mm)	m.m.	MAYOR DE 800	600 - 800	500 - 600	400 - 500	300 a 400*
	I	EXCESOS DE AGUA (INUNDACIÓN)	cualitativa	NINGUNA	INUNDACIONES OCASIONALES	FRECUENTES INUNDACIONES QUE AFECTAN MODERADAMENTE LOS CULTIVOS	FRECUENTES INUNDACIONES QUE AFECTAN SEVERAMENTE LOS CULTIVOS	LAS INUNDACIONES PERMITEN EL DESARROLLO DE PASTIZALES CON LIMITACIONES LEVES
EROSIÓN	E	EROSIÓN	cualitativa	NULA	LAMINAR LEVE, CON PÉRDIDA DE 0 A 25% DEL HORIZONTE 'A' Y/O CANALILLOS EN FORMACIÓN	LAMINAR MODERADA CON PÉRDIDA DEL 25 AL 75% DEL HORIZONTE 'A'. Y/O CANALILLOS MEDIANOS	LAMINAR FUERTE CON PÉRDIDAS DEL 75 AL 100% DEL HORIZONTE 'A'. Y/O CANALILLOS PROFUNDOS	LAMINAR SEVERA CON PÉRDIDA DEL 0 AL 30% DEL HORIZONTE 'B'. Y/O CÁRCAVAS EN FORMACIÓN
TOPOGRAFÍA	T1	TOPOGRAFÍA (TERRENOS CON PENDIENTE UNIFORME)	%	0 - 2	2 - 6	6 - 10	10 - 15	15 - 25
	T2	TOPOGRAFÍA (TERRENOS CON PENDIENTE ONDULADA)	%	0 - 2	2 - 3	3 - 6	6 - 10	10 - 25
SUELO	S1	PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	cm.	MAYOR DE 100	50 - 100	35 - 50	25 - 35	15 - 25
	S2	PROFUNDIDAD DEL MANTO FREÁTICO	cm.	MAYOR DE 100	50 - 100	35 - 50	25 - 35	15 - 25
	S3	PEDREGOSIDAD EN LA SUPERFICIE	cualitativo	NULA	LA PEDREGOSIDAD INTERFIERE CON LAS LABORES AGRÍCOLAS DE 5 A 10% DEL ÁREA QUE SE ENCUENTRA CUBIERTA	LA PEDREGOSIDAD INTERFIERE SERIAMENTE LAS LABORES AGRÍCOLAS YA QUE CUBRE UN 10 A 15% DE ÁREA TOTAL	LA PEDREGOSIDAD NO PERMITE EL USO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA YA QUE CUBRE DE 15 A 35% DEL ÁREA	LA PEDREGOSIDAD CUBRE DEL 35 AL 50% DEL ÁREA Y PUEDE APROVECHARSE COMO PASTIZAL O BOSQUE
	S4	SALINIDAD	mmhos./cm.	0 - 2	2 - 4	4 - 8	8 - 16	MAYOR DE 16
	S5	SODICIDAD	PSI	MENOR DE 10	10 - 15	15 - 40	40 - 60	MAYOR DE 60
				AGR. INTENSIVA	AGRICULTURA SEMIINTENSIVA	AGRICULTURA EXTENSIVA	AGRICULTURA MARGINAL	PASTIZAL O BOSQUE INTENSIVO

FUENTE: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHAPINGO, MANUAL DE CONSERVACIÓN DEL SUELO Y AGUA, COLEGIO DE POSTGRADUADOS, CHAPINGO, MÉXICO, 1982.

## 6.- CAMBIOS Y CONFLICTOS DE USO DEL SUELO

Los conflictos de uso se han determinado al confrontar la Aptitud de Uso del Suelo (Uso Ideal), contra el Uso Actual que se da al suelo (Uso Real); la figura 5 esquematiza dicha confrontación:

**FIGURA 5: PROCESO PARA EL ANÁLISIS DE LOS CONFLICTOS DEL USO DEL SUELO**

