

Coloquio Nacional: Agua Subterránea en México

Por una Gestión Integral del Agua Subterránea (GIAS): Una Propuesta

Febrero 2014.

INFORME

A nombre del Comité Organizador

Dr. José Joel Carrillo Rivera

Instituto de Geografía, UNAM

Auspiciado por el OIEA con fondos del programa "Peaceful Uses Initiative"



Contenido

1.1	Prólogo	2
1.2	Resumen.....	2
1.3	Introducción	3
1.3.1	¿Hoy qué sabemos y qué no sabemos sobre la dinámica ambiental del agua subterránea en México?	5
1.3.2	¿Qué son los Sistemas de Flujo del Agua Subterránea?	9
1.4	Gestión Integrada del Agua Subterránea en México: estrategias preliminares.	11
1.4.1	Estrategia 1: Evaluación y modificación del marco legislativo e institucional.....	12
1.4.2	Estrategia 2: Enriquecimiento del conocimiento y entendimiento del agua subterránea	17
1.4.3	Estrategia 3: Participación pública: Reconocimiento de hecho.....	20
1.5	A forma de Conclusiones: ¿Qué sigue?.....	20
1.6	Referencias	23
	Anexo A, descripción del Coloquio Agua Subterránea en México	
	Anexo B, fotos del Coloquio (a , Inauguración; b , Clausura; c , Participantes)	



1.1 Prólogo

El presente documento es resultado del análisis e integración de las propuestas y discusiones realizadas por los asistentes al Coloquio Nacional “*Agua Subterránea en México*”, el primer evento de su tipo en México, realizado los días 7, 8 y 9 de noviembre del 2013 con sede en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) en Jiutepec, Morelos. El *Coloquio Agua Subterránea en México* fue dirigido a organismos públicos de todos los sectores de desarrollo, ordenamiento y crecimiento del país, tanto académico, sociedad civil organizada, de investigación, administración pública, organismos no gubernamentales, así como a tomadores de decisión de los tres poderes de gobierno (Ejecutivo, Legislativo y Judicial).

Los patrocinadores del Coloquio fueron: la Agencia Internacional de Energía Atómica; La Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; las universidades de Zacatecas y Puebla; el Centro de Investigación y Gestión Ambiental y el Instituto de Geografía, ambos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); así como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

El presente documento está dirigido a todas aquellas personas que aportan o buscan aportar al entendimiento de la dinámica del agua subterránea y a la creación de soluciones a los conflictos socio-ambientales derivados del actual manejo del agua subterránea en México.

1.2 Resumen

El agua subterránea es la principal fuente de abastecimiento de agua en México. El 70% del agua que abastece a la agricultura, industria y ciudades, es agua subterránea; así mismo, es la componente hídrica mayoritaria (+95%) en el ambiente. El agua subterránea es parte indivisible de los demás componentes (del ciclo hidrológico y) del ambiente. El ignorar esto, y en las formas inadecuadas de extracción, uso y manejo actuales, ha causado una serie de impactos ambientales negativos desde la última mitad del siglo pasado, que incluyen: efectos nocivos en la salud de las personas, exclusividad socioeconómica de la distribución del agua, hundimiento del suelo, desaparición de vegetación y manantiales, salinización y erosión del suelo, cambio de la calidad del agua extraída, desequilibrio de ecosistemas lagunares, intrusión de agua salina, entre otros no menos relevantes. Estos efectos se han reportado, en un número cada vez mayor, en zonas geográficas independientemente del referente geológico y climático donde se encuentren, así como de la profundidad de los pozos de extracción, o de su ausencia. Esto deja claro en México la existencia de una compleja dinámica de impacto socio-ambiental acumulativo y transfronterizo desencadenado, principalmente por: el actual conocimiento incompleto y escaso, inadecuadas forma de extracción y la forma de uso del agua subterránea, lo que deja vislumbrar la escala ascendente de una compleja problemática hacia el futuro cercano, que compromete la seguridad nacional.

En el Coloquio hubo consenso respecto a que las respuestas ambientales indeseables relacionadas con el agua subterránea son, en gran medida, consecuencia de la falta de conocimiento y comprensión del funcionamiento del agua subterránea, de forma generalizada y multisectorial (organismos públicos rectores, consultores privados y el sector académico y científico).



Tres elementos fundamentales, actualmente administrados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), se identificaron detrás de las respuestas negativas ambientales observadas: el proceso de **Evaluación de Impacto Ambiental**¹; el **balance hídrico** (método para evaluar la *disponibilidad de agua subterránea*) y recientemente, la aplicación de **índices de evaluación de vulnerabilidad a la contaminación**. Elementos que, en principio, presentan un alto grado de dificultad para adaptarse con éxito a las condiciones mexicanas, entre otras, debido a la falta de información adecuada (en tiempo-espacio, cantidad y calidad requeridas) y de profesionales entrenados en técnicas modernas con la experiencia requerida y en número suficiente. La carencia de una educación oportuna y adecuada a todos los niveles sobre el funcionamiento ambiental del agua subterránea fue encontrada como un factor que limita la toma correcta de decisiones y pone a México en una posición de riesgo y desventaja ante la política global del agua y en mayor desequilibrio por su contexto geopolítico, especialmente en la frontera con los Estados Unidos de América.

Los elementos arriba indicados están directamente relacionados con cuatro principales aspectos que limitan la posibilidad de desarrollar una gestión eficiente del agua subterránea que abone a la sostenibilidad ambiental: la **evaluación ineficiente de la recarga al agua subterránea**, ligada con el hecho de despreciar el **flujo vertical ascendente del agua subterránea**, lo que promueve negar que el agua extraída por bombeo está induciendo la presencia de elementos químicos que se presentan en cantidades traza a escala nacional, ambos aspectos convergen en el hábito común de usar e imponer el erróneo (jurídico y técnicamente) concepto de **sobreexplotación**. Este último término es actualmente la base para definir zonas reglamentadas y aquellas con situaciones de emergencia de agua en México.

El Coloquio reconoce al modelo de los *Sistemas de Flujo del Agua Subterránea* (SFAS), como el modelo que, actualmente, permite integrar tanto la información y conocimiento hidrogeológico, como **otra información ambiental** (edafología, geomorfología, geografía, economía, vegetación, etc.) necesaria para entender el funcionamiento ambiental del agua y que no está incluida en el balance hídrico que es usualmente practicado.

Se definió como deseable que para llenar los vacíos encontrados, se trabaje en tres grandes líneas estratégicas: *Marco Jurídico e Institucional; Conocimiento y Entendimiento; y Participación Pública: reconocimiento de hecho y de derecho*; líneas donde el agua subterránea se vea como solución y no como problema. Cada una de las líneas estratégicas propuestas son de carácter preliminar, porque se considera que su desarrollo esta sujeto a la capacidad de respuesta de todas aquellas personas responsables en materia de la dinámica hidrogeológica en México y a la participación pública por parte de todas las personas interesadas. El presente documento tiene como mayor alcance el examinar formas de actualizar el conocimiento que del agua subterránea se tiene en México y de su aplicación en la vida cotidiana buscando crear una conciencia inicial que cada persona pueda desarrollar de acuerdo con sus principios y valores.



1.3 Introducción

Nosotros, las y los participantes en el *Coloquio Nacional Agua Subterránea en México 2013*, después de reflexionar sobre las distintas experiencias compartidas por participantes nacionales e internacionales en este encuentro, presentamos en este documento, las reflexiones, conclusiones y propuestas más relevantes.

Pareciera que lo estratégico es usar un método que nos permita **recordar la historia del agua**, historia no escrita sólo por la naturaleza sino por otros guionistas que han plasmado en la escena de hoy para quién hay agua y en qué cantidad y calidad. Y como toda obra, tenemos el reto de escribir otras escenas, que incorporen también a otros actores involucrados en la acción relacionada con el presente manejo desafortunado del agua subterránea y la respuesta ambiental en México. La visión general del Coloquio fue que el agua subterránea no debe verse como problema sino practicarse como solución al desequilibrio socio-ambiental observado.

La situación actual del agua subterránea no sólo depende del contexto biofísico, sino de la visión que niveles superiores de organización y gestión pública, que tomadores de decisión y organismos reguladores de la dinámica ambiental han querido que prevalezca y han buscado que se establezca, ya sea por presiones internacionales, intereses personales o de grupo, o simplemente por desconocimiento. Los conflictos socio-ambientales que México tiene que solucionar son consecuencia del conocimiento o del desconocimiento y tipo de manejo ambiental que se ha querido aplicar en México. Ya que desde hace más de 30 años, han estado asequibles y accesibles a nivel mundial, los métodos más adecuados para entender el funcionamiento del agua subterránea y desarrollar su gestión integral y sustentable.

En México, las deficientes metodologías propuestas para determinar “*la cantidad de agua subterránea disponible*”, y la “*vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea*”, entre otras, así como la total ausencia de alguna instancia de evaluación del agua subterránea en el marco de la propuesta de la *Evaluación de Impacto Ambiental* vigentes, han tenido como consecuencia las respuestas socio-ambientales negativas observadas en campo. En materia de conocimiento, se parte de la necesidad de cambiar de paradigma y trascender de las concepciones de la hidrogeología clásica (en México, *Geohidrología*) hacia el modelo sistémico (Hidrogeología Moderna) que propone los *Sistemas de Flujo del Agua Subterránea*.

El **Coloquio sobre Agua Subterránea en México** fue un ejercicio importante que contribuyó a reconocer el conocimiento que del agua subterránea se tiene en México y abonar a la construcción de conciencia. La idea original comenzó en noviembre de 2012 con la propuesta de su desarrollo por parte de la Organización Internacional de Energía Atómica.

Los ejes de desarrollo del Coloquio sobre Agua Subterránea fueron tres:

- i) conocer qué información hay asequible
- ii) qué información sería deseable tener, y
- iii) cómo llenar los vacíos que se encontrarían, sobre el agua subterránea en México.

1.3.1 ¿Hoy qué sabemos y qué no sabemos sobre la dinámica ambiental del agua subterránea en México?

A continuación se presentan, en forma resumida, aquellos elementos que se han identificado para México, sobre lo que se conoce respecto al agua subterránea. En este apartado se desarrollan los principales elementos de *información, conocimiento y/o entendimiento* que caracterizan la situación mexicana actual del agua subterránea, retomados de la discusión multi-disciplinar y sectorial sobre los trabajos presentados por los participantes.

Clave	Elemento de información, conocimiento y/o entendimiento sobre el agua subterránea en México
C1	Predomina la visión hidráulica (antigua escuela) en lugar de la visión hidrogeológica que responde a la visión holística del ambiente, es decir, contamos mayoritariamente con un incompleto conocimiento y entendimiento de la dinámica ambiental ⁱⁱⁱⁱ del agua subterránea y de su interacción con los otros componentes del ciclo hidrológico y ambiente
C2	Ausencia, incoherencia e insuficiencia de conceptos hidrogeológicos y ambientales tanto en el ámbito académico, técnico-administrativo, como en el jurídico
C3	Carencia de monitoreo constante y de registro de variables hidrogeológicas con cobertura nacional que permitan la descripción correcta de la dinámica y evolución ambiental del agua subterránea.
C4	Los instrumentos jurídicos y administrativos en relación con el agua subterránea carecen de la fortaleza requerida por falta de coherencia y compatibilidad técnico-jurídica para alcanzar el máximo objetivo del Derecho Humano al Agua
C5	El agua subterránea es un factor estratégico y decisivo que rebasa lo local (transfronterizo) y es transectorial
C6	Los impactos ambientales específicos y acumulativos producidos a diversos ecosistemas que han sido generados por la forma de extracción actual del agua subterránea son, en general, ignorados o desconocidos
C7	Existe falta de conocimiento y entendimiento sobre los impactos a la salud humana de tipo acumulativo-sinérgico presentes y futuros debidos a la cantidad, localización y formas inadecuadas de extracción del agua subterránea, y del manejo de residuos
C8	La educación en materia de agua subterránea es estratégica y debe ser obligatoria comenzando ya en el sistema de educación pública y a diferentes niveles de capacitación superior, con el fin de que los tomadores de decisión y el resto de la sociedad, entiendan las implicaciones y compromisos involucrados frente al incremento de los requerimientos de agua bajo planes específicos de crecimiento y desarrollo económico nacional presentes y futuros
C9	Necesidad de aplicar la metodología los Sistemas de Flujo del Agua Subterránea (SFAS) , como la única metodología existente comprobada internacionalmente, que ofrece los elementos clave para generar la información, el conocimiento y el entendimiento hidrogeológico de la dinámica ambiental del agua subterránea.

Tabla 1, Elementos principales acordados con base en las conclusiones de las discusiones durante los trabajos del Coloquio respecto a la información, conocimiento y entendimiento sobre el agua subterránea en México.

Cada uno de los elementos contenidos en la Tabla 1 es descrito a continuación:



- C1 Predomina la visión hidráulica (antigua escuela) en lugar de la **visión hidrogeológica** que responde a la visión holística del ambiente, es decir, se cuenta mayoritariamente con un incompleto conocimiento y entendimiento de la dinámica ambiental^{ivv} del agua subterránea y de su interacción con los otros componentes del ciclo hidrológico y ambiente.* Los esquemas y paradigmas vigentes en el país evitan entender el funcionamiento del agua subterránea, en la mayoría de los casos han resultado en impactos socio-ambientales negativos, tales como: la subsidencia del suelo; el secado de fuentes de agua superficial; la eliminación de ecosistemas y sus impactos en las comunidades humanas, de flora y fauna local; la alteración del equilibrio de los cuerpos de agua superficial y los impactos en la salud pública que, de forma progresiva, sutil y silenciosa, están condenando la integridad humana y amenazando de forma irreversible la provisión de los servicios ecosistémicos a la sociedad. Una de las razones abordadas de tales impactos es la comparativa (con el agua superficial) lenta velocidad de respuesta en las alteraciones ambientales hechas a través de los años por la forma de extraer el agua.
- C2 Ausencia, incoherencia e insuficiencia de **conceptos hidrogeológicos y ambientales** tanto en el ámbito académico, técnico-administrativo, como en el jurídico.* Esta condición nos ha llevado a distorsiones jurídicas graves que perpetúan la inequidad y la injusticia social. En México hay la tendencia de usar temas, términos y conceptos sin tener el cabal conocimiento y entendimiento de su aplicación y de sus alcances; también, en muchos casos no se tienen claros sus principios y limitaciones. Es decir, se ha generado un lenguaje confuso, incompleto y que impide la comprensión entre diferentes áreas de conocimiento. A lo largo del Coloquio, hemos identificado fortalezas pero también debilidades en el conocimiento nacional sobre el agua subterránea; como resultado, nos es claro que estamos obligados, todos aquellos que influimos en el entendimiento de la dinámica actual y futura del agua subterránea, de buscar alcanzar el completo entendimiento de la dinámica del agua subterránea y su interacción con el resto de los componentes del ambiente. Primeramente, es necesario conocer cuáles son estos componentes que influyen directamente con la dinámica del agua subterránea para poder iniciar el proceso del entendimiento de dicha dinámica, la cual rebasa los límites administrativos y políticos impuestos en México. El lenguaje técnico correcto, debe ser llevado de manera adecuada a todos los sectores involucrados, y en particular al administrativo y jurídico.
- C3 Carencia de monitoreo constante y de registro de variables hidrogeológicas con cobertura nacional que permitan la descripción correcta de la dinámica y evolución ambiental del agua subterránea.* Resulta notorio que algunos datos hidrometeorológicos registrados actualmente por la CONAGUA y su forma de registro (temporalidad, cobertura espacial, automatización y constancia de medición) son los únicos datos asequibles y empleados genéricamente para la descripción del agua subterránea en México. Tanto el tipo de datos como su cobertura espacial y temporal no es suficiente para realizar la descripción correcta del agua subterránea. Sólo algunas instituciones de investigación se enfrentan al reto de lograr conocer el funcionamiento del agua subterránea. Este esfuerzo tiene dos lastimosas caras: una el escaso apoyo con el que se logra el avance y, la incipiente aplicación de los logros por organismos responsables del manejo del agua. Es notoria la carencia de información imprescindible para establecer programas de manejo y de



Disponibilidad de las Aguas Nacionales en forma congruente con el referente hidrogeológico del país; destaca la falta de información sobre: *i*) isótopos estables y radiactivos en agua de lluvia y subterránea, *ii*) información del subsuelo (hasta la roca basamento) sobre tipo de rocas, sus propiedades hidrogeológicas y características del agua se saturación; *iii*) un programa de medición de la evolución de la calidad del agua y de la respuesta a su acceso, y *iv*) un programa con dos vertientes, una que permita conjuntar los datos generados a nivel nacional y otra que los haga asequibles a los usuarios que los precisen. Es urgente migrar de la estimación al cálculo correcto de las condiciones hidrogeológicas y de su dinámica ambiental donde el agua subterránea es llave preponderante.

- C4 *Los instrumentos jurídicos y administrativos en relación con el agua subterránea carecen de la fortaleza requerida, por falta de coherencia y compatibilidad técnico-jurídica para alcanzar el máximo objetivo del Derecho Humano al Agua.* Las actuales herramientas estratégicas (Políticas, Planes y Programas) y su aplicación, nos han llevado a los conflictos socio-ambientales actuales, entonces parece lógica la urgencia de que se sometan a evaluación estas herramientas y la capacidad de quiénes las desarrollan y ejecutan. Al mismo tiempo resulta evidente que la falta de conocimiento y las dificultades percibidas, aún en el sector académico, para adoptar una conciencia hacia el modelo sistémico que propone los Sistemas de Flujo del Agua Subterránea, conlleva una debilidad importante al transmitir el conocimiento sobre la dinámica del agua subterránea a las instancias jurídicas y administrativas del país. La transferencia del conocimiento sobre el funcionamiento del agua subterránea debe llevarse a cabo de manera sistemática a través de técnicas pedagógicas adecuadas y bajo un programa de alcance nacional que debe iniciar desde las instituciones de enseñanza básica.
- C5 *El agua subterránea es un **factor estratégico y decisivo** que rebasa lo local (transfronterizo) y es transectorial.* El agua subterránea en México esta en desventaja por las técnicas y métodos aplicados a su manejo, lo cual se hace más preocupante en la zona fronteriza, especialmente en el norte del país. Los impactos negativos por la cantidad y forma de extracción local del agua subterránea se evidencian en ambientes regionales y en ambientes específicos que sobrepasan los límites de cuenca (superficial) actualmente establecidos, esta incoherencia se visualiza al considerar el referente de la metodología de los Sistemas de Flujo del Agua Subterránea (Ver C8 y apartado 1.2.2). Resulta así, muy complicado poder evaluar cuáles están siendo los efectos e impactos que está teniendo el manejo transfronterizo en los sistemas ambientales involucrados, esto incluye la dinámica del agua subterránea nacional. En este contexto, México tiene una seria desventaja con respecto a Estados Unidos de América, donde se tiene un mejor conocimiento del funcionamiento del agua subterránea, incluso de la existente en el territorio fronterizo mexicano.
- C6 *Los impactos ambientales específicos y acumulativos producidos a diversos ecosistemas que han sido generados por la forma de extracción actual del agua subterránea son, en general, ignorados o desconocidos.* Se ha llegado a este resultado debido a la poca puesta en práctica de buscar entender el funcionamiento local y regional del agua subterránea, no sólo desde la perspectiva de la cantidad asequible para su consumo por parte de los



pobladores humanos (visión antropocéntrica), sino desde una visión ambiental, la cual sólo se concibe si se incluye la dinámica e interacción de todos los componentes biofísicos de los ecosistemas. Muchos de esos impactos tienen implicaciones económicas muy importantes que podrían visualizarse y evaluarse al utilizar criterios hidrogeológicos inherentes a los Sistemas de Flujo del Agua Subterránea.

- C7 *Falta de conocimiento y entendimiento sobre los impactos a la salud humana de tipo acumulativo-sinérgico presentes y futuros debido a la cantidad, localización y formas inadecuadas de extracción del agua subterránea y del manejo de residuos.* Debido a la extracción intensiva, irracional e irrestricta de agua subterránea, su calidad no es necesariamente una limitante para permitir o negar la disponibilidad de las aguas nacionales. Así, en el territorio se tienen identificados serios impactos a la salud de las personas por la inducción de fluoruro, cromo, manganeso, arsénico, entre otros, que alteran la salud de manera irreversible. A estos daños producidos por la falta de conocimiento y entendimiento del funcionamiento del agua subterránea se deben agregar los efectos negativos al sector agropecuario por la inducción de agua alcalina-sódica a terrenos de riego agrícola, así como el regreso al ambiente de un caudal continuo de más de 700 L/s por las “perdidas” de agua de riego que se infiltran a las aguas nacionales con todo tipo de compuestos químicos para el uso agropecuario, lo que en consecuencia compromete la seguridad alimentaria de México, entre otras. Adicionalmente, el ambiente es afectado por la
- C8 *La educación en materia de agua subterránea es estratégica y debe ser obligatoria comenzando ya en el sistema de educación pública y a diferentes niveles de capacitación superior, con el fin de que los tomadores de decisión y el resto de la sociedad, entiendan las implicaciones y compromisos involucrados frente al incremento de los requerimientos de agua bajo planes específicos de crecimiento y desarrollo nacional presentes y futuros.* La educación sobre el funcionamiento del agua subterránea necesita ser impulsada para que tanto los que toman decisiones en materia ambiental como quienes las reciben entiendan implicaciones y compromisos involucrados. Se establece necesario reforzar la enseñanza sobre todos los componentes del ciclo hidrológico y, en particular, sobre el agua subterránea desde una visión ambiental. Así esta visión de análisis holística, ya implementada en otros países, se debe replicar en forma similar, en el sistema de educación pública nacional desde la educación preescolar hasta la educación media superior. Los programas de licenciatura en áreas sociales, de salud, jurídicas, ingenieriles etc., deben contar con esquemas informativos y de capacitación adecuados.
- C9 *Necesidad de aplicar la metodología de los Sistemas de Flujo del Agua Subterránea (SFAS), como la única técnica existente comprobada internacionalmente, que ofrece los elementos clave para generar la información, el conocimiento y el entendimiento hidrogeológico de la dinámica ambiental del agua subterránea.* La desventaja de México en el ámbito mundial de carencia de conocimientos, información y manejo de técnicas robustas, obliga a realizar los ajustes necesarios para estar a la altura de las circunstancias en la aplicación del método científico en materia ambiental básica y de poner en práctica el discurso de que el agua es un elemento de “Seguridad Nacional” entendiendo y aplicando la importancia fundamental de la visión de los SFAS. La técnica de los SFAS ha sido propuesta en México desde hace tres



décadas como una metodología robusta que permite enfrentar las respuestas negativas ambientales observadas; metodología aplicada satisfactoriamente a nivel mundial. Así mismo, esta metodología permite dar el soporte necesario a la técnica actual del balance hídrico que carece del apoyo informático existente en otras regiones del mundo. Esta metodología también permite apoyar y complementarse con metodologías sobre caudales ecológicos y otros flujos de energía ambientales. El concepto de SFAS requiere y enriquece la información y conocimiento del referente ambiental.

1.3.2 ¿Qué son los Sistemas de Flujo del Agua Subterránea?

Las conclusiones del Coloquio fueron coincidentes con proponer la *metodología de los Sistemas de Flujo del Agua Subterránea*, la cual integra un conjunto de técnicas tradicionales y modernas (por ejemplo, el análisis en tiempo real por medio de imágenes de satélite) que ha demostrado ser de gran utilidad para definir el comportamiento del flujo del agua subterránea y su relación con los otros componentes del ciclo hidrológico y del ambiente, incluyendo ecosistemas (Tóth, 1963,....., 1970,....., 1995,....., 2000,.... 2008, entre muchas otras). La Figura 1, muestra de manera simple, diferentes caminos que puede seguir el funcionamiento del agua subterránea en una Cuenca Hidrológica Unitaria, mostrando la influencia del relieve superficial con el desarrollo de diferentes zonas de movimiento del agua; cada flujo de agua (del local al regional) involucra contrastes de tiempo de recorrido, de interacción química con rocas y minerales del subsuelo, con el gradiente geotérmico, etc. y cuya cantidad y salinidad de descarga, influye en la escorrentía superficial, tipo de vegetación, y tipo de suelo; respuestas que se encuentran esquematizadas en la Figura 2.

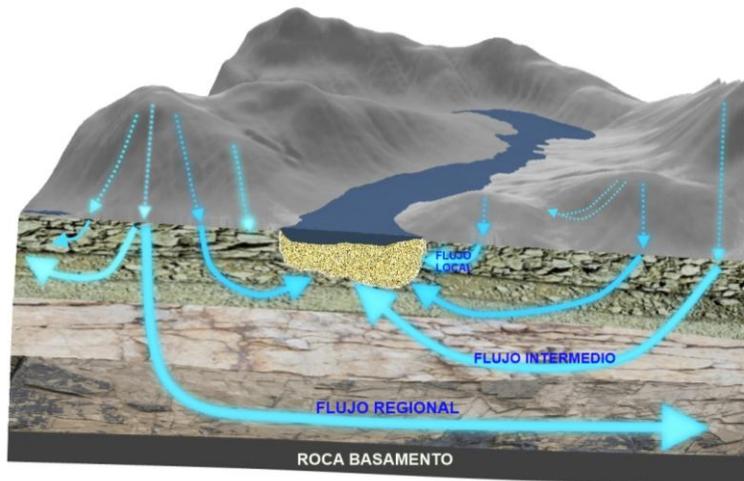


Figura 1, representa diferentes recorridos que puede seguir el agua subterránea a través de flujos de naturaleza local, intermedia y regional; en el caso de la figura, los dos primeros flujos descargan en el río, el flujo regional descarga en otra cuenca fuera de se recargó. Escalas dependientes del referente geológico, notar que la profundidad de recorrido del flujo regional está limitado por la profundidad a la roca basamento (Adaptada de Tóth, 1970, por S Ouyse).

Esta metodología considera al agua subterránea como elemento dinámico, en el tiempo y en el espacio, (el balance hídrico la considera estática) e incorpora su análisis en tres dimensiones incluyendo sus características físicas y químicas, así como las condiciones hidráulicas, geológicas, edáficas y biológicas del medio por donde ésta circula, hacia el interior de una o varias cuencas hidrográficas (superficiales). Por tanto, su aplicación acertada requiere utilizar en forma conjunta herramientas de tipo hidrogeoquímico, isotópico, hidráulica subterránea, geofísico, biológico,

edafológico, entre otras, para así obtener una aproximación más cercana a las condiciones reales de funcionamiento dinámico del sistema. Una ventaja de esta metodología es que muchas de las limitaciones en información se pueden subsanar con el uso de datos de bajo costo como la información que existe sobre: *i)* tipo de vegetación, *ii)* tipo y salinidad de suelo, *iii)* geomorfología, *iv)* contenido de humedad, entre otros, lo cual suministra valiosa información del funcionamiento del agua subterránea. De este modo, la integración de diversas herramientas multidisciplinarias, permite verificar el funcionamiento del agua subterránea y de su nexa con el agua superficial, ya que los resultados de éstas deben ser concordantes entre sí, al contrario del balance hídrico que sólo muestra números de gran incertidumbre que no reflejan procesos, y que sin embargo, usualmente se han tomado como datos absolutos, reales y “confiables”.

La *metodología de los Sistemas de Flujo* va más allá del concepto de *acuifero*, que es utilizado tradicionalmente en el país en leyes y reglamentos, donde es notorio que se aplique bajo “límites de tipo convencional”; laterales representados por el parte-aguas, y hacia abajo por la profundidad de los pozos representada por la línea B (Figura 2) y por *ende*, carece de la consabida continuidad hidráulica lateral subterránea con el resto de las cuencas o sub-cuencas vecinas. Es decir, contradice las observaciones en campo que demuestran que México posee formaciones geológicas (acuíferas) o un conjunto de ellas con extensión regional (cientos de km²) y de gran espesor (mayor a 3 km de profundidad). Así, la descripción del funcionamiento del agua subterránea y el entendimiento de cómo funciona desde una perspectiva de sistema con una visión regional (más allá del concepto de cuenca) representa su comportamiento natural y es, por lo tanto, el eje conductor más adecuado para orientar el desarrollo de la información a obtener, y del conocimiento y entendimiento a adquirir sobre la dinámica ambiental del agua subterránea.

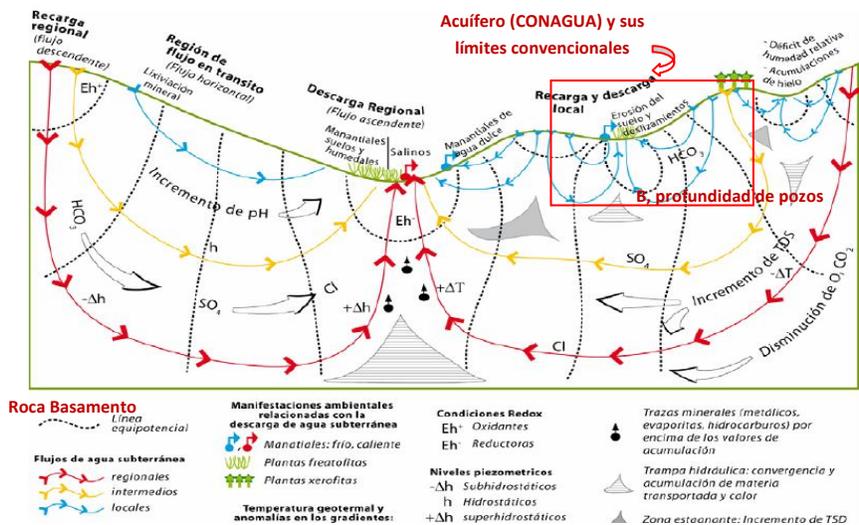


Figura 2 Diagrama en una sección del territorio representando elementos de identificación de los sistemas de flujo de agua subterránea y sus condiciones de control relativas a sus zonas de recarga (flechas hacia abajo), tránsito (movimiento horizontal) y descarga (flechas hacia arriba). Se muestra la evolución de la composición química y temperatura del agua, condiciones del tipo de suelo y vegetación, procesos de erosión y depósito, y carga hidráulica comparativa. El cuadrángulo representa los límites convencionales de lo que en México se ha denominado “acuifero” (Adaptado de Tóth, 1970).



La metodología de *los Sistemas de Flujo del Agua Subterránea* se puede aplicar tanto en regiones de gran y pequeña extensión; resulta de gran utilidad y facilidad de aplicación en sistemas de grande espesor como los de México debido al establecimiento de contrastes entre flujos, ya que la definición de los sistemas de flujo de agua subterránea es comparativa (no absoluta).

1.4 Gestión Integrada del Agua Subterránea en México: estrategias preliminares.

El análisis de las principales conclusiones sobre la situación actual de conocimiento y entendimiento del agua subterránea en México se realizó con el objetivo de ligarse al esbozo de estrategias para el desarrollo de un esquema real de una **Gestión Integrada del Agua Subterránea (GIAS)**. La construcción de la definición de la GIAS presentada en este documento es una propuesta que incorpora los aportes derivados de las preguntas generadoras del Coloquio, así como de lo ya planteado a nivel nacional e internacional sobre la *Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH)*, al igual que a nivel mundial, la definición de “*gestión*” aplicada al agua hace diverso el grado e intensidad de la participación de la sociedad y adaptable gracias a las perspectivas socioculturales y la experiencia local.

La primera gran diferencia entre la propuesta de una GIAS y lo que hasta el día de hoy en el contexto nacional se plantea sobre la GIRH es, primero, una propuesta más completa de análisis y de toma de decisiones, y segundo, descarta la denominación del agua como “*recurso*” (mercancía) (Ver apartado 1.4.1.1) y de otros términos inadecuados que evitan entender el funcionamiento del agua para lograr su equitativo y buen en México.

Para fines perseguidos en este documento, se entiende por GIAS a un proceso de espiral ascendente que “*paso a paso*” genera estrategias operativas (Políticas, Planes y Programas) que evitan y resuelven conflictos actuales y posibles conflictos futuros relacionados con el trinomio *agua subterránea-agua superficial-ecosistemas*, y alcanzar los objetivos de equidad, eficiencia y sostenibilidad del acceso y uso del agua de forma global (global-local). Estos objetivos se pueden monitorear al convertir los actuales impactos en indicadores del proceso de construcción de una GIAS, tales como: aumento de elementos traza en la extracción, hundimiento del terreno, interferencia de conos de pozos, uso del agua de lluvia, participación social efectiva, entre otros.

Como parte de esta propuesta preliminar de GIAS incluimos los principios de la Nueva Cultura del Agua que según el Pacto de Estambul^{vi}, el agua es un bien público que debe estar bajo control público eficaz y abordar al agua según las siguientes cuatro categorías para facilitar su gestión integral (Arrojo, 2006 en ITESO, Grupo de Estudio del Agua, 2011):

El agua-vida: agua para la vida, primer nivel de prioridad. Es aquella agua que proporciona las bases para la supervivencia, tanto de los seres humanos como de los demás seres vivos. Esta agua debe ser reconocida y priorizada de forma que se garantice la sustentabilidad de los ecosistemas y el acceso de todos a cuotas básicas de agua de calidad, como un *derecho humano*^{vii}.

El agua-ciudadanía*^{viii}: *agua para actividades de interés general, segundo nivel de prioridad. Agua que contribuye a reforzar las funciones de salud y cohesión social, como la brindada por los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento, que debe situarse en un segundo nivel de prioridad, en conexión



con los derechos sociales de la ciudadanía y con el interés general de la sociedad, para manejar el agua como un servicio público accesible para todos.

El agua-negocio: agua para el crecimiento económico, tercer nivel de prioridad. Es el agua que cumple funciones económicas legítimas, ligadas a actividades productivas, en conexión con el derecho individual de cada cual a mejorar su nivel de vida^{ix}. Es injustificable éticamente que por tales usos se cuestionen derechos y funciones de las categorías anteriores.

El agua-delito: agua para negocios ilegítimos, cuarto nivel de prioridad. Es el agua que es utilizada en usos productivos que, aún al margen de la ley, vienen imponiendo extracciones abusivas al agua subterránea y ríos, vertido de contaminantes u otras circunstancias socialmente inaceptables. Tales usos deben simplemente ser evitados y perseguidos mediante la aplicación rigurosa de la ley.

De acuerdo con los lineamientos internacionales, la GIRH cuenta con una visión que contempla la integración de la dinámica del agua subterránea y la superficial, debido a que forman parte de un mismo ciclo hidrológico y mantienen una relación directa entre sí. (Banco Mundial, H. Garduño, et al. 2002-2006 en ITESO, Grupo de Estudio del Agua, 2011).

En México, la GIRH confirma su relevancia en la agenda pública nacional en la Ley de Aguas Nacionales (LAN^x), en donde el Poder Legislativo establece que la base de la Política Hídrica Nacional es la *Gestión Integrada de los Recursos Hídricos* y que esto debe llevarse a cabo por cuenca hidrológica.

La GIRH es mencionada múltiples veces dentro de la LAN y es considerada como un eje fundamental para la planeación y la toma de decisiones referentes al manejo del agua, además de que establece que la Comisión Nacional del Agua tiene por objeto ejercer las atribuciones que le corresponden en materia de lograr la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, incluyendo la administración, regulación, control y protección del dominio público hídrico. Se menciona como un elemento esencial a seguir dentro de los planes hídricos, tanto nacionales como de cuenca, y dentro del Artículo 7 se declara a la “*gestión integral del recurso hídrico superficial y del subsuelo...*” como utilidad pública, prioridad y asunto de seguridad nacional, y como un asunto que debe tomarse en cuenta para la eficientización y modernización de los servicios de agua domésticos y públicos urbanos, y para contribuir al mejoramiento de la salud y bienestar social (ITESO, Grupo de Estudio del Agua, 2011). Sin embargo, es evidente que mientras no se entienda acertadamente el funcionamiento del +95% del objeto de la *gestión*, es decir, el agua subterránea (recordemos, más del 95% del agua dulce en México está en el subsuelo), cualquier intento de implantar la GIRH tenderá a perpetuar las serias consecuencias ambientales observadas.

1.4.1 Estrategia 1: Evaluación y modificación del marco legislativo e institucional

A nivel internacional se ha trabajado en generar un marco que logre la coherencia y engranaje de todos los instrumentos jurídicos administrativos que regulen y/o condicionen la gestión del agua (en México, el concepto de *gestión* incluye por definición la participación de la sociedad), basados en el Derecho Humano al Agua lo cual es deseable que se rija por el entendimiento de la dinámica ambiental, del agua subterránea en lo particular, y del agua en general.



En México, mientras tanto se cuenta con la presencia de un **gran juez y parte** en el manejo del agua subterránea: la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Esta comisión es uno de los cuatro organismos desconcentrados de la SEMARNAT. Hoy la CONAGUA es la que genera y valida la información oficial en agua, ejerce la toma de decisiones sobre la extracción y uso del agua subterránea (concesiones de pozos, zonas de veda, etc.), orienta sobre el quiénes y en qué forma acceden al agua (cuánto, cuándo, dónde y a qué costo), diseña o participa en el desarrollo de las políticas, planes y programas sobre el agua y tiene inferencia directa en designación, construcción y operación de las grandes obras de infraestructura hidráulica. Es decir, la CONAGUA registra los datos, participa en la elaboración del marco jurídico (por ejemplo, el Reglamento para la aplicación de la Ley de Aguas Nacionales) y genera la información con la cual decide y/o participa en la ejecución de los proyectos relacionados con el agua. Dinámica por la que, por definición, resulta improcedente proponer que existe *gestión* del agua en México.

De los distintos hilos que tejen al marco jurídico y administrativo actual, se seleccionaron, por ahora, sólo los siguientes elementos: Revisión y definición de (algunos) conceptos legales y la aplicación de una Evaluación Ambiental Estratégica del agua subterránea en México.

Acciones que se proponen para ser desarrolladas bajo una cooperación, activa inter-multi-trans disciplinaria y sectorial que fortalezca la integración de todas aquellas herramientas Jurídico-administrativas, basadas en la actualización del conocimiento-entendimiento de la dinámica ambiental del agua subterránea.

1.4.1.1 Acción 1: Revisión y definición de algunos conceptos

1.4.1.1.1 Agua Subterránea vs. Recurso Hídrico

Se torna imperceptible el conflicto futuro (y actual) entre el concepto de agua como *recurso* (mercancía) y el agua como *elemento de vida* y con derecho inalienable a ella por los habitantes y ecosistemas de México, y del mundo. En *Economía* el concepto *Recurso*, se refiere a un bien sujeto a compra/venta de acuerdo con las leyes del mercado; así *Recurso* es una palabra que se traduce directamente como "**mercancía**". Es de indicar que la Ley de Aguas Nacionales *original* de 1992, tenía dos veces la palabra **recurso** alusiva al agua y 25 veces alusiva a presupuesto o de índole administrativo. La nueva versión de la Ley de Aguas Nacionales (2004) tiene 149 veces la palabra *recurso* y en 71 veces implica agua, ya que fue cambiada la palabra **agua** por **recurso hídrico**. Finalmente, en este sentido se torna imprescindible saber que al usar la palabra **recurso**, se está aprobando que desde la perspectiva del referente jurídico que el **Agua sea una Mercancía**. No es de menor importancia dar el justo valor a las palabras y reducir los adornos al concepto agua: el agua sólo debe especificarse por su localización y origen (agua subterránea, agua superficial, etc.).

En el Coloquio se concluyó que es preferible no anteponer a la palabra agua ningún concepto, y sólo especificar por su origen y/o localización ambiental.

1.4.1.1.2 Sobreexplotación

Esta es una palabra que en las leyes mexicanas ha carecido de definición; sólo hay cierta referencia inicial hasta el año 2001 donde aparece en el Diccionario de la Lengua de la Real Academia Española, la cual fue insertada debido a su aparición en la Ley de Aguas Española de 1985. La Ley de Aguas Española sugiere: "**un acuífero está sobreexplotado** o en riesgo de estarlo, cuando la sustentabilidad del uso existente del agua está en peligro inmediato como consecuencia de que la



extracción es mayor o cercana a la recarga media anual”. Es de anotar que en la Ley de Aguas Española modificada en el 2013, la preocupación está dirigida al buen estado cuantitativo o químico de las masas de agua subterránea (volumen diferenciado de agua subterránea en acuífero o acuíferos). En este sentido, de aceptar esta definición, el concepto *acuifero* (formaciones geológicas por las que circula agua) entraría en contradicción con la definición de *acuifero* usada en México; adicionalmente, habría que contestar ¿Qué es sustentabilidad del uso del agua? ¿Cuál es la confiabilidad en la forma de cómo se midieron la recarga y la extracción? ¿A qué tipo de flujo de agua subterránea se está haciendo referencia? Así, aunque se carece de definición legal en la Ley de Aguas Nacionales, se permite el uso de la palabra sobreexplotación y su aplicación en forma arbitraria, lo que limita el acceso arbitrario al agua subterránea de acuerdo con las posibilidades legales y alcance del conocimiento del usuario, o de su abogado contratado.

Existen casos a nivel nacional donde se establece el artificio de la condición de “*sobreexplotación*” como razón de la propuesta de un esquema de visión económica por el sector privado que involucra el comercio de equipo para producción agrícola, el cual busca “*impulsar*” el ahorro de agua con nueva tecnología de riego. Sin embargo, posteriormente se propone el uso subsecuente del agua ahorrada, tornándose en un esquema falaz, ya que finalmente se continúa extrayendo la misma cantidad de agua subterránea, o una mayor, esto repercute en situaciones como la asignación inconsistente de permisos de extracción.

Se requiere información sobre los “*acuiferos sobreexplotados*”, en el sentido que resulta incomprensible el por qué si están aumentando en número, es posible que los centros de desarrollo por inversión extranjera en los últimos años se concentren en territorio coincidente con estos “*acuiferos sobreexplotados*”. En este sentido, es deseable y crítico poder contar con información sobre el por qué si no se tiene agua o ésta es *escasa*, se continua insistiendo en un plan de desarrollo que involucra la invitación a la inversión extranjera y el aumento de industria altamente consumidora y contaminadora de agua. Un cambio de visión del plan de desarrollo se torna altamente necesario.

Esto conlleva a la pregunta, por qué, a nivel nacional el número de los “*acuiferos sobreexplotados*” desde los años 1970’s al presente ha tenido un incremento (32 en 1975 a 105 en el 2010) sin que la CONAGUA indique la razón de tolerar o impulsar tal situación, ya que al mismo tiempo se continua reportando que se sigue obteniendo de estos más del 50% del agua reportada como extraída en el país.

El actual esquema de manejo del concepto de “*sobreexplotación*” conlleva a varias preguntas: *i)* cómo se calculó la condición de sobreexplotación; *ii)* cuáles fueron las variables involucradas en tiempo y espacio; *iii)* qué acciones se han realizado para controlar la extracción intensiva del agua subterránea; y *iv)* es real la existencia de la denominada *sobreexplotación*.

Como reflexión del Coloquio, resulta ilógica la existencia de esta palabra, si consideramos que su cálculo estricto se desconoce, no se conoce el funcionamiento del agua subterránea, y los elementos y datos empleados para estimar la “*sobreexplotación*” se desconocen o son arbitrarios.

Es necesario que la palabra ***sobreexplotación*** sea sujeta a alguna acción legal e informática decidida a nivel nacional respecto a: *i)* tener una definición oficial inscrita en la Ley de Aguas



Nacionales; o *ii*) eliminar la palabra del marco jurídico-administrativo; o *iii*) aclarar su significado y el desarrollo preciso de su cálculo y no estimación.

1.4.1.1.3 Demanda y Escasez

La palabra **demanda** tiene diversas acepciones variando de acuerdo con el país e idioma. Sin embargo, para México, se debe recordar que existe un uso tácito al hablarse respecto al abastecimiento de agua. Para intentar aclarar el significado de *demanda* y *escasez*, se debe apuntar que:

- la CONAGUA hace uso de la palabra demanda sin estar definida por la Ley de Aguas Nacionales
- la CONAGUA usa la palabra demanda para indicar la cantidad de agua que requiere una población **más** las pérdidas implícitas en el sistema
- en la visión económica, la palabra demanda está ligada con la ecuación que explica que: “si la producción no satisface la demanda hay **escasez**” (Pregunta: ¿dónde o quién produce el agua?).

La falta de una definición clara y precisa sobre el término *demanda de agua*, ha promovido la **poca o nula claridad en el proceder de la CONAGUA** para determinar la cantidad, calidad, funcionamiento, extracción, distribución y uso del agua, además de aumentar la confusión social respecto al rol que desempeña en la dinámica ambiental del agua.

1.4.1.1.4 Agua disponible

De acuerdo con el diccionario de la Lengua Española esta palabra significa: “*lo que sobra, o lo que se puede disponer*”.

En la Ley de Aguas Nacionales se usa el término de *Disponibilidad media anual de agua superficial*^{vi}, que resulta de restarle al volumen medio anual de escurrimiento de una cuenca aguas abajo (*notar que usualmente este parámetro no se mide, se estima*) el volumen medio anual actual comprometido aguas abajo. En la “*Disponibilidad media anual de aguas del subsuelo*” de un acuífero, es el valor que resulta de la diferencia entre la recarga total media anual al substraele la descarga natural comprometida y la extracción de agua subterránea. Notar que los límites laterales y verticales del “acuífero” se definen **convencionalmente** para fines de evaluación, manejo y administración. Como arriba se indica (punto 1.3.2) usualmente el límite vertical es la profundidad de los pozos y el lateral, el parte-aguas local. En este sentido se torna preocupante ya que al saber que existen problemas para los cálculos de disponibilidad del agua superficial, se estima que los cálculos de la disponibilidad del agua subterránea incorporan mayores incertidumbres, esto resulta en que los intentos de su manejo sean altamente aleatorios. Así, debido al lento movimiento del agua subterránea (centímetros a metros por año) hace que su respuesta regional y la de sus componentes ambientales a cambios en las condiciones naturales (o aquellas en las que el ser humano es responsable), será evidente sólo a largo plazo. Esto permitirá no identificar en el tiempo preciso la reacción causa-efecto, permitiendo culpar a otros actores como el **cambio climático**. Y en consecuencia, se emite e invierte en una *solución* que no representa la pregunta propuesta a la respuesta observada en campo. Otro aspecto que aumenta la incertidumbre de la disponibilidad, resulta del cálculo de la recarga (con el balance hídrico): *i*) se



presume que la lluvia recarga al sistema delimitado por el parte-aguas, *ii*) en casos, se contabiliza la misma recarga dos veces, *iii*) si el cálculo se hace por un año éste puede ser excepcionalmente seco/húmedo, *iv*) el agua de los manantiales no necesariamente se genera en el parte-aguas, *iv*) la evapotranspiración no se mide, *v*) la extracción se mide en forma parcial, y *vi*) no se considera todo el sistema hidrogeológico o sea, el acuífero en toda su extensión. Inexplicablemente, la disponibilidad de las aguas nacionales no considera la calidad del agua potencialmente asequible.

1.4.1.1.5 Balance hídrico

En México, la mayoría de los estudios sobre agua subterránea se limitan al cálculo del balance hídrico, es decir, no incorpora el funcionamiento del agua, como tampoco los procesos incorporados y su inter-relación con otras componentes del ambiente. El balance hídrico es una herramienta útil para obtener volúmenes involucrados siempre y cuando el área donde se aplique sea de pequeñas dimensiones, se encuentre con instrumentación adecuada donde se midan directamente las variables involucradas, se tenga una densidad apropiada de una red de monitoreo, una continuidad de registro de datos que permita una base histórica confiable, y primordialmente, se aplique a un área con límites naturales acordes con los cálculos a realizar; esto es, una Cuenca Hidrológica Unitaria completa más no hidrográfica, es decir, que los límites físicos de superficie por donde el agua circula deberán coincidir también en el subsuelo. Sin embargo, debido a las condiciones hidrogeológicas imperantes en México (*ie.* la Sierra Madre Occidental o el Cinturón Volcánico Transmexicano tienen unidades acuíferas de extensión regional que incorpora varias cuencas superficiales y con espesor mayor a 2,000 m) y a la falta de información confiable en tiempo y espacio confirman que aplicar dicha metodología no es lo deseable para las condiciones del país. Esto es avalado por los impactos ambientales reconocidos en el ámbito nacional debidos a la actual inadecuada *gestión* del agua subterránea.

1.4.1.2 Acción 2: Evaluación Ambiental Estratégica del agua subterránea en México

Al reconocer las deficiencias en el entendimiento del agua subterránea en México como una de las causas de, las muchas veces, errática toma de decisiones sectoriales se clarifica el porqué de las visiones estratégicas incompletas y limitadas, que desde el contexto nacional como en el internacional, se materializan a través de las Políticas, Planes y Programas (PPP's).

A nivel internacional, al día de hoy, se reconoce a la **Evaluación Ambiental Estratégica (EAE)** como la herramienta más efectiva para asegurar que la dimensión ambiental es integrada correctamente en las PPP's, con el fin de crear mejores estrategias, objetivos y opciones de desarrollo.

El agua subterránea es un factor estratégico y la EAE una herramienta poderosa, que si es correctamente aplicada, tiene la capacidad de integrar los factores críticos de sustentabilidad, discutir las opciones, promover la cooperación institucional y ayudar a diseñar las acciones estratégicas para la solución de los conflictos. Se plantea la necesidad de someter a una EAE la dinámica socio-ambiental del agua subterránea en México, que en un principio deberá evaluar la capacidad de los PPP's de asegurar que en México la población viva con la seguridad propuesta en el artículo cuarto constitucional: *Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía*



para la consecución de dichos fines.^{xii} Como resultado de evaluar los PPP's se obtiene el análisis de los impactos generados sobre la dinámica ambiental del agua subterránea, a partir del cual se identifican las modificaciones y/o eliminaciones a realizar en los PPP's, logrando así que el marco jurídico-administrativo sea la referencia correcta de los proyectos.

La propuesta de aplicar una EAE al agua subterránea se basa en el entendimiento del agua subterránea como elemento esencial de la dinámica ambiental para permitir definir políticas, planes, programas y acciones acertadas para la planificación del territorio (como sistema dinámico) donde la extracción de agua subterránea sea definida con base en las jerarquías de flujo, cantidad y calidad del agua extraída, equilibrio eco-sistémico, salud humana, desarrollo, crecimiento socioeconómico, entre otros.

1.4.2 Estrategia 2: Enriquecimiento del conocimiento y entendimiento del agua subterránea

El conocimiento y entendimiento sobre el agua subterránea deben ser incluidos en dos grandes temas: la dinámica de su funcionamiento y los posibles efectos socio-ambientales incorporados en la Evaluación de Impacto Ambiental.

La interrogante sobre *la información deseable a obtener* enmarcó la necesidad del apoyo e incentivo hacia la investigación interdisciplinaria tendiente a obtener información ligada a definir el funcionamiento del agua subterránea; funcionamiento en el que debe establecerse claramente: i) su relación con el agua superficial; ii) su liga con los ecosistemas en general, iii) su vinculación con todos los componentes ambientales, y iv) la relación con el componente social. Esto incluiría el compromiso de que dichas investigaciones se enfoquen en ejecutar acciones *correctivas* vinculadas con procesos relacionados al agua subterránea, y su presencia clave en el funcionamiento particular del ambiente.

La pregunta referida a *¿cómo llenar los vacíos que se encontrarían, sobre el agua subterránea en México?* permitió plantear diversos conceptos que a nivel nacional es necesario involucrar. Para esto se identificó la necesidad de aplicar aquellos trabajos de investigación (ya aprobados por la comunidad internacional y no necesariamente resultado de proyectos financiados por el CONACyT) realizados por académicos nacionales que han demostrado propuestas para una mejor utilización y manejo de las diversas componentes del ambiente, realizando una correcta identificación y solución a problemáticas ambientales que oficialmente han sido manifestadas como de tipo insoluble.

Se concluyó que el factor corrector inicial es **universalizar la educación** en materia del funcionamiento del agua subterránea; esto incluye lograr el entendimiento por parte de toda la población, en todos los niveles de educación pública obligatoria hasta el nivel profesional con énfasis, no sólo en carreras de Ciencias de la Tierra, de la Ingeniería, de Agronomía, y de Ciencias, sino también en otras que tradicionalmente se han considerado como desligadas; tal es el caso de Economía, Derecho, Odontología, Sociología y Medicina, sólo por mencionar algunas. Todo proyecto o estudio donde el agua subterránea sea parte fundamental o se considere que esto sea así, debe ser realizado, desde su origen, bajo la visión metodológica de los Sistemas de Flujo del Agua Subterránea con el fin de prevenir y/o de construir soluciones a posibles conflictos por la alteración de las condiciones del medio y para abonar al desarrollo sustentable. Esto es un llamado



en especial a las instancias nacionales que financian (*ie.*, CONACYT) y respaldan los proyectos de investigación en materia de agua sobre el territorio mexicano.

Respecto a la desalentadora carencia de información a nivel nacional destaca la falta de toma de datos relacionados con el agua subterránea que incluye datos del medio hidrogeológico así como de la química e isotopía del agua (isótopos estables y radiactivos), a escala espacial y temporal útil para la descripción del funcionamiento del sistema natural. En este último referente es notoria la falta de datos no sólo del agua de fuentes superficial y subterránea, sino de la lluvia en sí, información que es un referente activo del funcionamiento del ciclo hidrológico y de los cambios inducidos por el hombre en todas las componentes del ambiente. Un programa sistémico de toma de información de campo tendiente al conocimiento del subsuelo (litología, biofísica, hidrología, hidráulica subterránea, química e isotopía del agua, etc.) es altamente prioritario diseñarlo y aplicarlo a nivel nacional. Se plantea la necesidad de buscar cómo ésta toma de datos puede ser incluida en programas de monitoreo a nivel nacional, lo que puede resultar, por ejemplo, en la formación de catálogos (Atlas) y de una plataforma en Internet para la consulta de datos por aquellos que así lo deseen.

1.4.2.1 Capacitación

Resalta como imprescindible realizar cursos de capacitación a nivel municipal, que incluyan una introducción al funcionamiento del agua subterránea y superficial, sus interacciones ambientales; enfatizando efectos del manejo inadecuado de estas aguas, buscando cómo se debe interactuar desde el alcance municipal. Son ellos, los tomadores de decisión y la población ávida de tener este tipo de capacitación, los que podrán entender y hacer frente a las políticas manejadas comúnmente a niveles superiores, en este caso, por la CONAGUA y sus órganos operadores.

Los investigadores y profesores hidrogeólogos, tienen la facultad de poder brindar este tipo de cursos o capacitación, además de generar eventos como lo fue el Coloquio, que resulten en documentos y acciones que se hagan llegar a diferentes ámbitos de gobierno y sectores sociales.

Para esto es necesario trabajar de forma inter-multi-trans-disciplinaria para entender el agua subterránea, para homologar un lenguaje que dé certeza al desempeño efectuado. Para ello, es urgente e imprescindible que los especialistas e investigadores en materia de agua subterránea, así como los legisladores, tomadores de decisión, asesores, representantes de los sectores de educación y productivos, así como la sociedad en general, establezcamos un diálogo permanente que garantice el uso sustentable y la conservación de los flujos de agua subterránea del país bajo una toma de decisiones más informada y entendida.

Se consideró necesario, particularmente en los espacios de evaluación y gestión ambiental, incorporar y entender el agua subterránea como bien eco-sistémico común así como los efectos ambientales acumulativos producto de su extracción irracional. Los resultados de los procesos de evaluación tienen que ser públicos y de carácter comunicacional.

En este sentido, del Coloquio se forma un grupo asesor para que los no-especialistas en agua subterránea tengan una guía de trabajo sobre cómo aplicar la metodología de los sistemas de flujo en su quehacer cotidiano tanto de gabinete como de campo y laboratorio. En principio, se plantea



el enlace: <http://www.igeograf.unam.mx/sigg/aguasubterranea> para atender las preguntas de los interesados en cómo aplicar esta metodología en casos específicos de campo.

Sin ser menos importante, se indicó que los modelos matemáticos de simulación computacional constituyen una herramienta sólida en estudios del agua subterránea, en especial aquellos que incluyen procesos y principios relacionados con la cantidad y con la calidad del agua, así como los de respuesta ambiental a un cambio en las condiciones hidrológicas existentes. Sin embargo, en México, posiblemente debido a la inercia creada por el cálculo de la disponibilidad de las aguas nacionales, se ha llegado al extremo de considerar únicamente los resultados obtenidos con modelos relacionados con la *cantidad de agua* como los más importantes para la toma de decisiones, lo que ha limitado la capacidad de análisis y evaluación de proyectos altamente relacionados con el funcionamiento del agua subterránea, ya que el origen de las deficiencias y de las limitaciones más grandes con las que cargan los modelos matemáticos utilizados en el país, es la carencia de un modelo conceptual de flujo sólido, y la calidad y cantidad de datos que se generan por parte de las instituciones públicas así como por parte de promoventes privados. Adicionalmente, pero no menos preocupante, es la reciente aplicación de índices de evaluación de la vulnerabilidad del agua a la contaminación, los cuales difícilmente representan los procesos de interés y el modelo conceptual de funcionamiento del agua subterránea. Así, se debe considerar a este tipo de herramientas como lo que son, herramientas, para enriquecer el análisis cualitativo y cuantitativo de la dinámica del agua y evaluar sus resultados desde una propuesta de sistema.

Como resultado del Coloquio señalamos que es imprescindible –y, sobre todo, para aquellos que trabajan en temas donde se involucra el agua subterránea (tomadores de decisión, legisladores, asesores, académicos, servidores públicos, prestadores de servicios públicos y privados) y los que somos especialistas en agua subterránea–, entender el agua subterránea en su completa dimensión de sistema. Para ello, contamos hasta el día de hoy, que la metodología de los Sistemas de Flujo del Agua Subterránea de Joseph Tóth, como lo más acertado y completo para entender el funcionamiento del agua subterránea y su relación con las diversas componentes del ambiente. Sin embargo, para poder transitar hacia un cambio de paradigma, tenemos que reconocer que esto también está sujeto a nuestra ética y, en muchos casos, al conocimiento adecuado.

Así, es preciso entender y lograr respuestas acertadas a las siguientes interrogantes:

¿Cuál es el conocimiento especializado básico sobre la dinámica del agua subterránea que debemos dominar?

¿Quiénes deben dominar y aplicar este conocimiento especializado básico y actualizado sobre la dinámica del agua subterránea?

En este sentido, la solución a la primera pregunta incorpora un avance a la técnica tradicional (del Balance Hídrico), a la cual deben quedar incorporados los Sistemas de Flujo del Agua Subterránea (Ver apartado 1.3.2). Respecto a la segunda, se torna fundamental llevar a cabo procesos de formación de profesionales en forma continua, y de tomadores de decisión capacitados en el agua subterránea; ambos capaces de abordar preguntas de tipo técnico y científico que les permitan abordar de manera adecuada la respuesta ambiental observada en campo desde una base conceptual y doctrinal actual, y lograr una avanzada propuesta.



1.4.2.2 **Acción 2: Educación integrada para una GIAS sólida y duradera**

Se debe procurar ya la formación hidrogeológica básica de la población, con especial énfasis en los niños, aunque sin descuidar la población adulta creando programas (diplomados, conferencias) donde se vea al agua como sistema.

Es evidente el reclamo de que la docencia universitaria sobre el funcionamiento del agua subterránea en tiempo y espacio, debe ser potenciada. Una herramienta de gran utilidad es la implementación de programas de maestría con una sólida carga docente de Hidrogeología Moderna (SFAS). La creación de institutos de Investigación sobre Agua Subterránea ha sido una preocupación cuya formación puede favorecer el avance notable del conocimiento y la deducción de soluciones a las diversas respuestas hidrogeológicas observadas a lo largo y ancho de la nación.

1.4.3 **Estrategia 3: Participación pública: Reconocimiento de hecho**

La experiencia internacional sobre la difícil tarea de la gestión, manejo y gobernanza del agua subterránea pone de manifiesto que la **participación pública** ordenada y la **transparencia** en la toma de decisiones se consideren siempre como los ejes más productivos y resolutivos que la opacidad y el sectarismo.

Evidenciamos y denunciemos que los actuales impactos ambientales derivados del manejo que del agua subterránea se hace, son resultado de tomas de decisión que no han respetado los derechos colectivos, es decir, no existe en los hechos la participación pública, a pesar de un aparente reconocimiento legal que ha quedado implícito en la denominada “*gestión*”.

En miras de una GIAS, a nivel internacional es sabido que este proceso de planeación y toma de decisiones en cuestiones ambientales sólo es real con la participación pública. Para la presente propuesta de GIAS resumimos en palabras sencillas el hecho de que en México sólo podremos construir una GIAS si de forma permanente y segura la mayoría de la población es informada, y es escuchada: de donde sea factible se tomen decisiones informadas. Sin la participación pública es imposible hacer valer los principios de equidad y justicia.

La participación pública incluye los derechos del individuo y de la colectividad, la nación y los grupos étnicos, es decir derechos de “*titularidad colectiva*”. Los lineamientos sobre participación pública que aquí se presentan, son los contenidos en la Declaración de Río y la Convención de Aarhus, en los cuales se establece que la participación pública debe tener tres bases: *acceso a la información*, *la participación en el proceso decisorio*, y el *acceso a la justicia* (Sánchez, 2011).

1.5 **A forma de Conclusiones: ¿Qué sigue?**

Los resultados de los trabajos del Coloquio permitieron puntualizar acciones futuras inmediatas que denotan el interés por parte de los participantes en la mejora de las condiciones profesionales así como en la definición y acceso a información idónea sobre el agua subterránea. Se marcaron, de forma inicial, compromisos conjuntos de: *a)* capacitación para el muestreo de agua, y *b)* para la definición de unidades acuíferas granulares y su relación con los sistemas de flujo, y *c)* la pertinencia de formar **una red** para distribuir los resultados de las acciones post-Coloquio y ofrecer apoyo en la aplicación de la metodología de los SFAS. Así mismo, *d)* se definió la necesidad



de buscar reuniones con la SEMARNAT para proponer ajustes a sus acciones de evaluación ambiental y el agua subterránea implícita en el manejo de: *i*) la Manifestación de Impacto Ambiental, *ii*) el Balance Hídrico, y de *iii*) la determinación de zonas potenciales a contaminarse con programas que manejen índices.

Adicionalmente, se recomendó que la **red** puede ayudar a adquirir nuevas ideas y recomendaciones así como robustecer la interacción con autoridades y otras redes *ad hoc* al agua subterránea como lo es el grupo que está actuando para modificar la Ley de Minería en México. Aquí, se debe destacar que la unión en un cuerpo multidisciplinario de involucrados en diferentes aspectos ambientales permitirá presentar un mejor frente a los intereses que giran alrededor de la protección y cuidado de las diversas componentes del ambiente. Tal es el caso de la denominada **nueva ley energética en el país**, donde el papel de los institutos de investigación competentes en temas incidentes en el agua subterránea deben acercarse para en conjunto mejorar su comprensión. Temas que resultan avasalladores a la extracción del agua subterránea como lo es la agricultura e industria, y ahora por la creciente explotación minera. La comunidad científica se está expresando en distintos foros, pero en forma separada, lo que resulta en nada más cercano para volver a repetir errores que México y Latinoamérica han venido haciendo constantemente, es necesario darse cuenta de la necesidad del potencial reducido de fomentar el cambio solos.

Un esquema propuesto de inicio de acciones fue buscar un foro de discusión de los resultados obtenidos en el Coloquio en paneles colectivos con la participación de los actores gubernamentales involucrados en la toma de decisión y que también se incluya a miembros de las cámaras de diputados y senadores (en ámbitos, local y Federal). Esto a fin de lograr un mayor ejercicio participativo para involucrar a la ciudadanía, a tomadores de decisión y académicos bajo un nuevo marco legislativo e institucional y avanzar en la búsqueda y aplicación de soluciones.

Otro aspecto de gran interés a la política nacional de desarrollo y ordenamiento territorial fue la propuesta de insistir con las autoridades del caso, incluye universidades y cámaras de Diputados y Senadores, para incentivar la implantación de investigación y aplicación en México en materia de los Sistemas de Flujo del Agua Subterránea. Así, se considera que las instituciones comprometidas con el desarrollo de investigación moderna como el CONACyT, tienen un papel fundamental en la responsabilidad de la política de desarrollo nacional, por lo que se buscará abordar el proceso que resulte necesario para que el CONACyT incentive la investigación en agua subterránea aplicando la metodología de los sistemas de flujo.

Así, se buscará realizar pláticas con las comisiones competentes de la Cámara de Diputados y del Senado de la República sobre la factibilidad de introducir a niños y niñas desde el nivel Primaria, principios básicos del agua subterránea. Así, se buscará sostener pláticas con representantes académicos de las facultades de Ciencias, Ingeniería, Geografía, Ciencias de La Tierra, Economía, Veterinaria, Derecho, Biología, Medicina, Odontología, Agronomía; Institutos de Ecología, Ingeniería, Geografía, Economía, Jurídicas, Geología, Geofísica, para que se presenten programas de enseñanza sobre agua subterránea *ad hoc* a las condiciones particulares de cada una de las instituciones.

Como apoyo por parte de la comunidad universitaria a los no-especialistas en agua subterránea se creará una red académica en materia de la enseñanza y aplicación de la metodología de los



Sistemas de Flujo del Agua Subterránea donde participen y soliciten apoyo actores, que así lo deseen, provenientes de instituciones educativas y de investigación, gubernamentales, y de la sociedad civil. Para esto se abrirá una red o fórum por medio de una liga informativa, en la PAOT y en Instituto de Geografía (www.paot.org.mx y www.igeograf.unam.mx/sigg/aguasubterranea) que contendrá la información relacionada con el Coloquio a la cual se le irá sumando la que se genere por la participación activa de quienes así lo deseen. Esto permitirá que se continúe trabajando en la búsqueda del planteamiento correcto a las respuestas ambientales observadas en campo y enmarcar la viabilidad de su control. En otras palabras, se continuará promoviendo el cambio de visión del agua subterránea hacia el entender su funcionamiento como la llave a la solución y control a las respuestas ambientales negativas observadas, y sobre todo, a las que están por venir.



1.6 Referencias

- Arrojo, P. 2006. El Reto ético de la nueva cultura del agua, funciones, valores y derechos en juego. España.
- ITESO, Grupo de Estudio del Agua (2011). La Gestión Integral del Recurso Hídrico: Introducción. Documento no publicado, avance de estudio de investigación.
- Moriarty, P; Butterworth, J; Batchelor, C. 2006. La gestión integrada de los recursos hídricos. Wageningen, NL, IRC. 49 p.
- Sánchez, L E. (2011). Evaluación de Impacto Ambiental, Conceptos y Métodos Bogotá, Colombia: Digiprint Editores, E.U.
- Tóth, J (1963) A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins. *Journal of Geophysical Research*, 68(16):4795-4812. Reprinted In *Physical Hydrogeology; Benchmark Papers in Geology*, ed R. A.
- Tóth, J (1970) A conceptual model of the groundwater regime and the hydrogeologic environment. *Journal of Hydrology*, 10(2):164-176.
- Tóth, J. (1995). Hydraulic continuity in large sedimentary basins. *Hydrogeology Journal*, 3-4:4-16
- Tóth, J. (2000). Las aguas subterráneas como agente geológico: causas, procesos y manifestaciones. *Boletín Geológico y Minero de España*, 111(4):9-26
- Tóth, J. (2008). From the artesian paradigm to basin hydraulics. Eötvös Loránd University. Institute of Geography and Earth Sciences. Hungary, pp 103



Anexo A, descripción del Coloquio Agua Subterránea en México

La respuesta de la convocatoria fue excelente con más de 70 resúmenes recibidos para su evaluación, de los cuales 57 fueron escogidos mediante un proceso de incógnito con un panel de 12 árbitros internacionales que estuvieron activamente involucrados. En las discusiones se tuvo la participación de cuatro expertos internacionales, tres de Colombia (universidades Católica de Bogotá, Nacional en Medellín, y la De Los Andes) y uno de España (Universidad de Almería).

Del Coloquio sobresalen acciones iniciales propuestas relacionadas con: *i*) la capacitación de profesionales involucrados en el **muestreo de agua** (con los Institutos de Ingeniería y de Geografía de la UNAM); *ii*) la definición de las **unidades hidrogeológicas granulares** (con el Instituto Nacional de Estadística e Información Geográfica (INEGI) y de la UNAM el Centro de Geociencias, e institutos de Geología y Geografía), y la participación del **Senado de la República** en relación con la revisión del concepto de “**Juez y Parte**” que ha venido jugando la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA); y *iii*) la formación de un **Cuerpo Asesor en Agua Subterránea** para apoyar a los no especialistas a los que su labor profesional los lleva a temas relacionados con el agua y el ambiente.

Un concepto fundamental que captó comentarios de preocupación fue que la política planificación hidrológica que sobre agua se maneja en México debe tener como objetivos principales a garantizar: *i*) el acceso al agua, en condiciones adecuadas con cantidad y salubridad para toda la población, independientemente de su nivel económico con una especial atención a los menos favorecidos económicamente así como a población indígena; *ii*) la recuperación de los ecosistemas dependientes del agua subterránea; *iii*) una adecuada política de gestión de **situaciones climáticas extremas** tendente a minimizar los errores que frecuentemente suceden cuando se planifica bajo la tensión añadida de estas situaciones extremas, enmarcadas en el contexto del **Cambio Global**. Para el caso que nos ocupa, las situaciones denominadas de **sequía** son proclives a favorecer desastres ecológicos y económicos por lo precipitado de las decisiones tomadas en escenarios de “*extrema urgencia*”. Estas consecuencias serían menos graves si durante los períodos más húmedos se definen políticas de actuación para una situación de sequía. Las condiciones de máxima pluviosidad e inundación, también deberían ser objeto de estudio con el fin de mitigar los efectos negativos y convertir en oportunidad lo que es algo que *a priori* se considera negativo. La investigación inicial en materia de los Sistemas de Flujo del Agua Subterránea resalta como una de las acciones prioritarias a desarrollar e impulsar por los tres niveles de gobierno. En efecto, la investigación a realizar implica la toma deseable de datos, entre los que destaca la carencia de datos isotópicos tanto de isotopos estables como de radiactivos, incluyendo no sólo del agua de fuentes superficiales y subterránea, sino de la lluvia, información que es un referente activo del funcionamiento del ciclo hidrológico y de los cambios inducidos por el hombre en el ambiente. Datos que requieren ser incluidos en programas de monitoreo a nivel nacional, por ejemplo para formar un catálogo (Atlas) o/y plataforma de datos para su consulta. También se ha considerado la urgencia de planificar la creación de **Atlas de Riesgo a nivel municipal**, lo cual requiere de la interacción de especialistas sobre diferentes especialidades para definir y proponer soluciones a problemas causados por respuestas ambientales como las inundaciones, hundimientos, etc.

ⁱ Impacto ambiental: Alteración de la calidad ambiental resultante de la modificación de procesos naturales o sociales provocada por la acción humana. 1998^a citado en Sánchez Enrique Luis 2011.

ⁱⁱ Para fines de este documento se entiende por *ambiente* con una definición amplia, que incluye a los componentes **físico-químicas, biológicas, visuales, culturales y socioeconómicas** del ambiente global (IAIA, 2009).

ⁱⁱⁱ Para fines del presente, definimos la dinámica ambiental del agua subterránea como el conjunto de interacciones, y sus impactos (reacciones), de todas y cada una de las relaciones con las componentes existentes y posibles del ambiente que incluye a la sociedad. utilizando como sinónimo *dinámica socio-ambiental*.

^{iv} Para fines de este documento se entiende por *ambiente* con una definición amplia, que incluye a los componentes **físico-químicas, biológicas, visuales, culturales y socioeconómicas** del ambiente global (IAIA, 2009).

^v Para fines del presente, definimos la dinámica ambiental del agua subterránea como el conjunto de interacciones, y sus impactos (reacciones), de todas y cada una de las relaciones con las componentes existentes y posibles del ambiente que incluye a la sociedad. utilizando como sinónimo *dinámica socio-ambiental*.

^{vi} Acordado en el 5º Foro Mundial del Agua, celebrado en Estambul (Turquía) en el año 2009.

^{vii} De acuerdo con la ONU, el acceso a cuotas básicas de agua potable necesarias para una vida digna, como derecho humano, oscilan entre 30 y 40 L/persona/día.

^{viii} El concepto de ciudadanía se extiende a todo el ámbito social, tanto en el medio urbano como en el rural.

^{ix} Según la OMS a la cantidad adecuada de agua para consumo humano de 50 L/persona-día, debe sumarse el aporte necesario para la agricultura, la industria y la necesaria conservación de los ecosistemas acuáticos, fluviales y, en general, dependientes del agua dulce, considerándose una cantidad mínima de 100 L/persona-día como un derecho humano.

^x LAN: Publicada en 1992 y reformada en el 2004

^{xi} En una unidad hidrogeológica -entendida ésta como el conjunto de estratos geológicos hidráulicamente conectados entre sí, cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales subterráneas-, es el volumen medio anual de agua subterránea que puede ser extraído de esa unidad hidrogeológica para diversos usos, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas. Ley de Aguas Nacionales, Título primero, **Disposiciones Preliminares, Capítulo Único**.

^{xii} Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Artículo Cuarto, adicionado mediante el decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 8 de febrero del 2012.



Anexo B, Fotos del Coloquio (a, Inauguración; b, Clausura; c, Participantes)



a) INAUGURACIÓN (de izquierda a derecha): Lic. **Adriana Rivera Cerecedo**, Secretaria Técnica de la Comisión de Cambio Climático del Senado de la República; Ing. **Marco Antonio Salas Salinas**, Subcoordinador de Gestión Integrada del Agua, IMTA; Lic. **Miguel Ángel Cancino**, Procurador Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F.; Dr. **Álvaro López**, Sec. Académico, Instituto de Geografía, UNAM; Dr. **Manuel Mendoza Cantú**, representante del CIGA-UNAM.



b) CLAUSURA (de izquierda a derecha) Ing. **Rubén Chávez Guillén**, Gerente de Aguas Subterráneas, CONAGUA; Lic. **Luis Javier Aguilar Montiel**, Director de Estudios, Dictámenes y Peritajes de Protección Ambiental (PAOT); Dr. **Omar Moncada Maya**, Director Instituto de Geografía, UNAM; Ing. **Marco Antonio Salas Salinas**, Subcoordinador de Gestión Integrada del Agua, IMTA; Lic. **Adriana Rivera Cerecedo**, Secretaria Técnica de la Comisión de Cambio Climático del Senado de la República.



c) Participantes al Coloquio Agua Subterránea en México