

## SINOPSIS

### PRIMER PARTE

#### ANTECEDENTES JURÍDICO, ADMINISTRATIVO, AMBIENTAL, ECONÓMICO, AFINES AL PSAH

En este apartado se efectúa una revisión de lineamientos a nivel internacional y nacional que posibilitan la implementación de estos programas, grado de avance, estableciendo; además sus debilidades, y potencialidades para su sostenibilidad en el tiempo, teniendo como *caso de estudio de Valle de Bravo-Amanalco*

#### **Compromisos internacionales, su vinculación con los Servicios Ambientales**

La preocupación mundial por los daños graves infringidos en diferentes componentes del ambiente por desconocimiento, desidia o complicidad desde diferentes sectores de la sociedad pública o privada, se agudiza en situaciones donde cuestiones naturales coadyuvan con aquellas. La necesidad de controlar y revertir dicha situación de degradación y contaminación de todos los elementos de la naturaleza, ha sido puesta de manifiesto en diferentes compromisos internacionales, que dieron origen a un gran número de programas nacionales intersectoriales.

En relación con acontecimientos internacionales que sucedieron entre la *Convención de Las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático y El Protocolo de Kyoto de 1997*, y que dieran origen a compromisos contraídos por los estados participantes en materia de protección al ambiente, se inician en Ginebra (1990), donde se elabora el documento preparatorio que diera el referente para la 2ª Conferencia Mundial sobre Clima, donde se establecieron fundamentos para la formación de dicha Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). Este documento fue firmado por los países participantes de la **Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo de Río de Janeiro**, en mayo de 1992, en lo que se suele llamar la “**Cumbre de la Tierra**”. Esta Convención tiene como objetivo afrontar uno de los retos ambientales más grandes: estabilizar las concentraciones de **Gases de Efecto Invernadero** (GEI) hacia la atmósfera en niveles dañinos que prevengan de interferencia antropogénica, sin que afecte el crecimiento económico de los países miembros. Así, los estados se comprometen a: (i) desarrollar tecnologías y procesos de control que disminuya la emisión de estos gases, (ii) promover el manejo sostenible de los sumideros y reservorios de carbono, (iii) cooperar en la investigación y observación del sistema climático (Galarza, 2005).

Galarza (2005) afirma que la filosofía de la *CMNUCC* fue establecer mecanismos financieros que permitan a los países desarrollados, o en vías de desarrollo, solventar los costos en que deberían incurrir para asegurar el crecimiento con tecnologías “limpias”. Asimismo, se comprometen a transferir y promover entre países, el acceso a las tecnologías que estuvieran alineadas con las ideas de la Convención. En un principio, no se fijaron compromisos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero cuantificables, pero se diseñó el referente adecuado para negociar esas reducciones. Así, se realizó lo que se denomina **Conferencias de las Partes**, que es el organismo Supremo de la Convención, el cual se reúne a fin de establecer las pautas en que los Estados miembros deben actuar. Hasta el 2005, se realizaron 11 Conferencias de las Partes, por ejemplo la del 2003 fue en Milán, la del 2004 en Buenos Aires y la última, en diciembre 2005, en Montreal, Francia. En este sentido el Protocolo de Kyoto-Reunión de Montreal se llevó a cabo en el 2005.

Entre la primer Conferencia de las Partes realizada en Berlín en 1995 y la tercera en Kyoto en diciembre de 1997, los miembros negociaron la forma en que los países más desarrollados debían reducir sus emisiones y hasta qué niveles remitirse. Así, en el **Protocolo de Kyoto** (1997) se establecieron normas legalmente obligatorias sobre la

reducción de gases de efecto invernadero, y mecanismos que flexibilizan, contribuyen o incentivan la adopción de mecanismos de reducción de emisiones a los países con compromiso de reducción. Éstos integran el listado conocido como *Anexo I*, que son los países más desarrollados, y que deben bajar los niveles de sus emisiones en un 5.2% en conjunto por debajo del nivel que tenían en 1990. Los países en vía de desarrollo, como México, se adhieren al Protocolo pero no están obligados a cumplir con una reducción cuantificada durante el primer período de cumplimiento (2008-2012). Su participación en las Conferencias de las Partes, es como inspectores del proceso. La firma del tratado es una expresión del principio de responsabilidad común pero diferenciando entre los países que más emiten gases de efecto invernadero. Los miembros de *Anexo I* deberán demostrar en ese periodo sus reducciones efectivas. Los que demuestren dificultades para llegar a cumplir con las metas asignadas podrán acceder a un mecanismo financiero que aliviará su compromiso. Esto da origen a los Derechos de Emisión Certificados que podrán ser negociados entre partes en el “*Mercado de Emisiones o de Carbono*” y desarrollando lo que se denomina “**Mecanismo de Desarrollo Limpio**”, en el cual los países en función de sus logros o retrasos negocian su crédito o deuda entre sí.

El *Protocolo de Kyoto* elaborado en 1997, entró en vigencia en enero 2005, después de cumplirse dos requisitos: a) la adhesión de más del 55% de los países de la Convención (requisito ampliamente cumplido pues más de 110 estados ratificaron la firma); y b) que entre los países firmantes se encuentren los del *Anexo I*, cuyas emisiones sumaran más del 55% del total de emisiones de gases del año 1990. Este requisito se cumplió al firmar Rusia en octubre 2004, que representó el 17.4% de ese año base, superándose así el 55% exigido. Por su parte, Estados Unidos y China, han declarado que no ratificarán el Protocolo por considerar que de alcanzar las metas asignadas comprometería su economía.

Cabe destacar, la existencia de otro mecanismo financiero similar al “*Mercado de Carbono*” que se creó con la Ley del Aire Limpio de 1970 junto con la *Environmental Protection Agency* (EPA) de los EUA para disminuir y prácticamente solucionar el efecto de la llamada *Lluvia Ácida* que cubría casi todo el hemisferio norte. El mecanismo de mercado de emisiones favoreció reducciones aceptables, así para el año 2010 se estima llegarán a las mismas emisiones de 1980, con un ahorro anual de 50,000 millones de dólares. Se estima que sólo a través de mecanismos no coercitivos, de libre adhesión, se lograrán avances significativos en el control de emisiones y los mecanismos de libre mercado permitirán disminuir los costos de la implementación.

El *compromiso internacional de México* en relación con la *CMNUCC* y el Protocolo de Kyoto, se vincula, entre otras acciones, con disminuir la tasa actual de crecimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero. Así, las actividades del sector forestal (*conservación, manejo de bosques, alternativas para disminuir la deforestación, reforestación, fomento de sistemas agroforestales, etc.*) son consideradas prioridades nacionales de desarrollo (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático). Los arreglos institucionales que se han diseñado y operado en vista de cumplir con los compromisos contraídos bajo el referente de estos programas internacionales, involucran importantes sectores, programas e instituciones del país que manejan la política ambiental, y coordinan las diversas comisiones, direcciones, y comités asociados; recayendo la presidencia de la *Comisión Intersecretarial de Cambio Climático* a fin de operar los acuerdos del *CMNUCC* en México, en la Semarnat.

La importancia de dicha *Comisión* se aprecia en la participación intergubernamental y sectorial que posee, ya que la integran siete secretarías nacionales relacionadas con elementos naturales, población y economía. Asimismo, se tiene previsto incorporar a

la esfera de incumbencia de la Semarnat al sector energético. De manera que la política ambiental, particularmente la relacionada con el sector forestal está vinculada fuertemente con la energética y resulta estratégica para la política económica (Semarnat-INE, 2006).

En este contexto diversos programas relacionados con el *Programa de Servicios Ambientales*, resultan importantes al apoyar en la contribución a reducir emisiones de carbono, crear condiciones para establecer el mercado de captura de carbono, y *Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL)*, o sirven para desarrollar el mercado de Servicios Ambientales por captura de carbono (Semarnat-INE, 2006).

### **Significado y alcances de los Servicios Ambientales**

Los *Servicios Ambientales* son definidos con diversas concepciones, poniéndose en ocasiones el énfasis en aspectos ecológicos y ponderándose más los ciclos básicos de la naturaleza tales como el suelo, agua, nitrógeno; mientras que otras definiciones involucran la visión de acervo, o el reconocimiento de las funciones y procesos en que están involucrados los ecosistemas considerando sus niveles y relaciones (flujos de servicios), en los cuales sólo en algunos casos se incluye el manejo sustentable.

Así por ejemplo, Conafor los define las Reglas de Operación para el otorgamiento de pagos del Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos del 2003 como “*Los servicios que brindan los ecosistemas forestales de manera natural o por medio del manejo sustentable de los recursos forestales, tales como: la provisión del agua en calidad y cantidad; la captura de carbono, de contaminantes y componentes naturales; la generación de oxígeno; el amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales; la modulación o regulación climática; la protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida; la protección y recuperación de suelos; el paisaje y la recreación, entre otros*” (Semarnat, 2003). Esta definición se considera en el artículo 7, fracción XXXVII de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Es preciso señalar que la definición requiere de revisión para ser congruente con la naturaleza del sistema natural en el que se encuentran los bosques, incluye inconsistencias como por ejemplo en su inicio la definición no intenta establecer procesos y conceptos claros como la captura de carbono, ya que en otros puntos se establecen conceptos por demás ambiguos como el que el manejo sustentable de los bosques provee de agua, tampoco se visualiza con claridad cómo se presenta el servicio en el amortiguamiento de *los fenómenos naturales* (por ejemplo, un terremoto es un fenómeno natural); por supuesto el término recurso le da al bosque una implicación económica subjetiva a diversas interpretaciones.

Otra definición que involucra aspectos además de los ambientales, y que incluye hasta aspectos productivos, es la dada en *Millennium Ecosystem Assessment* (2003), donde se indica que los Servicios Ambientales, son “*los beneficios que la gente obtiene de los ecosistemas. Estos incluyen servicios de aprovisionamiento, regulación y servicios culturales los cuales afectan directamente a la gente, así como servicios de soporte necesarios para mantener otros servicios*”. Esto es, se indican cuatro categorías comúnmente utilizadas: *servicios de aprovisionamiento, servicios de regulación, servicios culturales y servicios de soporte*. Sin embargo, existen otros criterios para discriminar los Servicios Ambientales, así por ejemplo, en otros informes se incluyen además de las categorías, los *tipos de servicio* que a su vez en determinados espacios geográfico y paisaje, pueden dar origen a diferentes combinaciones de tipo de servicio.

Se destaca, que en relación con la inclusión en las definiciones del término “*beneficio*”, resulta ambiguo, pudiéndose tratar de aspectos cualitativos o monetarios, o de ambos. Se puede tratar de beneficio que se traduce en costo o ganancia, que involucra al mercado real y/o financiero, entre otras interpretaciones. Esta mezcla de aspectos

puede ocasionar problemas no sólo técnicos, sino también sociales y económicos, al intentar integrar diversos tipos de análisis a fin de determinar “*cuáles, cuántos, dónde y cómo*” se encuentran operando los Servicios Ambientales, y de este modo, lograr manejar acuerdos sociales, políticos, económicos o financieros que permitan implementar un programa de PSAH. La claridad de estas definiciones y los aspectos incluidos debería tomarse en cuenta al diseñar la política pública referida a convenios internacionales, financieros, o cuando se aprueban decretos, leyes, y normativas en general.

Cabe destacar además, que independientemente del reconocimiento oficial del valor ambiental que posee un territorio, así como de su caracterización, también habría que considerar la *vinculación que existe entre paisajes para la prestación de servicios*. Esto es particularmente relevante en la medida en que se generan Servicios Ambientales diferentes según sea el manejo: *zonas reforestadas, con o sin manejo forestal, o manejo agrícola*, entre otros usos, zonas que pueden estar formando parte de una misma cuenca subterránea e impactando de diversas formas al agua (Zorrilla, 2005).

En Semarnat (2006a) se priorizan algunos aspectos del diagnóstico del problema forestal en México a fin de explicar la importancia de los Servicios Ambientales Forestales. Así destacan que la degradación de ecosistemas forestales altera además de la biodiversidad, al ciclo hidrológico, disminuyendo o aumentando la infiltración natural de la lluvia hacia el agua subterránea, azolvando ríos, lagos y presas, desecando cuerpos de agua o generando escorrentía súbita e incontrolable.

*El Programa de Servicios Ambientales*, tal como se indicó en punto anterior, cumplen una función primordial a fin de dar cumplimiento a los acuerdos establecidos entre las naciones bajo el referente de protocolos internaciones. Sin embargo, tienen además *otra función importante en México*, que se vincula con la magnitud de la deforestación, degradación de ecosistemas forestales, y el grave problema de incendios forestales en territorio mexicano; y con lo llamado durante el sexenio 2000-2006 “*seguridad nacional*”, término que no obstante su uso a nivel oficial no tuvo una definición concreta. Esto se vincularía con la incidencia que en el mediano y largo plazos, tiene preservar el ambiente sobre el desarrollo económico y social (Semarnat, 2006a).

En relación con la *deforestación*, México presenta la quinta tasa de deforestación más grave del planeta, sólo superada por las de Brasil, Indonesia, Sudán y Zambia (FAO, 2000). La estimación de la deforestación para México, va entre 280,000 a 1’500,000 ha/año, dependiendo del criterio seguido para dicha estimación. Se destaca, que algunos de estos criterios carecen de rigor científico, siendo mera especulación.

Las causas de la deforestación son diversas, y si bien se indica que el principal proceso involucrado es su conversión a pastizal y terreno de cultivo, así como a incendios forestales, plagas y enfermedades forestales, no existe un consenso concluyente sobre dichas causas, requiriéndose un mejor diagnóstico (Semarnat, 2006a) que se extienda no sólo a cuestiones meramente de desaparición del bosque sino también al grado de degradación de suelo asociado y cómo el componente agua subterránea es afectado. Así, por ejemplo, el concepto de planificación por cuencas hidrológicas se desarrolló a partir de la creación de la Conafor en el 2001, si bien incorpora acciones de protección, conservación y restauración del suelo forestal, pone el énfasis en las partes altas de la cuenca. Asimismo, no se cuenta con estudios que incorporen el funcionamiento hidrológico donde se considere en forma científica la parte de agua subterránea.

Son también importantes otras acciones, tal como la desinformación al público en general sobre las graves implicaciones que tiene la conversión de sitios donde los

ecosistemas han sido extinguidos para convertir su terreno en uso urbano, lo que ocurre incluso en áreas protegidas. Asimismo, no se considera en el proceso de cambio de uso de suelo las cuestiones ambientales implicadas, infringiéndose la legislación vigente referida al ambiente en general, uso del suelo, ordenamiento territorial y ecológico, entre otros. Un ejemplo claro de deforestación por asentamiento urbano es la concesión para construir fraccionamientos de tipo campestre típico tanto en los estados de Jalisco y México, y particularmente en *Valle de Bravo-Amanalco*.

De este modo, la conservación de los bienes forestales, la gestión del agua y el impulso a la transversalidad de las políticas y acciones públicas, fueron consideradas por la Semarnat como los asuntos de más alta prioridad. La agenda de transversalidad implica: *i)* el reconocimiento de que el desarrollo sustentable es tarea de todos, *ii)* involucra un esfuerzo compartido de coordinación interinstitucional e instrumentación conjunta de programas, acciones y/o proyectos significativos por parte de las 32 dependencias del gobierno federal, *iii)* se manejan temas de discusión y acuerdo entre instituciones involucradas en asuntos y prioridades (Sectur-Semarnat, 2005). Dichos asuntos prioritarios se tradujeron en un conjunto de metas -que se formularon y sustentaron con base en los avances obtenidos durante el período 2004-2005 por los diferentes órganos y áreas de la institución- y en diversos programas específicos del sector agrupados en Cruzadas Nacionales “*en el marco del Presupuesto de Egresos de la Federación*” (Semarnat, 2006a)

No obstante la intencionalidad positiva que se traduce de propuestas y proyectos elaborados desde el ámbito nacional, es pertinente mencionar que en diferentes ámbitos se acepta la existencia de una ***crisis forestal***, ésta se visualiza en diversos aspectos que van desde el sistema de concesión de la tierra, destino de la tierra, hasta los productos obtenidos, lo cual conduce a grandes impactos ambientales y una insostenibilidad de esquemas productivos. Así por ejemplo, actualmente predomina el sistema rentista en la mayoría de los núcleos agrarios, y pocos aprovechan, transforman e industrializan la madera, por el contrario, se subsidia la importación de madera e inversiones privadas para plantaciones forestales comerciales, situación que es claramente no sustentable en su concepción más amplia: *económica, productiva, social y jurídica*. Esta última principalmente porque tal situación podría generar que el país desatienda las obligaciones de carácter internacional (Kyoto, 1997). Al respecto es menester indicar que si bien es posible que resulte prematuro y complejo hacer un balance de las implicaciones económico-ambientales de acuerdos internacionales, se destaca que diversos profesionales vinculados con la política ambiental de México, entre ellos, Julia Carabias, Enrique Provencio, Jorge Larson, Antonio Díaz de León, coinciden en la necesidad de realizar una evaluación de los instrumentos y programas de la política ambiental en México debido a lineamientos internacionales y su impacto nacional (Facultad de Economía, 2006)

Actualmente, sin embargo existen por lo menos dos grandes macroproyectos de gran importancia económica y ambiental que no se han analizado conjuntamente: *i)* el desarrollo de la denominada Cuenca Industrial Forestal del Golfo de México (cuya presentación se hizo en la Expo Forestal México, septiembre, 2005); y *ii)* el desarrollo financiero y económico de diversos mercados ambientales. Por ejemplo, si se considera que los bosques mundiales pueden fijar sólo de un 11% a un 15% de carbono que emiten los combustibles fósiles y no más como se supone, tal como lo señaló Sandra Brown de la Agencia de Protección Ambiental de los EUA, es muy factible que el Programa de Pago por Servicios Ambientales resulte en un programa de transición para pasar a constituirse en un programa proveedor de plantaciones forestales destinadas a la producción de madera para aserraderos, celulosa, cartón, etc. Industrias que se tiene proyectado repuntarán para el 2014 (según proyecciones de Jakko Poyri Consulting; Expo Forestal, México, 2006). Es decir que en determinado

momento pasará a ser más rentable desarrollar empresas de plantaciones con monocultivo comercial contraviniendo los objetivos de conservación de biodiversidad tan importantes para la Cuenca Forestal del Golfo.

### ***Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos en México***

El antecedente más directo de la implementación del Programa de Servicios Ambientales es de 1999, al formularse el Plan Estratégico Forestal para México 2025, con apoyo de Finlandia y del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), y que sirvió de base para que la Comisión Nacional Forestal elaborara el Programa Nacional Forestal 2001-2006. En el 2002 fue modificada la Ley Federal de Derechos que es la que estipula el pago por el uso o aprovechamiento de los bienes del dominio público de la Nación en vista de establecer mecanismos para auspiciar el reconocimiento del valor económico de lo Servicios Ambientales y retribuirlos, ya que se estipula que una parte de lo recaudado por el uso, aprovechamiento y explotación de las aguas nacionales deberá destinarse al desarrollo.

Sin embargo, el Programa de Servicios Ambientales, en México, se institucionalizó en el 2003 como Programa Nacional de Pago por Servicios Ambientales, enfocándose al mantenimiento de servicios ambientales hidrológicos de bosques y selvas ubicados en zonas prioritarias definidas con base en las reglas de operación publicadas en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2003).

Los programas de Servicios Ambientales Hidrológicos, tuvieron una muy rápida aceptación, y un alto número de solicitudes. Así, el primer año se operó con \$200 millones, en el segundo con \$300 millones, siendo 900 las solicitudes para el 2003, y 960 para el 2004. Para el 2005 las solicitudes disminuyen a 688 con un monto aproximado de \$257 y medio millones. Actualmente hay 879 contratos, que involucran aproximadamente 480,000 hectáreas, todavía no se hace público en la página oficial el monto al que asciende.

Se destaca, sin embargo, que los predios que han recibido pago, en su mayoría, se encuentran fuera de *áreas prioritarias de conservación*, problema que se suma al hecho que hasta el 2004 no se había priorizado un criterio científico para su adjudicación, situación que prevalece hasta la fecha ya que no se ha adoptado una metodología básica a seguir. Así, el 14% de los predios corresponden con sitios donde se ubican los llamados comúnmente por la CNA como “*acuíferos sobreexplotados*”; menos del 20% de los predios se localizan en sitios con riesgo de deforestación alto o muy alto; mientras que el 62% de los predios están localizados en sitios de bajo o muy bajo riesgo. Por otra parte, la mayoría de los contratos se han firmado con ejidos, comunidades y pequeños propietarios mejor organizados, y más desarrollados, desvirtuando así los principios originales de su implementación, ya que debía cubrir las comunidades marginales. Esto se afirma también porque actualmente los criterios son fundamentalmente objetivos y no sociales, por ejemplo se busca fundamentalmente preservar áreas forestales densas o bosques mesófilos de montaña y no se estipula en las cláusulas de qué manera considerar las distintas condiciones sociales, nivel de organización y estabilidad del manejo de los predios y territorios, los cuales son factores que pueden incidir en la pérdida forestal por cambio de uso del suelo y en el no cumplimiento de otras cláusulas establecidas en las Reglas de Operación para el otorgamiento de pagos del Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos. En una evaluación crítica del programa del Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible A.C, se hacen dos señalamientos importantes, uno relativo a las cuestiones operativas y otro a las consecuencias sociales de la implementación del Programa: Por un lado se señala que el programa no busca generar ni proveer información sobre los flujos (monetarios) y las dinámicas de las cuencas hidrológicas y por otro que “el enfoque en bosques densos sin actividades productivas, deja abierta la posibilidad de

que se creen conflictos por el uso del suelo entre comunidades rurales que buscan su desarrollo y el Programa de PSA, que busca sustraer superficies crecientes a las actividades productivas”.

Se indican cinco problemas fundamentales en la concepción y organización del programa: *i)* límite de cinco años en los pagos, *ii)* carencia de capacitación y entrenamiento para el desarrollo de mercado local e internacional (Banco Mundial, 2006), y *iii)* los sitios elegidos para la implementación del programa no han sido científicamente valorados a fin de establecer la eficacia del pago, *iv)* se carece de criterios de evaluación de la efectividad del pago, ya que se desconoce con certeza a quien realmente aporta agua la zona de recarga que se protege, y *v)* no se incorporan zonas de descarga donde se presentan muchos ecosistemas altamente vulnerables a cambios hidrológicos y también se tiene un alto valor en biodiversidad.

### **Otros programas vinculados con los Servicios Ambientales**

Se destaca el programa denominado PSA-CABSA (*Pago por Servicios Ambientales-Captura de Carbono, Biodiversidad y Sistemas Agroforestales*) creado en el 2004, cuyo objetivo es promover el acceso al mercado nacional e internacional de los Servicios Ambientales relacionados con captura de carbono y biodiversidad de los ecosistemas forestales, así como a impulsar el establecimiento de sistemas agroforestales mediante la reconversión del uso eminentemente agrícola de suelo hacia uno que integre elementos agrícolas y forestales, que se sumen a los ya existentes sistemas agroforestales (Semarnat, 2006a). Mediante este programa se incorporaron 58,437 hectáreas al pago de este tipo de servicios en el período 2004-2005. Este programa se inserta en la *Agenda de Transversalidad de Políticas Públicas para el Desarrollo Sustentable*, en la acción número 38 “*Impulso a la Estrategia Nacional de Acción Climática*” (Semarnat, 2006a).

### **Aspectos financieros que posibilitan implementar permanentemente Programas de Servicios Ambientales Hidrológicos**

La implementación del Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos, es complejo por la gran cantidad de elementos que se involucran, entre ellos, los relacionados con el ecosistema (conservación, recuperación o puesta en valor), y con mercados-sociedad (estructuras del mercado, cantidad y categoría de participantes, programas de pago).

Se destaca la labor del *Forest Trends*, integrado por un grupo heterogéneo de participantes (representantes de compañías forestales, financieras, organismos de investigación, gestión ambiental, agencias de gobierno, grupos privados), que buscan encontrar coincidencias y acuerdos que consideren la conservación del bosque a nivel mundial con base en esquemas de mercado (Jenkins, 2002).

El *Grupo Katoomba*, el cual está vinculado con la búsqueda de formas en que opera el mercado respecto a la conservación del bosque en el mundo, así como con los programas posibles a elaborar precisa que es necesario contar con: *i)* metodologías para identificar y cuantificar distintos servicios, *ii)* que opere la emisión de derechos de propiedad, *iii)* que los esquemas de pago brinden incentivos para quienes administran la tierra, *iv)* que se adapte el referente institucional a condiciones locales y que *v)* se justifique la distribución equitativa de costo y beneficio entre las partes incorporadas, no sólo en una primer etapa, sino cuando se encuentre funcionando el mercado de Servicios Ambientales a nivel internacional. Sin embargo, hay muchas problemáticas generales que resultan importantes también a nivel económico y que tienen que ver con la generalización de esquemas conceptuales, así como la polémica y ausencia de información científica (INE, 2002), aspectos todos que también se vinculan en última instancia con cuestiones económicas.

Al considerar las cuestiones económicas que participan en el PSAH en México, debe incluirse no sólo los aspectos relativos a la economía local, que se vinculan al uso histórico de los bienes naturales que aún continúa, sino también a una serie de aspectos macroeconómicos.

Específicamente para Valle de Bravo-Amanalco, aunque se cuenta con condiciones promisorias para implementar el PSAH, que incluye el interés de participantes involucrados, se desconoce o no se tiene información cabal, sobre “*por qué, para qué y cómo*”, instaurar el mercado de Servicios Ambientales (Bonfil, 2006). Entre las principales dificultades para la implementación del programa desde el punto de vista económico, son: la inexistencia de precios que reflejen beneficios, la ausencia de valoración económica sobre oferta y demanda de Servicios Ambientales, y un referente legal insuficiente, principalmente en relación con los derechos de propiedad.

Por lo expuesto, se requiere del funcionamiento de esquemas de financiamiento que permitan formar el mercado de Servicios Ambientales, en cuya conformación y consolidación, deberá contemplarse al mercado mundial de Kyoto que comenzará a operar en el 2008, que incluye la comercialización de emisiones de seis gases efecto invernadero, objetivos variables de reducción, y numerosos mecanismos a escala global.

Los proyectos de Programas por Servicios Ambientales en México deben considerar no sólo cuestiones actuales sino también futuras, ya que el mantenimiento de los Servicios Ambientales dependerá no sólo de un buen funcionamiento a nivel local, regional y nacional sino del posicionamiento que se logre en el mercado financiero global. El mercado de Servicios Ambientales podrá operar si se asegura la continuidad de los PSAH a través de un financiamiento tendiente a la conservación de elementos naturales del paisaje, mediante medios privados o del estado, sean estos nacionales o internacionales.

El financiamiento para el caso particular de Servicios Ambientales hidrológicos guarda relación principalmente con la provisión del agua, por lo cual los usuarios de dicho servicio, deberá representar una porción significativa del financiamiento. Lo cual podrá lograrse, con actividades de educación e información que justifiquen un beneficio ambiental frente al pago requerido.

### ***Predios elegidos en México para implementar Servicios Ambientales***

Inicialmente el Programa operó en áreas prioritarias, actualmente lo hace en áreas promisorias o piloto, es decir se trata de sitios donde se dispone de información, programas y organización social previa, así como por presentar experiencias para la aplicación de mecanismos económicos factibles para su operación a nivel nacional.

Existen en México ocho proyectos considerados *áreas promisorias* para la promoción de Servicios Ambientales (APROMSA) estas son: Cancún; Cerro Grande (Colima-Villa de Álvarez); Copalita (Crucecita-Huatulco); Oaxaca de Juárez; *Valle de Bravo*; Xalapa-Coatepec; Zapalinamé (Saltillo) y la Zona Metropolitana de Monterrey. Lo que implica que se trata de casos paradigmáticos por sus características en cuanto a condiciones ya desarrolladas en términos de información, programas y organización social así como por representar experiencias para la aplicación de diversos tipos de mecanismo económico factibles para su operación a nivel nacional.

Las condiciones y características de la operación del programa de PSAH en los sitios promisorios son coincidentes con el enfoque de economía territorial, para el cual resulta fundamental la integración de espacios, agentes, mercado y políticas públicas de intervención y la atención al “*examen y comprensión de las comunidades locales, la*

*mezcla social, la expresión política, las instituciones, el espíritu empresarial y (ciertos) bienes naturales”, ya que se consideran “factores que determinan el funcionamiento económico para ir más allá de la perspectiva global” (OCDE, 2006).*

### **Crterios utilizados para definir zonas objetivo**

El Programa de Pago por Servicios Ambientales en Valle de Bravo-Amanalco tiene como zonas objetivo *Unidades de Gestión Ambiental*, con uso preferentemente forestal, con políticas de conservación, protección y restauración en las zonas prioritarias de manantiales, y recarga, así como en el Parque Nacional Nevado de Toluca y en otras zonas de buen manejo de bienes naturales.

Estas Unidades de Gestión Ambiental, son definidas por su alta capacidad de dar Servicios Ambientales con base en tres criterios: *i)* áreas naturales protegidas cercanas a la presa de Valle de Bravo, *ii)* zonas de recarga al agua subterránea con abundancia de manantiales, que son refugio de flora y fauna, y *iii)* territorios en los que si bien su condición natural ha sufrido algún grado de transformación, conservan aún un alto valor para prestar Servicios Ambientales (Ordenamiento Ecológico Cuenca Valle de Bravo-Amanalco, OECVB, 2003). Con base en esto, se establecen las siguientes áreas naturales protegidas por decreto estatal y cercanas a la presa de Valle de Bravo: *Monte Alto, Cerro Colorado y Cerro Cuatenco*; 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. Respecto al territorio con condiciones naturales que han sufrido algún grado de transformación, pero que conservan aún un alto valor para la prestación de Servicios Ambientales incluye Las Barrancas, La Alameda en la parte central del Área de Ordenamiento Ecológico, así como La Garrapata, El Arenal, La Cascada y Agua Zarca en la parte noreste de Valle de Bravo-Amanalco.

### **Valle de Bravo-Amanalco ambiente natural y sistemas productivos**

Desde la perspectiva de la posición geográfica de Valle de Bravo-Amanalco constituye una cuenca que presenta una superficie de 75,561 ha, situada hacia el poniente de Ciudad de México, se halla rodeada de montañas, es rica en bienes naturales, con un abundante número de manantiales y captadora de energía solar, es uno de los sistemas ecológicos y forestales más ricos del país; se localiza en parte de los estados de México, Michoacán y Guerrero.

- *Ecosistemas presentes*, México posee alrededor del 30% de especies de flora y fauna endémicas, considerándose como el cuarto país “*mega diverso*”, dentro de 17 reconocidos como tales. Así, se reconoce a México como el centro de diversidad mundial para los géneros *Pinus sp* y *Quercus sp* (*encinos*) con 130 especies identificadas, representando en conjunto aproximadamente el 70% de las especies existentes en el mundo de ambos géneros, también se tiene identificado en la zona de interés el 48% de las orquídeas. La biodiversidad que es característica de México está representada en un 89% por especies cactáceas, el 51% por reptiles y 60% por anfibios presentes en diversas localidades del país.

Adicionalmente, La región de Valle de Bravo-Amanalco, se caracteriza por formar parte de la amplia zona de frontera entre las regiones Neártica y Neotropical de América, donde coexisten especies biológicas originarias del norte y sur del continente. Así, esta ubicación, desde el punto de vista biogeográfico, le confiere a la región donde se enclava la cuenca el ser una de las más ricas en biodiversidad. Los bosques templados ocupan la mitad de su superficie y forman parte de una zona que alberga el 10% de la biodiversidad total del país (LIX Legislatura del H. Congreso de la Unión, 2006).

### **Debilidades detectadas en Valle de Bravo-Amanalco**

Este sitio incluye dos ecosistemas en un área endémica, según lo reportan estudios de la Universidad de Chapingo (Hernández y Granados, 2006): *i*) bosque de pino-roble en el Eje Neovolcánico *Transmexicano* en alta montaña, junto con sitios de bosque de niebla; y *ii*) bosque seco del Balsas en los piedemonte, que incluye la zona de amortiguamiento del Parque Nacional del Nevado de Toluca; ambos clasificados como de “altísima prioridad” en el análisis de Conservación de las Eco-regiones Terrestres de Latino América y el Caribe (Dinerstein *et.al.*, 1995).

Asimismo, la ciudad de Valle de Bravo y distritos de riego aledaños tienen problemas con la denominada “*sobreexplotación acuífera*”, se presume que se depende de esos bosques para mejorar e incrementar el flujo estacional de agua. Se arguye que los contratos de pago por Servicios Ambientales con ejidos y comunidades con tierras clave para reforestar, podrían servir para incrementar la filtración de agua de lluvia, proteger la infraestructura hidráulica de la sedimentación y conservar el hábitat de numerosas especies de plantas y animales endémicos.

Respecto a los sistemas productivos agropecuarios, se indican serias degradaciones y restricciones para un crecimiento sostenible. Así, el sector agropecuario, ha crecido un 34%, pero sin la implementación de prácticas conservacionistas, conduciendo a un severo aumento de la erosión, pérdida de suelo y asociada a ésta, la colmatación de ríos y canales de riego, y bajo rendimiento en grano y carne. Por último, se indica que de las 78 granjas Trutícolas, 80% presentan irregularidades administrativas (Sedagro, 2005) pero sobretodo ambientales que es necesario evaluar en el detalle del caso. La Comisión de la Cuenca Valle de Bravo-Amanalco reporta en su diagnóstico ambiental (Comisión de CVBA, s/f) que existe un uso excesivo de fertilizantes, pesticidas y herbicidas, particularmente en sembradíos de la parte alta de la Cuenca y, en menor medida, en granjas de trucha de esta misma zona, contaminando ríos y embalses. A la Presa Valle de Bravo llegan anualmente 56 toneladas de nitrato, 29 de fosfato y 1,730 de sulfato, esto provoca el crecimiento de lirio y algas microscópicas, en particular de la *Anabaena*, que tiñe el agua del lago de verde y puede producir dermatitis en piel sensible. Muchas granjas de trucha incorporan a los ríos el alimento dado a los peces que no es consumido, así como las excretas de los mismos, lo cual agrava la producción de lirio y algas.

Un aspecto importante que puede considerarse como debilidad detectada es que los beneficios planteados por los resultados de los Servicios Ambientales no incorporan a grupos marginados, aspecto que debiera revisarse para incluir a estos grupos lo que se estima redundaría en mayor éxito de cualquier política planteada de pago PSAH ya que estos grupos se sentirían co-participes y apoyarían en decisiones y acciones respectivas.

En el Proyecto que se denominó: “*Creación de un mecanismo de Pago por Servicios Ambientales para la Subcuenca de Amanalco-Valle de Bravo*” propuesto para el Fondo Ambiental Valle de Bravo-Amanalco, en agosto del 2005 por el Fondo Pro Cuenca Valle de Bravo, AC, se refiere a una creciente importancia económica de tipo regional para la cabecera municipal Valle de Bravo, que se vincula con el crecimiento demográfico entre 1980 y 2000, que fue del 5% anual (11,619 habitantes para 1980 a 25,409 en el 2000) (Fondo Pro Cuenca Valle de Bravo, AC, 2005). En esta región, así como en otras del Estado de México con crecimiento poblacional similar, no se tiene sin embargo, su correlato con aumento en la calidad de vida.

### **Fortalezas de Valle de Bravo-Amanalco**

Asimismo, Valle de Bravo-Amanalco ha sido destacado por diferentes encuentros de carácter internacional y nacional, tanto oficiales como privados, por su alto valor

turístico, inmobiliario, agrícola, acuícola, servicios en general, y educativo. Así, se destaca el gran desarrollo económico que se ha tenido con un acelerado crecimiento económico e industrial debido a su capacidad para atraer inversión extranjera y por el hecho de ocupar un lugar privilegiado en la economía mexicana (Gobierno del Estado de México, 2003). Por otra parte, ha sido seleccionado en encuentros turísticos internacionales como un área promisoría para dichos emprendimientos, al ofrecer una amplia variedad de atracciones, desde actividad náutica hasta de montaña, entre las que se incluyen actividades de recreación, deportiva, educativa, e incluso con componentes místicos a partir de creencias populares lugareñas.

Respecto a aspectos educativos, la Universidad Valle De Bravo ha sido nombrada sede del LACCEI-2007 (*The Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*) proponiéndose constituirse para América Latina y el Caribe en la organización líder de las universidades que imparten carreras de ingeniería, mediante la promoción de innovaciones en la educación e investigación, estableciendo alianzas entre la academia, la industria y el gobierno.

En relación con los servicios, en informes oficiales, se considera que Valle de Bravo-Amanalco constituye un sitio donde se considera que el principal servicio ambiental es la “*producción de agua*”. Si bien es visible la presencia de manantiales y escorrentía en el territorio en cuestión, la fenomenología detrás de este pronunciamiento no se encuentra respaldada por estudios científicos del caso.

Es de destacar que Valle de Bravo-Amanalco se ha posicionado como un destino turístico exclusivo, con sede de residencia de personajes de la política y empresarios de alto nivel económico; es destino se ha caracterizado en la categoría de muy alto en el nivel de ingreso del turismo residencial nacional, calificación que comparte sólo con Puerto Progreso entre los 15 destinos de mayor concentración de turismo residencial en México. Se estima que esta característica puede ser detonador de una política que permita elevar a través de un programa de acciones gubernamentales vinculadas al PSAH el nivel económico, educacional y cultural de grupos marginales asociados.

Las referencias anteriores son útiles para ilustrar que Valle de Bravo-Amanalco cuenta con potencialidad económica en algunos rubros y que es factible considerar que diversos actores económicos que puedan vislumbrarse como grandes beneficiarios de Servicios Ambientales Hidrológicos también se puedan considerar como grandes candidatos al cobro respectivo por dicho beneficio.

## **SEGUNDA PARTE**

### ***Avance de estudios vinculados al efecto del bosque sobre el agua subterránea***

En este apartado se realiza una revisión del estado de avance a nivel mundial sobre los estudios vinculados sobre el efecto de la vegetación, específicamente el bosque, al agua subterránea, así como los procedimientos de estudio que actualmente se utilizan a fin de comprender su naturaleza, y de cómo ésta se vincula con la sociedad.

Se agruparon las investigaciones analizadas en *tres temáticas principales*:

**Temática 1)** *orientaciones, características de los trabajos de investigación* realizados considerando a los Servicios Ambientales como eje temático de estudio, abordados estos, desde perspectivas jurídica, política, administrativa, y filosófica.

**Temática 2)** *efecto del bosque y otras actividades en la recarga al agua subterránea*. En este caso, las publicaciones seleccionadas e incluidas, si bien tienen una

alusión expresa a los “*Servicios Ambientales*”, no constituye esta temática el eje principal de la investigación, se centran en el análisis y/o cuantificación de diferentes actividades agroforestales, pecuarias, urbanas, sobre componentes del ciclo hidrológico (relación entre agua superficial y subterránea, infiltración, relación entre recarga y descarga, evapotranspiración, escorrentía,), y partir de los resultados obtenidos establecen, o simplemente mencionan, la vinculación con los Servicios Ambientales que los medios ambientes naturales o modificados, generan a la comunidad.

**Temática 3)** *el estudio del ambiente, técnicas y criterios sobre su estudio, análisis e interpretación.* Se analizaron publicaciones vinculadas con procedimientos y técnicas de análisis de cuestiones ambientales. Es este apartado se incluye, uso de imágenes espectrales y aerofotografías de diferente tipo, desarrollo de modelos de simulación, y de sistemas de información geográfica, teniendo estos como objetivo general, identificar aspectos vinculados con el ambiente.

## TEMÁTICA 1

***Orientación, alcances, aspectos positivos y negativos, de los trabajos de investigación revisados sobre el tema de Servicios Ambientales***

Un gran número de publicaciones abordan diversas temáticas vinculadas con Servicios Ambientales, con diferente objetivo, según la disciplina científica considerada, que depende de la formación académica de los autores, instituciones y país que interviene, eje temático de la revista, y destinatarios. Así, se pueden dividir las publicaciones científicas analizadas en cuatro conceptos principales:

- 1. sobre orientación a seguir por la investigación y la política gubernamental nacional e internacional** en cuestiones ambientales bajo circunstancias actuales del mundo en término ambiental y político. Se distinguen aspectos negativos y positivos que se destacan en programas internacionales, también se aportan propuestas nuevas
- 2. sobre avances en la definición de aspectos ambientales:** variables que se incluyen, interrelaciones, y enfoque que debe darse a fin de conducir a una análisis interdisciplinario donde el paisaje sea el elemento común de estudio
- 3. sobre procedimientos propuestos dar valor económico a los Servicios Ambientales**
- 4.- los aspectos ambiental y económico se analizan en forma conjunta.**

En mayor o menor medida, en general las publicaciones consultadas reconocen la necesidad de modificar la orientación de las investigaciones que se desarrollaron principalmente en décadas pasadas, así como las políticas gubernamentales, a fin de asegurar la integridad de estudio y análisis del problema, lo cual permitirá definir políticas que resulten del análisis **social, económico, ambiental, y jurídico-administrativo** del problema a abordar según el sitio en el cual tiene su origen.

Así, se reconoce que ya no es suficiente considerar aspectos ambientales aislados y locales, debiendo ser el **paisaje**, en diferentes escalas según el objetivo del estudio, el elemento común de análisis. Asimismo, se destaca la necesidad de estudiar el ecosistema y de cómo éste se integra a otros en diferentes paisajes, así como la consecuencia de no considerar el paisaje o hacerlo en forma parcial o incorrecta, estableciéndose la utilidad de restauración de los ecosistemas degradados.

Se destaca sin embargo, que aun no ha sido comprendido o falta considerar todas las variables ambientales que efectivamente participan en el sistema natural. Así por ejemplo, si bien, en diversas publicaciones indican la importancia del suelo,

vegetación, o agua subterránea, entre otros, no se aborda su estudio o se realiza en forma parcial o incorrecta. En relación al **agua subterránea**, su exclusión es manifiesta en términos reales en las publicaciones aquí analizadas, en algunos casos se la menciona pero no se incluye en el análisis, y cuando se hace su estudio es a partir de un simple balance hídrico. Se destaca, que algunos autores alertan sobre la necesidad de encontrar otros caminos de estudio (Brown *et al.*, 2005; Lascha *et al.*, 2005; y Thomas y Tellam, 2006).

Es también importante indicar la *ausencia de propuestas novedosas* en la manera de encarar el estudio del ambiente donde el paisaje es la unidad de estudio. Las publicaciones encontradas son con frecuencia revisión de lo realizado aplicando alguna técnica desarrollada en últimas décadas, tal como los sistemas de información geográfica, imágenes satelitales; sin embargo, esto no se efectúa con una visión integradora que efectivamente permita establecer el origen del problema, degradación, o consecuencia de prácticas implementadas o no implementadas. Esto es claramente apreciable en las publicaciones analizadas, el desconocimiento de la incidencia del *flujo de agua subterránea* sobre la cantidad del agua superficial, sobre su calidad, sobre ecosistemas asociados, entre otros factores.

En relación con cuestiones **sociales**, se destaca que no obstante es frecuente que se mencione su importancia, tal como el reconocimiento por parte de la comunidad de considerar al *ambiente*, sus elementos e interrelaciones, como “*elemento eje*” a fin de asegurar su calidad de vida actual y futura, no se describen procedimientos de estudio de impacto social de las propuestas y políticas económico-ambientales que se proponen o han sido implementadas en el pasado por organismos nacionales e internacionales a través de diferentes programas, esto a fin de poder establecer el grado de aceptación o rechazo de los mismos. Sólo se destaca el trabajo de Johnson y Baltodano (2002).

Respecto a los aspectos ligados con la **economía**, si bien se presentan algunas propuestas de análisis para desarrollo futuro, no se encontraron trabajos que analicen las implicaciones económicas que los programas ambientales nacionales e internacionales han tenido, sólo se incluyen aspectos aislados.

## TEMÁTICA 2

### Efecto del bosque y otras actividades sobre la recarga de agua

De las publicaciones asequibles analizadas se destacan los siguientes puntos, y se reconocen principios generales:

**Los cambios en la cobertura vegetal**, sea esta natural o implantada, genera modificaciones en las propiedades del suelo e hidrológicas, en cantidad y calidad  
**La magnitud de las modificaciones** (en tiempo y espacio) depende de un gran número de variables vinculadas con la *vegetación*, y *al resto de condiciones del ambiente* donde ésta se desarrolla, y a la *escala* que se considere (local o regional).

**Respecto a la vegetación** las publicaciones revisadas incluyen tópicos del:

- *porcentaje de cobertura vegetal* que se mantenga en una cuenca o paisaje
- *tipo de vegetación*: nativa o implantada, y dentro de éstas, si es arbórea, arbustiva, pastizal natural, pastura, cultivo implantado anual o perenne
- *habito de crecimiento* (rastrera o erguida), densidad de canopéo, caducidad o perennidad de la hoja, tamaño de hoja, rusticidad y adaptación al medio, flexibilidad ante cambio, característica del sistema radicular (profundidad de enraizamiento, tipo de raíz dominante, pivotante o fibrosa en cabellera, entre otras características).

Consecuentemente, en relación con la vegetación se puede efectuar la subdivisión principal siguiente:

- *formación vegetal* dominante (*representa la expresión de determinadas condiciones de vida y tienen su base en un tipo de ambiente particular*): selva, sabana, estepa, pradera, bosque, desierto, humedal, otros
- *arbórea vs arbustiva vs herbácea*
- *vegetación natural o implantada*
- *rusticidad vs fragilidad* en un ambiente particular: especies vegetales freatófitas, hidrófilas, halófilas, mesófilas, termófilas, xerófitas, entre otras afinidades ambientales y/o rusticidades
- *anual vs perenne*, en relación a ciclo productivo
- *hojas caduca o perenne* (especies latifoliadas vs coníferas).

Cada especie vegetal en función de lo indicado en punto anterior afectará el ciclo hidrológico de diferente modo, aún para una misma especie vegetal, ya que cualquier cambio también depende del resto de variables del ambiente.

**Respecto al suelo**, las publicaciones revisadas incluyen aspectos sobre:

*Características morfológicas y analíticas*, se destaca la profundidad de enraizamiento, capacidad de retención hídrica, permeabilidad, compactación, grado de desarrollo (número y profundidad de horizontes), drenaje.

**Respecto a la topografía y geomorfología**, las publicaciones revisadas incluyen aspectos sobre:

*posición en el paisaje*: los resultados son también variables, y con frecuencia se contraponen, la misma vegetación puede ser más favorable en un sitio topográfico en un medio dado, pero en otro medio resulta mejor en otra posición. Los motivos pueden ser diversos, pero en términos generales puede establecerse que depende del *servicio ambiental* que cumplen: aumentar o disminuir la recarga, mayor o menor control de la descarga, control de la erosión hídrica o eólica, mejora de la infiltración, entre otras.

**Respecto al clima**, las publicaciones revisadas incluyen aspectos sobre:

*Precipitación (duración, intensidad, frecuencia, torrencialidad)*; temperatura, viento, entre otras.

**Referentes geológico y tectónico del sitio**, en este particular las publicaciones revisadas incluyen conceptos del:

Tipo de roca, grado de evolución, riesgo ambiental asociado al material original (deslizamiento, terremoto).

**Prácticas de manejo de ambientes natural y antropizado**, las publicaciones revisadas incluyen aspectos del:

Sistema de cultivo (labranza convencional vs conservacionista), rotación, características fenológicas, entre otros.

**Urbanización**, las publicaciones revisadas incluyen:

*porcentaje de cobertura y tipo de construcción*: edificios y rutas, lo que tiene consecuencias en el ciclo hidrológico, siendo también muy variable lo que las investigaciones muestran al respecto.

**En relación con la escala**, las publicaciones revisadas incluyen que al igual que lo indicado en *tema 1*, que el **paisaje** es la unidad aceptada por la comunidad científica como elemento común de análisis. En este caso, se indica en diversas publicaciones la necesidad de considerar el efecto de la práctica de manejo o modificación en la

vegetación, entre otras, dentro de un paisaje, y como éste se vincula con una cuenca superficial u otras vecinas. Si una práctica de manejo, plantación, etc. afecta a un número reducido de hectáreas, en principio su efecto será local e incluso despreciable en las propiedades hidrológicas, aunque si puede afectar el suelo localmente, sin embargo, a medida que aumenta la superficie involucrada, tanto mayor será el impacto en el ambiente, sea este positivo o negativo, llegando incluso a afectar no sólo un ecosistema sino también a ecosistemas asociados a éste.

A continuación, a fin de facilitar el análisis para arribar a conclusiones generales relativas a la *orientación que deben seguir los estudios en cuestiones vinculadas al sistema (ciclo) hidrológico, y a modo de establecer el mejor uso de un bien para la comunidad involucrada*, se dividen las publicaciones aquí analizadas según el enfoque metodológico para estudiar el agua en el ambiente.

1. *Publicaciones que sólo efectúan mediciones de superficie o hasta pocos metros de profundidad (superficie freática)*
2. *Publicaciones, que consideran el balance hídrico u otros procedimientos de uso frecuente, como procedimiento de estudio del agua subterránea*
3. *Publicaciones que consideran, o al menos mencionan, la necesidad de incluir la definición de flujos de agua subterránea.*

De lo analizado, se puede concluir que si bien existen algunas verdades que adquieren carácter “*axiomático*”, tal como que la vegetación afecta al ciclo hidrológico, existen muchas dudas, aspectos oscuros, contradicciones, sobre cómo estas “*verdades*” son aplicadas, en tiempo, espacio y modo. Muy posiblemente, la causa principal de esto, sea la ***ausencia de regionalidad e interdisciplinariedad de los estudios*** que no permiten dimensionar la importancia que tiene el estudio de cualquier aspecto vinculado con la naturaleza, considerando todas sus interrelaciones y vinculaciones insoslayables. Así por ejemplo, se indica en muchas publicaciones que la ***deforestación conduce*** a un incremento en la recarga debido principalmente a una menor evapotranspiración, no obstante, desde otras perspectivas de estudio, surgen claras interrogantes a las que los trabajos publicados no responden:

- ***por cuánto tiempo se da esto?*** es decir cuánto tiempo pasa hasta que el suelo se compacta, se encostra superficialmente, y aumenta el escurrimiento superficial y disminuye la infiltración. Si bien esto depende de la actividad que reemplace al bosque, la conocida y alarmante “*desertificación*” que padecen muchos sitios del mundo tiene su origen en el desmonte, deforestación para uso agropecuario, sin prácticas conservacionistas.
- ***qué alcance tiene?*** es decir es un efecto local o regional?
- ***en qué condiciones de suelo (litología) y clima*** se posibilita que aun sin árboles se aumente la entrada de agua de lluvia al subsuelo?
- ***desde la perspectiva edafológica (relación suelo-planta)***, se destaca que si bien algunos estudios describen la taxonomía del suelo, y algunas propiedades aisladas, se fracasa en la interpretación porque no se analizan variables edáficas que efectivamente se modifican o tienen incidencia en el problema a abordar. Así, por ejemplo, en general los trabajos no analizan el efecto de encostramiento, compactación, pérdida de materia orgánica, alcalinización o acidificación, salinización, y aumento de escurrimiento luego de la deforestación. Por el contrario, el análisis se centra en el aumento de la evapotranspiración por la vegetación, o la disminución de ésta (que no es usualmente medida con la exactitud necesaria).

Por otra parte, surgen claras dudas sobre el *sitio que se le da a las plantas dentro del sistema (llamado ciclo) hidrológico*. Así las plantas, toman CO<sub>2</sub> del aire por

fotosíntesis, transpiran “*bombeando*” agua de diferente profundidad, promueven lluvia local, incrementan la materia orgánica en el suelo a través de residuos, raíces, meso y micro fauna asociada, con lo cual favorece la conductividad hidráulica (permeabilidad) de la zona no saturada; interceptan la lluvia haciendo que si bien hace que ésta erosione menos el suelo, también llega menor cantidad de agua al suelo para su filtración. Consecuentemente, es posible que en sitios puntuales, y con determinada vegetación y densidad de árboles, se aumente la recarga por menor consumo de agua; sin embargo, cómo se prolonga éste análisis en el tiempo? se mantiene este balance positivo? si es que el suelo se encostra superficialmente e incluso subsuperficialmente y no permite que el agua infiltre, tal como se indica que sucede para muchos sitios luego de desmontar o deforestar la vegetación natural. Esto es muy frecuente en sitios tropicales, con suelo ácido rico en hierro, y materia orgánica que es dependiente del aporte continuo de vegetación selvática (Brasil); así como en zonas áridas y semiáridas (75 % del territorio de Argentina).

Por otra parte, a **nivel regional**, muchos resultados generan dudas importantes sobre su veracidad. Así, surge pensar que es posible que lo que ocurre es que en los estudios no esté discriminada la procedencia del agua que están midiendo, no se pregunta que *tal vez provenga de otra cuenca?*

Desde la perspectiva hidrogeológica, sólo se estudia el balance hídrico de un territorio con límites arbitrarios, usualmente se manejan límites administrativos, que no son los límites reales (físicos) del sistema, también se consideran variables no reproducibles por el método científico (precipitación, transpiración) y otras que no se miden en campo con la exactitud necesaria (escorrentía, extracción de agua).

**Como corolario final** se indica que se aprecia claramente la necesidad de incorporar el **estudio del agua desde la perspectiva de los sistemas de flujo de agua subterránea**, a fin de poder dar respuesta a la gran cantidad de interrogantes que surgen en publicaciones consultadas al respecto, y que son alertadas en muchas de ellas como tema pendiente a resolver, que se puede sintetizar en la necesidad imperiosa de:

- implementar nuevas formas de estudio del sistema hidrológico
- interdisciplinariedad de los estudios que se realicen
- considerar ambas escalas de trabajo, regionalizada vs local
- utilizar al paisaje como unidad de estudio, y
- establecer vinculaciones entre ecosistemas y entre cuencas vecinas.

El **objetivo final**, el fin de establecer el efecto del bosque u otra actividad urbana o agropecuaria sobre el sistema hidrológico es:

- definir la pregunta que representa el problema
- establecer cuál es el origen del impacto, y
- dar lineamientos metodológicos reproducibles a fin de poder estudiar los procesos involucrados y solucionar correctamente la pregunta planteada.

Esto exige conocer los métodos más apropiados para evaluar cada uno de los componentes del ambiente, dependiendo de dónde las “*externalidades*” o “*servicio ambiental*” están dadas en el ciclo de la vida, será el valor a asignar, y a evaluar en un contexto político-administrativo-social.

### TERCER PARTE

**Forma de integración de variables ambientales para su estudio e interpretación, tomando al paisaje como unidad de estudio**

**La importancia y justificación del análisis de este tema, está** implícita en el fin de definir los alcances, restricciones, dirección, así como cualquier otro tema vinculado con la implementación de los Servicios Ambientales, es necesario esclarecer, reconocer y definir la importancia de la interacción entre los elementos del paisaje: suelo, agua subterránea, agua superficial, vegetación, fauna, y hombre, incluyendo aspectos productivos, económicos, sociales y culturales. Se requiere entonces, del análisis holístico que promueve la *geografía* (analizar los hechos y fenómenos del medio físico, biológico, y humano, considerados estos desde su distribución, causas que los producen, y relaciones entre ellos); y específicamente desde la *geografía física*, que busca conocer la dinámica y evolución de un espacio para recomendar y diagnosticar sus usos más adecuados, así como los problemas derivados de un uso equivocado de los bienes naturales.

Deben plantearse dos componentes principales para abordar el tema del paisaje vinculado a los Servicios Ambientales.

a) *elementos de estudio asequibles* que complementen estudios de campo tales como: fotos aéreas, imágenes espectrales de diferente resolución, bandas multiespectrales, que permiten realizar estudios temporales y espaciales de un sitio, desarrollando posteriormente por procesamiento estadístico-matemático, algoritmos que permiten la extrapolación de resultados

b) *procedimientos de integración de variables incluidas en un paisaje que son utilizados y recomendados por la bibliografía especializada.*

A continuación se presentan consideraciones sobre estos puntos.

### **Sobre el concepto de Paisaje**

Por lo mencionado precedentemente, es necesario definir qué entidad es el paisaje, ya que es el que gobernará todas las prácticas, *acciones y omisiones* que realiza el hombre en su ambiente-paisaje.

Son múltiples y diversas las definiciones que la bibliografía presenta sobre ***paisaje***, según la orientación científico-técnica de quien formula su significado; sin embargo, son cada vez más aceptadas las inclusiones del “todo” en su definición. A continuación se presenta la visión sobre paisaje que se indica en Bellis y Benassi (2005): el *paisaje*, incluye simultáneamente los bienes de la naturaleza y las transformaciones producidas por la actividad humana, haciendo entonces que éste sea un objeto complejo, y desde un punto de vista de su comprensión e intervención requiere la inclusión de: *i)* los procesos biológicos y físicos de la naturaleza, y *ii)* el uso de los bienes que el hombre pretende realizar en un sitio, en su circunstancia social y cultural contingente. Así, el paisaje es expresión y resultado de un sistema de relaciones del hombre con la naturaleza, que será armónico cuando estas relaciones también lo sean.

### **Sobre las propuestas integradoras de elementos del paisaje**

En este sentido así como sobre procedimientos comúnmente utilizados, se puede comentar que se acepta en general que no existe una metodología “probada” de integración de variables del paisaje que pueda ser aplicada en diferentes condiciones a fin de dar recomendaciones que incluyen todos los elementos involucrados. La bibliografía propone un gran número de modelos de simulación, asociados o no, e incorporados a un sistema de información geográfica (SIG). Estos procedimientos iterativos de análisis tienen el criterio general de plantear diferentes escenarios y analizar sus posibles consecuencias, a partir de la información incorporada. Muchos de estos sistemas de información, están integrados por diversos sub-sistemas que

consideran a cada uno de los componentes que debe incluirse para definir un objetivo. Así, algunos SIG incluyen “capas” de información considerada relevante para cuestiones sociales, políticas, económicas y/o ambientales. Algunos de ellos intentan realizar una integración completa abarcando todas las temáticas, otros sólo consideran algunas variables.

De este panorama general, surgen las siguientes *reflexiones y conclusiones parciales*:

- Diversas publicaciones y emprendimientos regionales abordan el estudio del paisaje, sin embargo, lo hacen en ocasiones en respuesta a cuestiones mediáticas más que a un conocimiento cabal de su significado, así como de las consecuencias de su intervención. La información que se utiliza en algunas publicaciones es insuficiente, imprecisa y dispersa.
- Si bien toda la información generada resulta adecuada para contribuir al conocimiento general del ambiente, los análisis parciales son insuficientes para cuando se pretende planificarlo, manejarlo y establecer diferentes escenarios contingentes desde el punto de vista de su conservación; también el análisis es insuficiente si se busca establecer que beneficios o perjuicios el manejo del ambiente producirá en dueños de tierras, bienes naturales y en la comunidad en general,
- En el caso de tener un modelo de funcionamiento de alguna componente del ambiente, no obstante su correcta formulación matemática y presentar en su validación y ajuste aceptable, podría dar resultados ambientales incorrectos, ya que lo que se ajusta no siempre es la variable(s) que efectivamente define el problema ambiental a abordar, es decir no en muchas ocasiones no es el procedimiento adecuado para definir el fenómeno a estudiar. Por ejemplo, algunos modelos incluyen aspectos hidrológicos, sin embargo, en general incorporan sólo agua superficial y consideran el balance hídrico como procedimiento de estudio. Si no se incluye el agua subterránea y su correcta evaluación y liga con el tipo de suelo y cobertura vegetal, es improbable que se este reproduciendo lo que efectivamente ocurre en la naturaleza. Esto se observa en algunos modelos que pronostican inundaciones, donde se analizan el escurrimiento superficial, y en algunos casos se llegan a medir fluctuaciones del nivel freático, pero no se definen los flujos de agua sub-superficial.
- La metodología actual de análisis aeroespacial de alta resolución multiespectral y multi-temporal se constituyen en una herramienta imprescindible para el manejo de los bienes naturales. El desarrollo de algoritmos que posibilitan extrapolación de resultados, son procedimientos promisorios y pertinentes para abordar aspectos ambientales. Si bien, algunas publicaciones presentan estos algoritmos así como las asociaciones que se establecen entre los diferentes elementos del paisaje, en ocasiones los estudios se centran en el desarrollo computacional, y programas computacionales de estudio de procesamiento de imágenes, sin efectuar los correlatos de campo suficientes.
- Al menos para algunos países, existe una ausencia de correlato entre el desarrollo tecnológico computacional, matemático, aeroespacial; y la calidad de datos de campo que se utilizan para alimentar dichas propuestas tecnológicas. Son visibles los problemas de escala, y de interpretación que surgen a partir de la dispersión e inconsistencia de al menos algunos de los datos que se usan para generar el resultado de un modelo.

- Debería propiciarse los procedimientos de búsqueda en campo de información fehaciente de una situación, mejorar la calidad, cantidad de la información recopilada y su vinculación a fin de interpretarla.
- El uso de procedimientos de valor tecnológico indiscutible no garantiza buenos resultados en el manejo de las componentes del ambiente. La calidad, cantidad, tipo de variables obtenidas en campo, así como la correcta comprensión de las interrelaciones entre las componentes ambientales son las que garantizarán que la resultante de estos procedimientos tecnológicos posibilite el objetivo deseado: preservar el ambiente con beneficio para el dueño del bien natural y para la comunidad, en general en forma sostenida.
- Al igual que con el término *sustentabilidad o sostenibilidad*, difundido en la década de los 1980, se produce actualmente una preocupación por introducir el término *paisaje* más que a comprenderlo o revertir la poca información para intervenirlo. Deben incorporarse todas las variables naturales y antrópicas, visibles y no visibles, hecho que adquiere particular importancia cuando el cambio de uso del suelo implica gran consumo de agua, tal como el reemplazo de la vegetación nativa por agricultura o forestación.

Con base en lo expuesto, resulta necesario complementar los argumentos y prioridades por los cuales se decretan las áreas naturales protegidas federales, y la identificación de problemas en la cuenca de estudio, basadas en estudios de la Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México, con estudios hidrogeológicos y biológicos de tipo regional para determinar la categoría de protección, conservación o aprovechamiento en relación con el objetivo actual perseguido: *cuenca productora de agua para la zona centro del país, aspecto que se aborda en el presente estudio.*

Entre los aportes estratégicos del presente estudio, se tienen: i) proponer bases científicas para la definición de zonas de recarga al agua subterránea, considerando la escala de la cuenca subterránea, debido a que en dichas zonas de recarga están asociadas con abundantes manantiales inmediatos, y ii) la identificación de zonas de importancia regional incorporando *el concepto de los sistemas de flujo de agua subterránea.*

#### **CUARTA PARTE**

##### ***El estudio de caso de la Cuenca Valle de Bravo-Amanalco***

- *Geoformas del paisaje*, la región donde se localiza Valle de Bravo-Amanalco, presenta un sistema de topo-formas caracterizada por lomeríos de colinas rodeadas con mesetas de basalto. Esta región, junto con un gran número de sierras, valles, lomeríos, planicies y mesetas, integran la sub-provincia Mil Cumbres, que forma parte de la provincia del Cinturón Volcánico Transmexicano. Esta provincia está limitada hacia su parte sur-central por la provincia de la Sierra Madre del Sur, el Estado de México, al que mayoritariamente pertenece la cuenca de interés se localiza dentro de ambas provincias.

Valle de Bravo-Amanalco, junto con el municipio de El Oro, y partes de municipios de Amanalco, Donato Guerra, Jocotitlán, San Felipe del Progreso, Temascalcingo, Villa de Allende, Temascaltepec, y Villa Victoria, integran la subprovincia de Mil Cumbres, que penetra en el oriente del Estado de México, ocupa el 6.49% de la superficie total estatal. Esta sub-provincia, presenta una historia geológica caracterizada por su origen volcánico, dando origen a un relieve accidentado con geoformas complejas. El estudio

se circunscribe a los sectores de lomas basálticas que incluyen Valle de Bravo-Amanalco. En el territorio de estudio, convergen tres unidades tectónicas llamadas Terreno Guerrero, Sierra Madre Occidental y Cinturón Volcánico Transmexicano; asimismo, el *terreno Guerrero* se divide en los *sub-terrenos Arcelia y Teloloapan*. En esencia esto implica que las rocas que conforman estas unidades tectónicas inducirán características químicas particulares al agua, así mismo su presencia estará controlada por el espesor de dichas rocas.

- *Litología y características de las unidades geológicas*, las rocas más antiguas que afloran en el territorio de estudio son de edad del **Mesozoico**, en especial en los alrededores de la presa Valle de Bravo, las cuales constituyen el Terreno Guerrero y los sub-terrenos de *Arcelia y Teloloapan*. El *Subterreno Arcelia* está constituido por rocas volcánicas extrusivas (composición andesítica-basáltica y afinidad toleítica con estructura de almohadilla, derrames sin estructura, tobas intercaladas con sedimentos arcillo-calcáreos, capas de radiolaritas y cuarcitas), presenta un contacto con *el Subterreno de Teloloapan* de tipo tectónico representado por una cabalgadura, donde el primero se sobrepone al segundo.

El Sub-terreno de Teloloapán está compuesto de rocas metamórficas (esquisto verde y gneiss cuarzo-feldespático; esquisto de granate; esquisto de moscovita; esquisto de actinolita-sericita; esquisto carbonoso; esquisto de clorita y metariolita). El contacto tectónico, se halla cubierto discordantemente por otro material que constituye la *Formación Acapetlahuaya* (miembro inferior: rocas andesíticas con niveles de lutita, arenisca y toba fina semiesquistosa, y el miembro superior: alternancia de metacaliza de estratificación delgada y metalutita) y la *Formación Teloloapan* (limonita y caliza recristalizada con estratificación gruesa). Cubriendo transicionalmente a la unidad anterior se tiene a la Formación Amatepec (caliza recristalizada de estratificación delgada, lutita y arenisca), la que a su vez está cubierta por la Formación Miahuatepec (arenisca, lutita y en menor grado caliza de estratificación delgada).

Durante el **Terciario** se registró actividad volcánica en la región, los materiales emitidos de edad Mioceno-Plioceno sepultan en algunos sitios rocas del Mesozoico. Los afloramientos se ubican en los límites de la presa de Valle de Bravo y al sur de ésta. Las unidades del Terciario son: *Formación Balsas* (caliza, arenisca, esquisto y pizarra, e intercalaciones de arenisca, limonita y toba en estratos delgados); *Formación Tizapotla* (brecha volcánica riolítica, toba lítica soldada, riolita con textura esfereulítica, toba riolítica, toba riolítica-dacítica).

Los materiales del **Cuaternario**, de origen volcánico y de aluvión se depositan durante el Pleistoceno, con los denominados depósitos de lahar (fragmentos de andesita y basalto) y cubriendo a estos se tiene toba basáltica (depósitos piroclásticos). Posteriormente, durante el Holoceno, basalto y andesita (basalto de olivino y/o piroxeno, andesita basáltica y basalto andesítico) y una serie de conos cineríticos (de brecha volcánica tipo escoria-lapilli de composición basáltica, y estructura cómica de andesítica porfídica) prevalecieron. Por último, se tienen en superficie depósitos de talud, producto de procesos erosivos, constituidos por fragmentos con tamaño desde bloque a grava angulosa, y por sobre estos, depósitos aluviales de arena, arcilla, grava y conglomerado no consolidado.

- *Actividades productivas*, de la superficie total indicada para la Cuenca de referencia, (75,561 ha) corresponde 47,312 ha a uso forestal; 22,492 ha a uso agrícola, de las cuales 5,309 ha disponen de sistema de riego.

Los principales cultivos son *Zea mays* “maíz”; *Vicia faba* “haba”; *Pisum sativum* “chícharo” y *Avena sativa var forrajera* “avena forrajera”; 4,654 ha son de uso pecuario

ocupadas por 34,162 ovinos, 13,044 bovinos y 7,971 porcinos. Se identifican 2,327 ha de cuerpos de agua y 775 ha cubiertas con zona urbana.

Estas actividades presentan alto requerimiento hídrico, por ejemplo las 48 unidades de riego para 2,272 productores que ocupan 5,309 ha se ven suministradas por cuatro presas (*Miguel Alemán, Tiloxtoc, Colorines, Corral de Piedra*) las cuales son alimentadas por los ríos principales denominados: *Amanalco, Los Hoyos, La Cascada, La Hierbabuena, San Diego, Ladera Oriente de Cualtenco, San Gaspar y Las Flores* (SEDAGRO, 2005).

Otra actividad de gran importancia es la **acuicultura**. Así, la Presa Valle de Bravo, con una extensión de 2,900 hectáreas, se ha considerado susceptible de convertirse en el centro más grande de la región en materia de pesca, deportiva y comercial, particularmente de especies como tilapia (*Oreochromis sp*), trucha (*Salmo trutta o oncorhynchus mykiss*), lobina (*Micropterus Salmoides*) y mojarra (*Astyanax fasciatus*). Actualmente cuenta con el principal centro de producción de trucha arco iris (trucha *Oncorhynchus mykiss* o *Salmoniformes: Salmonidae*), especie que se encuentra entre las de mayor valor económico de los Andes venezolanos, y México. Esta especie fue introducida desde 1935, y en la zona de interés cuenta actualmente con importantes centros reproductivos. En el año 2003 se calculó una producción de alrededor de 78'600,000 crías de trucha y otras especies. El enfoque productivo es de incubadora y engorda. También en esta cuenca se encuentra el Centro de Mejoramiento Genético Trutícola que ha obtenido el certificado de "*Calidad Trucha Mexiquense*".

*Hidrogeoquímica.- El objetivo principal* de este trabajo es analizar la necesidad de complementar los argumentos científicos por los cuales se decretan los sitios para el PSAH. El análisis realizado sugiere factible establecer el sitio (zona montañosa) donde se genera la recarga que está proveyendo un servicio ambiental a los beneficiados que usualmente se localizan en una planicie. Este avance lo permite el contenido de  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^2\text{H}$  lo cual define la altura a la cual se precipitó el agua de recarga. Sin embargo aun resta determinar la relación  $\delta^{18}\text{O}$ -altura y  $\delta^2\text{H}$ -altura, para lo cual se requiere la medición sistemática de estos isótopos en agua de lluvia colectada a diferente altura, esto necesitaría implementarse en la cuenca. La definición del sitio (la altura) donde la precipitación recarga un sistema de flujo dado debe complementarse con la medición de  $^{14}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$  y tritio para determinar la edad del agua, así como la velocidad de movimiento del agua subterránea con base en estudios de campo.

Respecto al objetivo secundario la parte química e isotópica permitió analizar la problemática hídrica de la cuenca en estudio determinando que es necesario ejercer medidas de protección y conservación ya que si bien no se ha dado el avance económico buscado por varios agentes de gobierno federal y estatal, ya se tiene detectado que existe contaminación del agua que se relaciona con efluentes derivados de actividades agrícola y del criadero de trucha. Impacto que reviste de singular importancia, en especial si se ha considerado que el agua de la Cuenca de Valle de Bravo-Amanalco es un territorio de interés como cuenca *productora de agua para la zona centro del país. Lo que implica deseable que se realicen estudios que incorporen las componentes intermedia y en especial las de tipo regional* del flujo de agua bajo el concepto de los sistemas de flujo de agua subterránea. La búsqueda de cómo esta cuenca superficial está hidráulicamente conectada con cuencas vecinas se pone de manifiesto por varias situaciones que se pueden presentar como interrogantes que aún esperan un planteamiento correcto y la solución acorde: *i) cómo afectará la extracción de agua en la cuenca, a las regiones vecinas y ii) cuáles serían las áreas afectadas, iii) cuáles serían los ecosistemas impactados, iv) qué tipo de impacto ambiental sería preponderante: erosión, subsidencia, cambio de la calidad del agua obtenida, entre otros.*

El grado de avance del proyecto permite concretar que todos los sistemas de flujo definidos son de tipo local, lo cual representa agua que se recarga, transita y descarga en la propia cuenca en relativamente poco tiempo, esto no permite al agua depurarse de contaminantes en especial los orgánicos que requieren ser estudiados en otro avance del proyecto. Estos sistemas son muy vulnerables a cambios en el clima (si hay sequía, por ejemplo). También es necesario estudiar la importancia de la recarga que se da en esta cuenca a flujos (intermedio y regional) que se usan “aguas abajo”, esto es, fuera de la cuenca de estudio; lo cual representa una parte fundamental en la definición de los beneficiados por los servicios ambientales que esta cuenca ofrece a otros usuarios del agua que allí se capta.