

---

## **“Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua”**

### **DEMANDAS DEL SECTOR**

#### **Convocatoria CONAGUA–CONACYT 2010-01**

#### **Área 4, Gestión Integrada del Agua**

Las presentes Demandas del Sector forman parte de la Convocatoria CONAGUA-CONACYT 2010-01, las cuales complementan la información descrita en las Bases de Convocatoria del “**Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua**”, emitida el 20 de abril de 2010-01, por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

De esta forma la CONAGUA y el CONACYT, con fundamento en lo dispuesto en la Ley de Ciencia y Tecnología y en el marco del Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2007-2012, apoyarán proyectos que generen el conocimiento requerido en materia de agua, que atiendan los problemas, necesidades u oportunidades del sector, consoliden los grupos de investigación y de tecnología, fortalezcan la competitividad científica y tecnológica de las empresas e instituciones relacionadas con el Sector Agua, y promuevan la creación de nuevos negocios a partir de la aplicación de conocimientos y avances científicos y tecnológicos.

Para el cumplimiento de este propósito, el Comité Técnico y de Administración del “Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua”, ha definido las áreas estratégicas en las cuales se podrán presentar propuestas de investigación científica y tecnológica, que respondan a las demandas específicas del Sector Agua. El presente documento, aborda el área:

#### **4. Gestión Integrada del Agua**

La descripción de las modalidades y normatividad a las que se sujetarán las demandas específicas del Sector Agua, se describen en los Términos de Referencia que forman parte de la presente Convocatoria 2010.

A continuación se describe el contexto técnico y las necesidades que deberán abordar las propuestas de investigación científica y tecnológica para atender dichas demandas.

---

## **“Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua”**

### **DESCRIPCIÓN**

#### **ÁREA 4. GESTIÓN INTEGRADA DEL AGUA**

**Demanda 4.1 Investigar y modelar la cantidad y calidad del agua en la región fronteriza México – Estados Unidos de América con enfoque al control de las descargas de aguas residuales.**

#### **Antecedentes**

A partir de 1996, con la suscripción del Acta 294 de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA), la aportación de importantes montos en subsidios tanto de los tres órdenes de gobierno de México, como de los Estados Unidos de América, a través de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés), y el apoyo de las agencias creadas, Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) y el Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN), se impulsó de manera importante el desarrollo de infraestructura de agua potable y saneamiento en la franja fronteriza México-Estados Unidos. Además de la participación de la CONAGUA y los organismos estatales y municipales de agua. La COCEF, participa en el desarrollo de proyectos mediante la certificación de los mismos, con base en el cumplimiento de requisitos, y el apoyo mediante asistencia técnica. Por su parte, el BDAN se encarga del financiamiento de proyectos mediante créditos y la administración de los recursos del Fondo de Infraestructura Ambiental Fronterizo (BEIF, por sus siglas en inglés), de la EPA, para los proyectos que cumplan con los criterios de elegibilidad y priorización.

En septiembre de 2000, mediante la suscripción del Memorándum de Entendimiento entre la EPA y CONAGUA, y el Acta 304 de la CILA, se formaliza el Programa de Inversiones Conjuntas para Proyectos de Infraestructura de Agua Potable y de Saneamiento para las Poblaciones en la Franja Fronteriza entre México y los Estados Unidos de América. Así mismo, se establecen los compromisos de recursos de ambos países y los mecanismos de coordinación del programa así como el registro de las aportaciones.

Mediante dichos instrumentos la EPA muestra su interés en apoyar con recursos del BEIF a proyectos fronterizos de agua y saneamiento en México en una franja de 100 km a lo largo de la frontera entre los dos países.

El Programa conjunto ha alcanzado un gran éxito de manera que ante los requerimientos de fondos, los recursos disponibles no son suficientes para atender la demanda de apoyos por parte de las comunidades fronterizas. A fin de poder solicitar una mayor cantidad de recursos para este programa, es necesario llevar a cabo la evaluación del avance y los resultados este programa de inversiones conjuntas con EPA.

Uno de los elementos más importantes de la contaminación de los cuerpos de agua nacionales se asocia a las descargas de aguas residuales municipales y no municipales que se vierten de

---

## **“Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua”**

manera directa o indirecta a través de sus afluentes. Por lo que es necesario realizar una evaluación de la calidad del agua en los cuerpos de agua y en sus afluentes de tal manera que se cuente con la información suficiente y necesaria de calidad del agua que permita por una parte determinar las tendencias de deterioro y por otro lado determinar la capacidad de asimilación y dilución de los contaminantes que permita elaborar una Declaratoria de la clasificación del cuerpo de agua a través de la simulación de la calidad del agua bajo diferentes escenarios, la cual, se debe llevar a cabo con modelos matemáticos, que incluyan diversos parámetros, tales como oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, nutrientes, y coliformes, tóxicos, entre otros.

La Declaratoria de Clasificación de los Cuerpos de Agua Nacionales es un instrumento técnico y legal mediante el cual la CONAGUA determina su capacidad de asimilación y dilución, las metas de calidad del agua y los plazos para alcanzarlas y los límites máximos de descarga que se deben dar en éstos. Se fundamentan en el artículo 118 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y en el artículo 87 de la Ley de Aguas Nacionales. Asimismo, la CONAGUA, para otorgar los permisos de descarga, en los cuales se fijan las condiciones particulares de descarga, toma en cuenta la clasificación de los cuerpos de aguas nacionales.

El modelo debe contener una serie de herramientas que suministren la información hidrológica y de calidad del agua necesaria en un formato estándar, permitiendo la interconexión entre diferentes características hidrológicas, tales como ríos, cuerpos de agua, áreas de drenaje, etc. Una de las principales ventajas del sistema a desarrollar debe ser el soporte para un análisis automático y complejo. Cabe aclarar que el sistema debe tener una estructura de datos que sirva de soporte a los modelos de simulación, pero no un modelo de simulación en si. La simulación hidrológica y de calidad del agua se debe llevar a cabo mediante el intercambio de información con cualquier otro modelo de simulación independiente, mediante el uso de ligas dinámicas basado en programación orientada a objetos.

### **Objetivo General**

Obtener la caracterización y modelado de cantidad y calidad del agua del río Bravo y sus tributarios en la región comprendida desde la presa Falcón hasta Matamoros en la zona fronteriza México – Estados Unidos de América.

### **Objetivos Específicos**

- Caracterizar la calidad del agua (física, química y biológicamente) y medir el caudal del cuerpo de agua, sus afluentes y las descargas de aguas residuales, así como de otras fuentes puntuales de contaminación.
- Elaborar un diagnóstico de la situación actual de calidad del agua del cuerpo de agua, afluentes y fuentes puntuales de contaminación (descargas de aguas residuales).
- Modelar matemáticamente la calidad del agua del cuerpo de agua.
- Realizar un análisis de riesgo sanitario-ambiental causado por la situación actual de la calidad del cuerpo de agua.

---

## “Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua”

### Metas

- En la época crítica de contaminación (temporada de estiaje), realizar tres campañas de muestreo y aforo en el cuerpo de agua y sus afluentes, y dos campañas de muestreo y aforo en las descargas de aguas residuales municipales e industriales.
- Integrar un diagnóstico de calidad del agua del cuerpo de agua que interrelacione toda la información histórica y la obtenida en el estudio.
- Calibrar un modelo matemático de calidad del agua y realizar la simulación con diversos escenarios de remoción de contaminantes en las descargas y de caudal en el cuerpo de agua.
- Proporcionar la información que permita contar con el anteproyecto de la declaratoria de clasificación del cuerpo de agua que incluya lo establecido en la Ley de Aguas Nacionales.

### Comparación con las metas del Sector

De acuerdo con la nueva política ambiental de México, que promueve la integralidad del medio ambiente, el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PSMAyRN), está vinculado con el programa institucional de la CONAGUA (Programa Nacional Hidráulico 2007-2012) y son complementarios en cuanto a su visión, estrategia y funcionamiento.

Las metas del presente estudio están asociadas al Programa Estratégico 1 del PSMAyRN que establece: Detener y revertir la contaminación de los sistemas que sostienen la vida (agua, aire y suelos).

Entre los objetivos que establece este Programa Estratégico 1, y que están vinculados con el presente trabajo están:

- Detener y revertir la contaminación de los recursos agua, aire y suelo con el propósito de garantizar su conservación para las generaciones futuras.
- Asegurar el manejo integral del agua, aire y suelo.
- Asegurar el cumplimiento de leyes, normas y reglamentos ambientales.
- Recuperar cauces de ríos, lagos, cuencas hidrológicas y mantos acuíferos de fuentes de contaminación.

Las metas del Sector que son comparables con las del presente estudio son:

- Tratar el 65% de las aguas residuales generadas en los centros urbanos e industriales y lograr que el 100% de esta agua cumpla con la normatividad.
- Lograr el manejo integral y sustentable del agua en cuencas y acuíferos.

---

## **“Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua”**

### **Actividades y Metodología de Trabajo.**

#### **Evaluación Prospectiva de la Zona de Estudio.**

Se realizará una visita prospectiva a la zona de estudio donde se identificarán el cuerpo de agua y sus afluentes, los aprovechamientos, las fuentes puntuales de contaminación y los sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales. Se seleccionarán el número y ubicación de los sitios de muestreo y aforo y se procederá a la determinación de sus coordenadas de ubicación, incluyendo la altitud, mediante un geoposicionador con una aproximación menor a cuatro metros. Se identificarán los accesos a los sitios de muestreo y aforo y se estimarán los tiempos para desarrollar las actividades de muestreo y aforo. La selección de las estaciones se realizará en coordinación con personal de la CONAGUA. Se establecerán contactos con autoridades locales, Organismos Operadores, Direcciones Locales y/o Organismos de Cuenca de la CONAGUA o particulares, para la realización de los trabajos.

Con base en la información de campo se seccionará el cuerpo de agua en zonas. Esta visita se realizará una vez hecha la revisión, en gabinete, de los antecedentes sobre la ubicación del cuerpo de agua y afluentes y localización de las principales descargas municipales y no municipales.

En la visita prospectiva y en las campañas de muestreo y aforo se deberán tomar fotografías con cámara digital de los sitios de muestreo en el cuerpo de agua, sus afluentes y de las descargas de aguas residuales municipales y no municipales, así como de los trabajos de campo a realizar. Dichas fotos integrarán un anexo del informe final y deberán entregarse también en medio magnético.

#### **Recopilación de Información.**

Se recopilará información general (hidrografía, geología, topografía, uso del suelo, vegetación, fauna), hidrométrica, de calidad del agua, de infraestructura hidráulica y de saneamiento y socioeconómica del área de estudio. Se localizarán las declaratorias de propiedad nacional del cuerpo de agua en estudio y sus principales afluentes, publicadas en el Diario Oficial de la Federación.

Identificar todas las estaciones hidrométricas que se ubican en el cuerpo de agua y sus afluentes y en particular aquellas que coinciden con las estaciones de monitoreo de la calidad del agua. La información hidrométrica debe incluir la que contiene la última versión del programa BANDAS elaborado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). La información de población y actividades económicas debe obtenerse de la generada por el INEGI. La información climatológica (precipitación, presión, altura y temperatura), de coberturas de agua potable, alcantarillado y saneamiento debe ser la que genera la CONAGUA y complementada, en su caso, con la del INEGI; en el caso de la información climatológica se deberá consultar la reportada en la última versión del programa denominado ERIC, editado por

---

## **“Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua”**

el IMTA. La cartografía digital debe estar actualizada y corresponder a la que maneja INEGI, en ArcView 9.x en archivos shp, en escala 1:250,000 o 1:50,000. La información de las descargas de aguas residuales e infraestructura de saneamiento e hidráulica debe consultarse de los inventarios que elabora la CONAGUA. La información correspondiente a la hidrografía, geología, topografía, uso del suelo, vegetación y fauna, se tomará de la que genera el INEGI o en su caso de otras dependencias del Gobierno o Centros de Enseñanza Superior e Investigación que puedan contar con ella.

Se deberán adquirir dos ejemplares de las cartas topográficas de INEGI 1:50,000 para ubicación del cuerpo de agua, sus afluentes y poblaciones de la cuenca correspondiente y/o sus correspondientes modelos digitales de elevación de INEGI.

La información de calidad del agua se recopilará de la base de datos del Sistema de Información de la Calidad del Agua (SICA) de la CONAGUA. La información específica sobre los sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales, en cuanto a los procesos y eficiencias de operación y remoción de contaminantes, se obtendrá con el organismo operador de cada uno de ellos.

La información histórica de calidad del agua, saneamiento, hidrométrica y climatológica debe corresponder a los últimos diez años.

### **Programa de Muestreo y Aforo.**

Se elaborará el plan de muestreo y aforo de cada una de las campañas de monitoreo el cual debe incluir los siguientes aspectos: croquis o mapa de la zona de estudio con la ubicación de los sitios de muestreo y sus nombres; calendario con fecha y hora de inicio de los trabajos diarios y de la entrega de muestras al o los laboratorios; parámetros a evaluar en campo y toma de muestras; el número de brigadas con los nombres de sus integrantes y las actividades que desarrollará cada uno; lista de material, equipos (marca y modelo) y reactivos a ocupar (marca y fecha de caducidad); copia de los formatos de registros de campo y cadena de custodia. Cada plan se entregará al personal de la CONAGUA, para su revisión y aprobación, dos semanas antes del inicio de cada campaña. En caso de no entregarse dicho plan, la CONAGUA se reserva el derecho de rechazar el muestreo y aforo de dicha campaña, debiendo realizarse nuevamente. Se debe entregar un informe de los trabajos de muestreo y aforo, el cual incluya los siguientes puntos: clave del sitio de muestreo, nombre del sitio de muestreo, fecha del muestreo, hora del muestreo, resultados de la medición de los parámetros de campo, coordenadas geográficas de ubicación, altitud y fotografías de los sitios de muestreo debidamente identificadas.

### **Campañas de Muestreo y Aforo. Análisis de Muestras.**

Se llevarán a cabo tres campañas de muestreo y aforo en el cuerpo de agua y sus afluentes y dos campañas de muestreo y aforo en las fuentes puntuales de contaminación. Se realizarán los análisis de los parámetros físicos, químicos, biológicos, microbiológicos y toxicológicos de las muestras de agua del cuerpo de agua en la parte a clasificar y de sus afluentes, así como de

---

## **“Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua”**

las fuentes puntuales de contaminación de acuerdo a la normatividad vigente y de acuerdo a los giros industriales presentes. Cabe mencionar que en todos los casos, incluyendo los aprovechamientos o derivaciones de agua de los cuerpos de agua, se deberá llevar a cabo la determinación del caudal.

Los muestreos se realizarán en todos los puntos seleccionados en una visita prospectiva, y de conformidad con el personal de la CONAGUA sobre el cuerpo de agua, afluentes y fuentes puntuales de contaminación. En todos los casos los parámetros a determinar o analizar son: pH, temperatura del agua y del aire, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, cloro residual, turbiedad, alcalinidad, demanda bioquímica de oxígeno a 5 días, demanda química de oxígeno, cianuros, sólidos totales, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales, nitrógeno en todas sus formas (amoniacal, orgánico, nitratos, nitritos y total), fósforo total, fósforo orgánico, fósforo disuelto y ortofosfatos, grasas y aceites, dureza, materia flotante, color, cloruros, sulfatos, sustancias activas al azul de metileno, coliformes totales y fecales, arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo, zinc, fenoles y toxicidad (*Vibrio fisheri* y *Daphnia magna*). En caso de ser necesario se incluirán compuestos orgánicos volátiles y no volátiles e inorgánicos adicionales, de acuerdo a las características de las descargas y los giros industriales ubicados en la región, así como las actividades agrícolas más importantes.

Los aforos se realizarán en los sitios de muestreo del cuerpo de agua, sus afluentes, aprovechamientos y/o derivaciones de agua y en las fuentes puntuales de contaminación. El aforo y muestreo de las fuentes puntuales de contaminación será compuesto de 24 horas, conforme a la NOM-001-SEMARNAT-1996. Es importante resaltar que el muestreo y aforo en cada punto deberán de realizarse de manera simultánea. Asimismo, se determinarán los parámetros ambientales requeridos por el modelo matemático (tales como presión atmosférica, temperatura de bulbo seco y de bulbo húmedo, etc.), así como las características hidráulicas del cuerpo de agua (área de la sección transversal, velocidad del agua, profundidad, pendiente, rugosidad, etc.) y se correlacionará el caudal con la velocidad media y la altura.

Los trabajos de monitoreo y análisis de calidad del agua deberán ser realizados por laboratorios y personal acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación, A.C. (EMA) y aprobado por la CONAGUA. En la propuesta técnica se deberán presentar los documentos que comprueben dichos requisitos.

Las técnicas y los límites de cuantificación que reporten el o los laboratorios que realicen las pruebas, deberán permitir evaluar los resultados con respecto a los valores más exigentes establecidos en los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CE-CCA-001/89), para el caso del cuerpo de agua, sus afluentes y descargas de aguas residuales. Además, indicarán en cada reporte de resultados, los valores de certidumbre, los límites de detección y de cuantificación, los valores del intervalo de trabajo y el mínimo cuantificable (para los métodos no instrumentales).

Por otro lado, se deberá llevar a cabo la determinación de la ubicación geográfica (coordenadas UTM y geográficas), incluyendo la altitud, mediante un geoposicionador con una aproximación menor a cuatro metros, de los sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales ubicadas en el área de estudio y se tomarán fotografías digitales de los mismos.

---

## **“Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua”**

### **Análisis y Evaluación de la Información.**

Se realizarán análisis estadísticos de la información histórica y la información producto de este estudio para evaluar la calidad del agua y su problemática de contaminación. Con relación a la información histórica de calidad del agua calcular los estadísticos: máximo, mínimo, promedio, promedio ponderado, error estándar, desviación estándar, percentiles 10, 25, 75 y 90, límites de confianza y la mediana, de cada uno de los parámetros de calidad del agua, por estación de monitoreo, por año y por época de lluvias y estiaje. La evaluación y análisis se hará con base en los CE-CCA-001/89 o estándares o criterios internacionales y utilizando los indicadores de calidad del agua correspondientes a la DBO<sub>5</sub>, DQO, coliformes fecales y nutrientes (nitrógeno y fósforo), y otros definidos por la CONAGUA.

Para el caso de la información hidrométrica realizar una evaluación y análisis histórico de la hidrometría del cuerpo de agua y sus afluentes, a partir de los promedios mensuales, estacionales y anuales. Determinar los 7 días consecutivos con el promedio más bajo de precipitación en los últimos 10 años. Determinar los gastos ecológicos del cuerpo de agua y sus afluentes, a partir de la metodología establecida en el anteproyecto de Norma correspondiente, elaborado por la CONAGUA.

Por último, la evaluación y análisis de la eficiencia de remoción de contaminantes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales, se hará a partir de la información de calidad del agua con que cuenten dichos sistemas y que sea proporcionada por el organismo operador correspondiente. Se describirán los trenes de tratamiento de aguas residuales y de lodos, las características de éstos, su producción diaria y su disposición final. Se mencionarán los productos químicos y las dosis utilizadas en el tratamiento.

Con respecto a la información de calidad y cantidad obtenida en el presente estudio, se deben calcular los siguientes estadísticos (máximo, mínimo, promedio, promedio desviación estándar y mediana). Determinar el caudal promedio mensual que se registra en las estaciones hidrométricas correspondiente al mes en el que se realizó el muestreo.

La evaluación actual de la calidad del agua del cuerpo de agua y sus afluentes se realizará con base a los resultados del monitoreo, los usos del agua y los CE-CCA-001/89. Para los parámetros no definidos en los CE-CCA-001/89, se utilizarán los criterios o estándares de otros países, para lo cual se realizará una investigación bibliográfica para recopilación de dichos límites máximos y se elaborará un cuadro comparativo. Así mismo, se hará una evaluación a partir de indicadores de calidad del agua como son la DBO<sub>5</sub>, DQO, coliformes fecales y nutrientes (nitrógeno y fósforo) y otros definidos por la CONAGUA.

Se evaluará el cumplimiento de las descargas de aguas residuales con los límites máximos permisibles de contaminantes establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996, con base en los resultados del monitoreo de las descargas y los usos del agua del cuerpo de agua.



---

## **“Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua”**

Se determinará la carga contaminante descargada por parámetro, grupos de parámetros, por descarga y tipo (municipal, no municipal, que incluye el desglose en industrial por giro y servicios) y por zona del cuerpo de agua. Este cálculo se realizará con todos los parámetros cuya concentración se expresa en mg/l.

Se determinará la tasa de crecimiento y el incremento de la población, por periodos de cinco años, de las localidades más importantes, ubicadas cerca al cuerpo de agua.

Se estimará el crecimiento de las descargas de aguas residuales municipales y no municipales, con base a los resultados de la estimación del crecimiento de la población y los planes de crecimiento de las descargas no municipales, respectivamente.

Se elaborará una base de datos con los resultados obtenidos del estudio de acuerdo a las indicaciones de la CONAGUA.

### **Diagnóstico de Calidad del Agua.**

Se elaborará un diagnóstico de la calidad del agua con base en los análisis y evaluación de la información histórica y la obtenida en el estudio. El diagnóstico de calidad del agua deberá incluir las tendencias de calidad del agua del cuerpo de agua y sus afluentes, disponibilidad del agua en función de los usos del recurso y la calidad actual del mismo, principales fuentes de contaminación del cuerpo de agua, cargas contaminantes vertidas a éste, por las diversas fuentes puntuales de contaminación, el posible efecto de las fuentes difusas de contaminación y la geología de la zona de estudio.

Realizar la representación gráfica de los índices o indicadores calculados y representación cartográfica de los siguientes aspectos: cuenca e hidrografía (considera el y/o los cuerpo(s) de agua clasificado(s); hidrografía, municipios, localidades, estaciones de monitoreo y división de los cuerpos de agua por zonas; hidrografía, estaciones de monitoreo (estaciones hidrométricas y estaciones de la RNM) y descargas de aguas residuales; hidrografía, plantas de tratamiento de aguas residuales y descargas de aguas residuales con fotografías; hidrografía y riesgo sanitario-ambiental; e hidrografía e indicadores de calidad del agua, entre otros.

Se incluirán los resultados de las evaluaciones de la eficiencia de remoción de contaminantes de los procesos de tratamiento de aguas residuales. Se incluirá un análisis que indique si la calidad del agua del cuerpo de agua es consecuencia de las fuentes puntuales de contaminación y el manejo del recurso del propio cuerpo de agua o se deben considerar otras fuentes de contaminación. En el diagnóstico se debe hacer mención de los principales contaminantes encontrados en los cuerpos de agua y aquellos que son vertidos por fuentes puntuales de contaminación, y sus posibles efectos a la salud y al ecosistema.

### **Modelación Matemática de Calidad del Agua.**

El modelo matemático propuesto para este estudio, debe estar fundamentado, teniendo en cuenta lo siguiente: alcances y limitaciones, hipótesis en las que se basa, parámetros (del agua,

---

## **“Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua”**

del cuerpo de agua y el ambiente) y expresiones matemáticas que utiliza para la simulación matemática, calibración, aplicación que ha tenido en otros cuerpos de agua de características similares, cómo presenta y almacena los resultados, cómo resuelve las expresiones matemáticas utilizadas e intervalos de tiempo de simulación. Se puede optar por utilizar los modelos matemáticos empleados en la CONAGUA.

Dicho modelo matemático, como aplicación o sistema de información, deberá ser implantado en el equipo de cómputo que designe la CONAGUA, para la operación y actualización de información de calidad del agua, por parte de ésta.

Se ordenarán los resultados determinados en campo y laboratorio, por cada zona en que se dividió el cuerpo de agua y sus afluentes. Se obtendrán los promedios ponderados de los parámetros (físicoquímicos, microbiológicos y en su caso toxicológicos) que se utilizarán en el modelo matemático, para cada una de las zonas en que fue dividido el cuerpo de agua y sus afluentes.

Se hará la representación esquemática del cuerpo de agua y sus afluentes, con toda la información utilizada por el modelo matemático, para la simulación de escenarios de la regulación de las descargas y variación en el caudal del cuerpo de agua.

En el proceso de modelación matemática se procederá a calibrar el modelo con los datos obtenidos en las campañas de muestreo y aforo en el cuerpo de agua, sus afluentes y fuentes puntuales de contaminación. Se determinará la capacidad de asimilación y dilución del cuerpo de agua, en cada zona, incluyendo datos, resultados y memoria de cálculo detallada.

Se analizará y se presentarán de manera gráfica los resultados de la simulación de los escenarios de regulación de las descargas de aguas residuales, necesarios para determinar los límites máximos permisibles de contaminantes en ellas. Entre los escenarios a considerar están el cumplimiento de las descargas con la NOM-001-SEMARNAT-1996, diferentes porcentajes de remoción de contaminantes en las descargas de aguas residuales, metas de calidad del agua superiores al uso actual del cuerpo de agua (Ley Federal de Derechos en Materia de Agua) y modificación en el gasto de las descargas de aguas residuales y el caudal en el cuerpo de agua.

Presentación en forma tabular y gráfica de los resultados del modelo matemático, correspondientes a las metas de calidad del agua a alcanzar en el cuerpo de agua, en cada etapa, la capacidad de asimilación y dilución, porcentaje de remoción y carga de contaminantes que pueda recibir el cuerpo de agua y sus afluentes, en cada una de las zonas en que fue dividido y en su totalidad.

### **Declaratoria de Clasificación.**

Se elaborará la propuesta de anteproyecto de la Declaratoria de Clasificación del cuerpo de agua y sus afluentes, con base en los resultados de la modelación matemática y del análisis de los parámetros de calidad del agua no modelados. La Declaratoria incluirá lo establecido en la

---

## **“Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua”**

versión última del formato correspondiente (será proporcionado por la CONAGUA) el cual incluye, entre otros aspectos, lo siguiente:

Marco legal, considerandos, delimitación de las zonas clasificadas, definiciones, parámetros que deberán cumplir las descargas en el cuerpo de agua, capacidad de asimilación y dilución en el cuerpo de agua por zona, plazos de cumplimiento de los límites máximos, límites máximos de descarga de los contaminantes analizados que pueden recibir el cuerpo de agua y sus afluentes, las metas de calidad en el cuerpo de agua y articulado complementario.

### **Reportes Parciales y Final**

Elaborar los reportes parciales y final para el Sector, de acuerdo a lo establecido en el apartado de Productos Esperados. En el caso del reporte final se elaborarán dos modalidades: en extenso y un resumen ejecutivo no mayor de 10 hojas.

Estos reportes serán independientes a los que solicita el CONACYT como seguimiento de avance.

### **Supervisión y Propiedad de los Trabajos.**

La CONAGUA, a través del personal que ésta designe, llevará a cabo la supervisión del desarrollo de las actividades del estudio. La CONAGUA podrá revisar actividades específicas, tales como muestreos, aforos o análisis de laboratorio, entre otros, y podrá pedir que sean realizados nuevamente en caso de que no se realicen de acuerdo a lo estipulado en esta Demanda.

Toda la información recopilada y generada, así como los resultados obtenidos y productos adquiridos en y para el presente trabajo son propiedad exclusiva de la CONAGUA y serán entregados a ella.

Ni el sujeto de apoyo, ni el personal involucrado directa o indirectamente con la información recopilada y generada, así como los resultados obtenidos y productos obtenidos de los trabajos a desarrollar, podrán usar, divulgar, comercializar o editar parcial o totalmente dicha información, sin previa autorización expresa por escrito de la CONAGUA.

Para el seguimiento de los trabajos de este estudio, la CONAGUA, llevará una bitácora en la que se anotarán los avances y modificaciones de los trabajos que se acuerden entre las partes.

Mientras no sea publicada la Declaratoria de Clasificación la información obtenida en este estudio será considerada como Información Reservada de acuerdo a lo dispuesto por la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental.

---

## **“Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua”**

### **Productos Esperados**

#### **Productos intermedios**

Durante el desarrollo del estudio se entregarán reportes parciales que deberán contener el avance de cada actividad y tomar como base el modelo de contenido propuesto por personal de la CONAGUA y de acuerdo al número de etapas del proyecto. Cabe aclarar que dichos reportes se considerarán como requisito para el pago de la estimación correspondiente.

De cada reporte parcial se entregará una impresión original y una copia, así como en medio magnético. Estos reportes son independientes de los solicitados a través del Sistema en línea del CONACYT.

Los reportes parciales serán revisados por personal de la CONAGUA y se entregarán las observaciones correspondientes para su inclusión, que deberán reflejarse en el informe final.

#### **Productos finales**

Se elaborará un reporte final en extenso y un resumen ejecutivo. El contenido de los mismos deberá cubrir los siguientes capítulos:

- Introducción
- Situación actual del área de estudio
- Metodología
- Resultados
- Análisis y evaluación de la información
- Base de datos y mapa de estaciones hidrométricas
- Base de datos y mapa de sitios de monitoreo
- Diagnóstico de calidad del agua
- Clasificación del cuerpo de agua
- Análisis de riesgo sanitario-ambiental
- Conclusiones y Recomendaciones
- Bibliografía
- Anexos

El contenido de cada capítulo será revisado por personal de la CONAGUA. Se entregará dos ejemplares impresos y una copia en medio magnético del Reporte Final en extenso y del Resumen Ejecutivo. Una vez revisado, se realizará una presentación del mismo en el sitio que designe la CONAGUA. Se deberá incluir en los anexos del reporte final el “Manual para el usuario” del modelo matemático utilizado y se instalará el mismo en un equipo de cómputo que designe el personal de la CONAGUA. Asimismo, se entregará un disco de instalación de dicho modelo y se dará una capacitación al personal para la utilización del mismo.

---

## **“Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua”**

Una vez aprobado el reporte final, se deberá entregar al Sector 10 originales a color impresos, así como 10 respaldos en discos compactos. Para la edición del informe se utilizará Microsoft Office 2007. Todos los archivos deberán entregarse en formato que el sector pueda trabajar directamente con la información. Se deben proporcionar dos juegos originales de las cartas topográficas de INEGI de la zona de estudio en la escala 1:50,000. Se integrarán al reporte final los anexos fotográfico y cartográfico.

Diseñar y entregar cuatro posters originales de tamaño ISO A0 (841 x 1189 mm) con el esquema del cuerpo de agua y sus afluentes, en el que se muestren las zonas y segmentos en que se dividió el cuerpo de agua para su modelación, las distancias, la calidad del agua, problemas de contaminación particulares, fotografías, sitios de muestreo, etcétera. El diseño se realizará en coordinación con el personal de la CONAGUA.

Los productos finales serán de utilidad para presentar ante el Consejo o Comité de Cuenca correspondiente la propuesta de anteproyecto de Declaratoria. Por otro lado, la SEMARNAT y la CONAGUA tendrán información actualizada de la situación del recurso hídrico en la parte de la cuenca del cuerpo de agua clasificado.

### **Base de datos de estaciones hidrométricas**

- Se deberá entregar una base de datos que contenga todas las estaciones hidrométricas de la cuenca hidrológica del río Bravo con sus coordenadas que fueron determinadas durante el recorrido.
- Las coordenadas de cada estación deberán estar en coordenadas geográficas con DATUM ITRF – 92.
- Adicionalmente se deberá entregar un archivo en formato shapefile generado en ArcView 9.1 o posterior, el cual contendrá las estaciones hidrométricas de la base de datos.

### **Base de datos de sitios de monitoreo**

- Se deberá entregar una base de datos que contenga todos los sitios de monitoreo de la cuenca hidrológica del río Bravo con sus coordenadas que fueron determinadas durante el recorrido.
- Las coordenadas de cada estación deberán estar en coordenadas geográficas con DATUM ITRF – 92.
- Adicionalmente se deberá entregar un archivo en formato shapefile generado en ArcView 9.1 o posterior, el cual contendrá los sitios de monitoreo de la base de datos.

### **Insumos que proporcionará la CONAGUA**

La CONAGUA proporcionará los siguientes insumos:

- Información de la Red Nacional de Monitoreo

---

## **“Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua”**

- Inventario Nacional de Descargas de Aguas Residuales
- Inventarios Nacionales de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales
- Información hidrométrica y climatológica (la que no está en los programas ERIC y BANDAS)
- Metodología para el cálculo del caudal ecológico
- Hoja de cálculo para el manejo de los resultados de la modelación matemática
- Normativa en materia de agua
- Formato de Anteproyecto de Declaratoria de Clasificación
- Criterios de interpretación para la DBO5, DQO, Coliformes Fecales y otros.

### **Tiempo requerido para obtención de resultados**

El horizonte de ejecución de los proyectos no deberá exceder de 24 (veinticuatro) meses contados a partir de la fecha de la primera ministración de recursos; 4 etapas de 6 meses cada una.

### **Aspectos adicionales en la evaluación de la propuesta**

Se otorgará mayor peso a las propuestas presentadas por un grupo de trabajo de investigadores que muestre la distribución de tareas y responsabilidades del trabajo, y sus respectivos perfiles multidisciplinarios, respecto a una propuesta de un investigador aislado.

### **Solicitantes y Usuarios de la Información**

Ing. Mario López Pérez  
Gerencia de Ingeniería y Normas Técnicas  
Insurgentes Sur No. 2416; Col. Copilco el Bajo; C.P. 04340, México, D. F.  
[mario.lopezperez@conagua.gob.mx](mailto:mario.lopezperez@conagua.gob.mx)  
Teléfonos: 5174-4000 ext. 1520 y 1521