

I. INTRODUCCIÓN

En el presente informe se presenta una revisión bibliográfica de las temáticas que se consideran relevantes en la implementación del programa nacional de *Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos* en México (PSAH), y los resultados de un estudio en Valle de Bravo-Amanalco para establecer la viabilidad de dicho pago bajo perspectiva del modelo de los *Sistemas de Flujo de Agua Subterránea*.

Respecto a la revisión bibliográfica, ésta se organizó en dos partes, en una *primer parte*, se analizan aspectos conceptual, jurídico-administrativo, ambiental y económico, vinculados a dicha implementación. Se efectúa una revisión de los lineamientos internacionales y nacionales que definen las características que tienen estos programas, así como el grado de avance en su implementación, estableciendo además, sus debilidades y potencialidades para su sostenibilidad en el tiempo, teniendo como referente el caso de estudio Valle de Bravo-Amanalco (VBA). En una *segunda parte*, se realiza una revisión del estado de avance a nivel mundial sobre los estudios vinculados al efecto de la vegetación, específicamente el bosque, sobre el agua subterránea, así como los procedimientos de estudio que actualmente se utilizan a fin de comprender la naturaleza en si, y como ésta se vincula con el hombre. Los temas principales de análisis incluyen, i) avances, orientaciones, y características de las investigaciones realizadas en torno a los Servicios Ambientales en aspectos jurídicos, político-administrativos, y principios que los gestan; ii) la influencia de la vegetación y otras actividades en la recarga del agua, y por último, iii) un análisis sobre la forma en que se integran las variables ambientales para su estudio e interpretación, tomando al paisaje como unidad de estudio.

Primer parte, antecedentes jurídico-administrativo, ambiental y económico, vinculados al PSAH. En México, el antecedente más directo de la implementación de Programa de Servicios Ambientales es de 1999, al formularse el Plan Estratégico Forestal para México 2025, que sirvió de base para que la Comisión Nacional Forestal elaborara el Programa Nacional Forestal 2001-2006. Sin embargo, dicho Programa se institucionalizó en 2003 como Programa Nacional de Pago por Servicios Ambientales, enfocándose al mantenimiento de Servicios Ambientales hidrológicos de bosques y selvas ubicados en zonas prioritarias.

El programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos, tuvo una rápida aceptación, y un alto número de solicitudes. Actualmente existen ocho proyectos considerados áreas promisorias para la promoción de Servicios Ambientales, uno de ellos es Valle de Bravo-Amanalco. Actualmente en el país hay 879 contratos, que involucran aproximadamente 480,000 hectáreas, mas todavía no se hace público en la página oficial el monto al que asciende. Sin embargo, se reconoce que la mayoría de los predios que han recibido pago se encuentran fuera de áreas prioritarias de conservación y hasta el 2004 se ubicaron, desde la perspectiva oficial pero no necesariamente científica, en el 14% de las áreas donde se tiene los llamados “acuíferos sobreexplotados”, menos del 20% de la superficie pagada en 2003 y 2004 se localizaba en lugares con riesgo de deforestación alto o muy alto, mientras que el 62% estaba en lugares con riesgo de deforestación bajo o muy bajo.

Se aprecia que si bien se acepta en diferentes ámbitos público y privado, la necesidad de definir la forma en que los Servicios Ambientales, deben ser implementados para garantizar la conservación de la naturaleza y el desarrollo sustentable de las comunidades

mexicanas, esto cumpliendo con los compromisos contraídos a nivel internacional (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, CMNUCC, Kyoto, 1997), son diversas las cuestiones que aún falta establecer a fin de lograr una implementación eficiente en términos económicos, principalmente en la forma en que se efectúa el Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos, así como a su financiación y valoración. Respecto a esta última, se destaca que existen cuestiones básicas por resolver como por ejemplo, si bien se aprecia que las características ambientales, productivas, turísticas, económicas, y sociales, de Valle de Bravo-Amanalco son promisorias como para asegurar la perdurabilidad del programa, deben abordarse aún temas planteados: forma de efectuar el pago, generación de mercados, financiación, y un conocimiento cabal del funcionamiento de los sistemas naturales, sus elementos constitutivos, agua, suelo, comunidades vegetales, y como estos se relacionan entre sí dentro del paisaje e incluso entre paisajes asociados.

Existe actualmente una manifiesta degradación de la calidad del agua así como de sus sistemas de distribución; el suelo ha sido también impactado negativamente debido a la ausencia de un manejo adecuado. Asimismo, los dos ecosistemas arbóreos principales del Valle de Bravo-Amanalco, presentan serios riesgos de extinción. La degradación de los ecosistemas forestales debido a la deforestación, erosión y compactación edáfica, alteran la biodiversidad y ciclo hidrológico; se disminuye la infiltración natural de agua de lluvia hacia el agua subterránea, se azolvan ríos, lagos y presas, se desecan cuerpos de agua y se genera escorrentía súbita e incontrolable.

Las causas de la deforestación son diversas, entre ellas: reemplazo por pastizal o cultivo, incendio forestal, plagas y enfermedades forestales. Sin embargo, no existe un consenso concluyente sobre dichas causas, o de que prevalece una causa en particular, requiriéndose un mejor diagnóstico que se extienda no sólo a cuestiones meramente de desaparición de bosque, sino también, al grado de degradación de suelo asociado y cómo el componente agua subterránea es impactado. Esto llama a la necesidad de realizar estudios de tipo sistémico. Así, por ejemplo, el concepto de planificación por cuencas hidrológicas desarrollado por la Conafor, si bien incorpora acciones de protección, conservación y restauración de suelo forestal, pone el énfasis en la parte alta de la cuenca. Asimismo, no cuenta con estudios científicos sobre el funcionamiento hidrológico donde se considere la parte de agua subterránea.

Consecuentemente, no obstante los avances logrados en la implementación del Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos, perduran muchas problemáticas generales que deben considerarse y que tienen que ver con la generalización de esquemas conceptuales del funcionamiento del agua que no representan la realidad del medio físico, y que muestran la ausencia de información científica. Así, se destaca, que las zonas 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 priorizó un criterio científico para su adjudicación. Asimismo, 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 desarrollar el mercado local e internacional, *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 al cambio hídrico y con alto valor en biodiversidad.

Segunda parte, estado de avance sobre estudios vinculados al efecto del bosque sobre el agua subterránea. De la revisión bibliográfica efectuada a fin de establecer del estado de avance a nivel mundial de los estudios vinculados al efecto de la presencia de la vegetación, específicamente del bosque sobre el agua subterránea, así como los procedimientos de estudio que actualmente se utilizan, se aprecia que no se ha comprendido integralmente la relación existente entre agua superficial-subterránea, y de cómo ésta se liga con los ecosistemas asociados a fin de preservarlos, de modo que a su vez estos, garanticen la calidad de vida de la sociedad involucrada en forma sostenible. Esto es, distribuir el agua en calidad y cantidad para la población en general, así como para actividades productivas, preservando el suelo a modo de garantizar una productividad compatible con el bienestar social y económico de sistemas imperantes en la región de estudio (turismo, acuicultura, actividades agropecuarias y forestales).

En relación con las técnicas de estudio implementadas, se aprecia un gran desarrollo en aquellas que implican análisis con sensores remotos, y procedimientos digitales de procesamiento de información y uso de modelos; sin embargo, no se efectúan los estudios con el criterio integral y de paisaje que se requiere, incluyendo no sólo aspectos de superficie, sino también los subsuperficiales, y al hombre.

Por lo expuesto, la adecuada calidad y provisión de agua para la comunidad en general y sistemas productivos en particular forestal, agropecuario, y acuícola, muestran dificultades que atentan contra la sustentabilidad del programa de PSAH, así como no del todo a favor del ambiente que se procura proteger. Se requiere entonces, además de los aspectos sociales, políticos y económicos, reconocer el ambiente (agua superficial y subterránea, ecosistemas, suelo, medio físico, sociedad) y como éste se vincula con otros elementos del paisaje, natural y antrópico, así como con sus paisajes vecinos.

Tercer parte, forma de integración de variables ambientales para su estudio e interpretación, tomando al paisaje como unidad de estudio.

Entre los aportes estratégicos del presente estudio, se tienen: i) contribuir al aporte de bases científicas para definir zonas de recarga al agua subterránea, considerando las escalas de flujo presentes en la cuenca subterránea, debido a que dichas zonas de recarga están asociadas con abundante número de manantiales, ii) identificar zonas de importancia regional incorporando el concepto de los sistemas de flujo de agua subterránea, y iii) abreviar sobre la importancia de la definición de los sistemas de flujo de agua subterránea en el PSAH.

Consecuentemente, 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; como objetivo secundario se analizará la problemática hídrica de la cuenca en estudio a fin de determinar categoría de protección, conservación o aprovechamiento en relación con la búsqueda de las características del territorio de interés como *cuenca productora de agua para la zona centro del país* incorporando el concepto de los sistemas de flujo de agua subterránea.

Cuarta parte, se efectuó un estudio en la cuenca denominada *Valle de Bravo-Amanalco*, con el fin de tener un referente inicial del estado que en el área de interés guardan los diferentes flujos de agua subterránea con la idea de tener elementos para definir su jerarquía de recorrido (local, intermedio, regional) a través de establecer sus diferentes componentes (zonas de recarga, tránsito y descarga). Para esto se iniciaron algunos

reconocimientos básicos que incluyen el geológico enmarcando las principales litologías presentes, ya que la región muestra una referente geológico complejo representado por una variada composición y origen de rocas que van desde roca extrusiva félsica a máfica, caliza, intrusivo félsico, esquistos y depósitos cuaternarios.

La caracterización de la hidrogeoquímica e isotopía del agua subterránea tiene como objetivo establecer en forma inicial grupos de agua con características comunes de circulación por rocas similares en el subsuelo y lograr un referente de la altura de la precipitación que ha recargado los diferentes flujos. Un proceso que se definió fue la contaminación al agua subterránea y superficial por los efluentes de actividades agrícolas y de criaderos de trucha. En este grado de avance del proyecto se puede concretar que todos los sistemas de flujo definidos son de tipo local, lo cual representa agua que se recarga, transita y descarga en la misma cuenca en relativamente poco tiempo, esto no permite al agua depurarse de contaminantes en especial de orgánicos que requieren ser estudiados en otro avance del proyecto. Los sistemas locales 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.