

# Tratamiento y Calidad del Agua

## Calidad del agua

**A** petición de la SGT de la CNA, se realizaron mediciones en campo con el fin de precisar la eficiencia del producto químico para la reducción de la evaporación denominado *Water\$avr*. La campaña de campo, con duración de un mes, se realizó en la presa Las Escobas, Tam., cuyo embalse abarca una superficie de 4.4 ha. Se llevaron a cabo mediciones de evaporación por dos métodos: el de medición directa por correlación turbulenta y el clásico de medición en tanques evaporímetros tipo "A". Para el primero, en las dos semanas iniciales no se utilizó el producto, mientras que éste fue aplicado en la dosis marcada por el fabricante, en los quince días siguientes. Para el segundo método, se utilizaron dos tanques evaporímetros, uno como testigo sin producto y el otro con el producto *Water\$avr* aplicado cada tercer día, según las especificaciones del fabricante. Los resultados de las me-



EQUIPO DE MEDICIÓN DE EVAPORACIÓN  
POR CORRELACIÓN TURBULENTA

diciones con el método de correlación turbulenta reportan una disminución de la evaporación de 4.1%, que no es significativo, ya que el fabricante del equipo de medición reporta incertidumbres hasta del 10%. En la aplicación del producto en evaporímetros, la eficiencia de la disminución de la evaporación promedio fue de 9.4%. La calidad del agua del embalse no se afectó por la adición del producto y las pruebas de toxicidad en el agua aplicadas a los organismos *Selenastrum capricornutum*, *Vibrio fischeri*, *Daphnia magna* resultaron negativas. En este caso no se alcanzó la reducción del 30% en la evaporación especificada por el fabricante.

Se brindó asesoría a la SGT de la CNA, en la adecuación e implantación de un sistema de calidad que cumpla con la norma NMX-EC-17025-IMNC-2000 *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración*, para cuatro de sus laboratorios regionales (Golfo Centro, Golfo Norte, Noroeste y Pacífico Sur). Para ello se capacitó a su personal en la norma y en el control de calidad analítico aplicable a las pruebas que realiza. Una vez implantado el sistema de calidad en las actividades diarias de los laboratorios, se verificó la aptitud de los mismos para recibir la visita de evaluación por parte de la EMA y, en su caso, obtener el acreditamiento.

## Hidrobiología y evaluación ambiental

*Salvinia molesta* es una especie exótica de reciente introducción a México a través del agua proveniente del Valle Imperial en California que actualmente invade el distrito de riego 014 Río Colorado, B. C.



INFESTACIÓN POR *SALVINIA MOLESTA*  
EN LA LAGUNA DE LAS ILUSIONES



MUESTREO PARA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD  
DEL AGUA MEDIANTE INDICADORES BIOLÓGICOS

Desde su detección en 1999, no se ha logrado su control y manejo efectivos. Asimismo, en Tabasco se detectó la infestación de otra especie de *Salvinia* en la laguna Las Ilusiones. Para atender el problema que genera esta maleza acuática, el IMTA inició el proyecto para la determinación de agentes de control. En su primera etapa, se identificó un insecto específico de la maleza. Se trata del coleóptero *Cyrtobagous salviniae*, de la familia *Curculionidae*, del cual una colonia fue donada al IMTA por el Departamento de Agricultura de EUA e introducida al país con autorización de la Dirección General de Sanidad Vegetal. Con apoyo en pruebas de inspección, cuarentena y análisis de entomopatógenos, se obtuvieron colonias sanas de *Cyrtobagous salviniae*, contando actualmente con la tercera generación utilizada para la cría masiva del insecto. Actualmente se cuenta con 546 insectos sanos para el control biológico de la maleza, así como con dos especies de fitopatógenos *Curvularia* y *Fusarium*, que se están evaluando en laboratorio para determinar su especificidad.

A solicitud de la SGT de la CNA, se realizó la transferencia de métodos para la evaluación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos. Con este fin se capacitó a treinta especialistas de los laboratorios de las 13 gerencias regionales de la Comisión. La capacitación teórica y práctica se realizó tanto en las instalaciones del IMTA como en cinco regiones: Balsas, Golfo Norte, Península de Yucatán, Golfo Centro y Frontera Sur. Para la aplicación de la metodología se eligieron los ríos

Apatlaco, Mor.; Guayalejo, Tam.; Candelaria, Cam.; Los Pescados, Ver., y Cuxtepeques, Chis. Estos métodos permiten evaluar la calidad del agua y constituyen una herramienta de detección de contaminación más económica y sencilla que los análisis convencionales y junto con éstos últimos proporcionan información completa, tanto biológica como fisicoquímica de los problemas de contaminación que afectan a los ríos. También se transfirió a las cinco gerencias regionales el equipo necesario para realizar el análisis con el fin de incorporar esta metodología en la Red Nacional de Monitoreo de la Comisión Nacional del Agua.

Por otro lado, se llevó a cabo la evaluación de la dispersión de contaminantes del emisor submarino de la empresa BASF Mexicana, S.A. de C.V., en la zona costera de Tamaulipas, mediante la aplicación de análisis fisicoquímicos, microbiológicos, de metales pesados, de compuestos orgánicos tales como hidrocarburos aromáticos policíclicos, plaguicidas organoclorados, orgánicos volátiles y semivolátiles, BTEX y de toxicidad. En total se analizaron 93 parámetros, cuyos resultados mostraron que se cumple con la NOM-ECOL-001-1996 y que de los criterios ecológicos de calidad del agua para agua marina (CE-CCA-001/1989), únicamente el nitrógeno amoniacal y los nitritos de la muestra compuesta sobrepasaron el límite máximo permisible de 0.01 mg/l y 0.002 mg/l, respectivamente. La evaluación toxicológica mostró que la descarga no genera efectos agudos o crónicos adversos sobre las especies de prueba correspondientes a los protocolos

estandarizados aplicados. Se recomendó monitorear continuamente la descarga del emisor para asegurar que siga cumpliendo con las normas correspondientes.

A petición de Pemex Refinación, se llevó a cabo la caracterización de los sedimentos del tramo de influencia de la descarga de su planta en Salamanca, Gto. Debido a que en México no existen valores de referencia, los resultados se compararon con las *Guías de calidad de sedimentos de Canadá*. Así, algunos compuestos orgánicos fueron detectados con valores superiores a los límites establecidos en dichas guías. Los compuestos fueron fenantreno, fluoreno, naftaleno y antraceno. Los metales detectados en concentraciones elevadas en el tramo de influencia fueron plomo, vanadio, cromo y cadmio. El impacto de las descargas de aguas residuales industriales de Teckhem, Pemex, CFE y las clandestinas, así como las de Salamanca, Gto., en el tramo evaluado y que afectan la calidad de los sedimentos, resulta en un enriquecimiento antrópico de cerca de 64 veces el valor antecedente para cadmio, con un índice de geoacumulación de cuatro. El tramo presentaba contaminantes orgánicos importantes desde antes de las descargas de Pemex, presumiblemente procedentes de fuentes difusas. Por las características del estudio, la evaluación corresponde a la contaminación acumulada en el mediano plazo, detectándose compuestos orgánicos e inorgánicos que afectan la calidad del sedimento y que, por procesos de resuspensión y movilización de los contaminantes adsorbidos a los sedimentos, pueden llegar a incorporarse a la columna de agua.



MUESTRA DE SEDIMENTOS EN EL TRAMO DE INFLUENCIA DE LA DESCARGA DE PEMEX, SALAMANCA, GUANAJUATO

## Potabilización

Por encargo de la SGC de la CNA se evaluó la operación del Programa Agua Limpia en el ejercicio fiscal 2002. El resultado más destacado fue la reducción del 14.7%, con respecto a 2001, de la tasa de morbilidad por enfermedades gastrointestinales a nivel nacional al presentarse 6,035 casos por cada cien mil habitantes. No obstante lo anterior, el programa enfrentó, entre otros, los problemas siguientes: al inicio del año la falta de recursos no permitió el suministro de cloro en 28 estados, el cual se regularizó hasta julio, con lo que el índice de desinfección disminuyó de 75% en 2001 a 63% en 2002; no se tuvo el suministro continuo de cloro especialmente en las comunidades más alejadas de las cabeceras municipales; la medición del cloro residual se realiza por medio de comparadores visuales y resulta muy imprecisa, por lo que se sugirió sustituirlos por equipos digitales; no existe por parte de los estados, planeación para la inscripción de los municipios al programa ni mecanismos para dar seguimiento a los apoyos y las oficinas del agua están ubicadas en las cabeceras municipales, por lo que las comunidades más alejadas no tienen acceso a la información relativa al programa. Toda vez que la Ssa, mediante el programa Oportunidades, del gobierno federal, imparte pláticas informativas mensualmente sobre agua potable, salud, saneamiento y reproducción en todas las comunidades visitadas, se recomendó que la difusión del Programa Agua Limpia quede a cargo de dicha secretaría.

A petición de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Mazatlán, Sin., se realizó el diseño funcional de la planta potabilizadora para remoción de hierro y manganeso. Para ello se desarrollaron las pruebas de tratabilidad en donde se obtuvieron eficiencias de remoción de hierro y manganeso de 93 y 92.5%, respectivamente, con una tasa de filtración de 12 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·h. Por otra parte, se elaboraron los términos de referencia y las bases de licitación para el desarrollo del anteproyecto, proyecto ejecutivo, construcción y puesta en marcha de la planta de tratamiento de aguas residuales El Crestón. Se incluyeron consideraciones especiales tales como el control de olores, el uso de materiales y equipos resistentes a la salinidad y la corrosión,



CONTENIDO DE AIRE EN EL AGUA DE POZO EN EL RAMAL PEÑÓN-TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

de estructuras especiales en caso de sismos y huracanes, el máximo aprovechamiento de las instalaciones actuales y la limitación de espacio existente para el crecimiento horizontal de la planta.

Por solicitud de la Gravamex de la CNA, se llevó a cabo la evaluación de la planta potabilizadora del ramal Peñón-Texcoco, Méx., la cual presenta problemas de operación por la presencia de arena y de gases en los lechos filtrantes. Se determinó que ambos problemas provienen de los pozos del sistema. La evaluación comenzó con la determinación de los gases en los pozos y se encontró que en la mayoría de ellos existe  $\text{CO}_2$  disuelto, salvo en el pozo 2, que tiene aire disuelto. El contenido de aire disuelto se controló al sacar de operación el pozo 2, mientras que para remover el  $\text{CO}_2$  se utilizó un aerador piloto de charolas múltiples, con lo que se alcanzaron eficiencias de remoción del 89%. Con base en los resultados obtenidos, se diseñó el sistema de aeración, que consta de dos módulos de desorción, cada uno compuesto por cinco charolas cuadradas de  $23.4 \text{ m}^2$  de superficie; el fondo de las charolas será una rejilla, sobre la que se colocará un lecho de tezontle de 15 cm de espesor. Para la remoción de arena, se analizaron dos opciones: instalación de hidrociclones antes de las unidades de desorción y un desarenador rectangular después de las mismas. A fin de que la planta pueda operar en forma eficiente en tanto se construyen las instalaciones definitivas se establecieron medidas temporales.

Por encargo de la empresa Servicios Industriales Peñoles, se llevó a cabo la primera etapa de un es-

tudio multianual sobre desinfección de agua para uso y consumo humano mediante tres sistemas basados en plata: iónica, iones de plata-cobre y iones de plata-peróxido de hidrógeno. Se probaron diversos sistemas de neutralización de plata a fin de validar el método que permitiera disminuir el efecto de los desinfectantes durante el tiempo que transcurre entre el muestreo y el análisis bacteriológico. Las curvas de decaimiento a pH y temperatura controlados, mostraron que dosis de 0.02 a 0.08 mg/l, son suficientes para eliminar hasta seis unidades logarítmicas de bacterias heterótrofas totales, coliformes totales y *Escherichia coli*, lo que permite cumplir con las normas nacionales para los parámetros bacteriológicos y el límite máximo permisible de plata de 0.1 mg/l en agua y hielo para uso y consumo humano envasados o a granel.

## Tratamiento de aguas residuales

A solicitud de Petroquímica Pajaritos, S.A. de C.V., se caracterizó y cuantificó el flujo de las descargas generadas en cada uno de los procesos de producción, así como todas las descargas que conforman el drenaje aceitoso, químico y pluvial, con la finalidad de determinar su grado de contaminación y definir la viabilidad de su tratamiento, en forma conjunta o individualmente para cumplir con la normativa. Se determinó que las descargas de los procesos de sosas gastadas que provienen de la producción de etileno y la del incinerador del proceso de producción de cloruro de vinilo, requieren un tratamiento individual antes de tratamiento general. Así, se ha propuesto un sistema de acidificación-desorción y oxidación química para el primer caso y neutralización y evaporación para el segundo. Para el efluente final se propone el sistema de biofiltración aerobia. Asimismo, se determinó que el drenaje general aceitoso no cumple con las condiciones particulares de descarga por su alta temperatura y concentración de grasas y aceites. Adicionalmente, el drenaje químico no cumple por la presencia de 1,2 dicloroetano y la alta concentración de grasas y aceites, mientras que el drenaje pluvial, de igual manera, no cumple por la presencia de 1,2 dicloroetano.

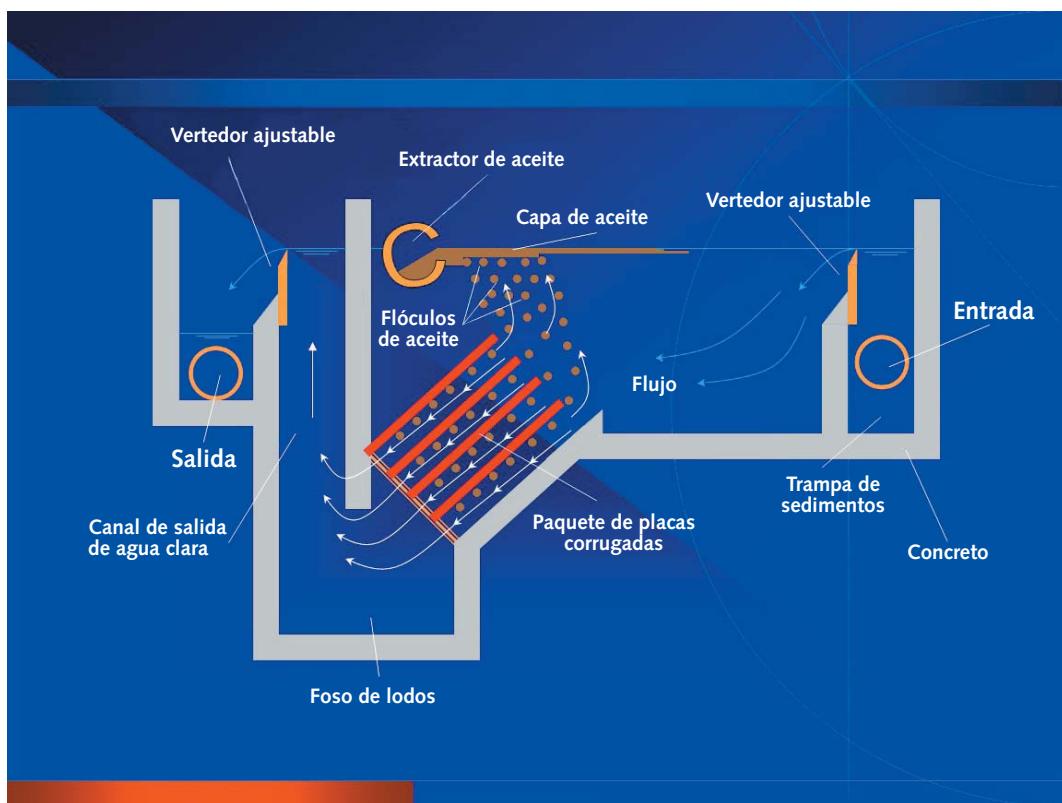


DESCARGA DEL DRENAJE QUÍMICO EN PETROQUÍMICA PAJARITOS, S.A. DE C.V.

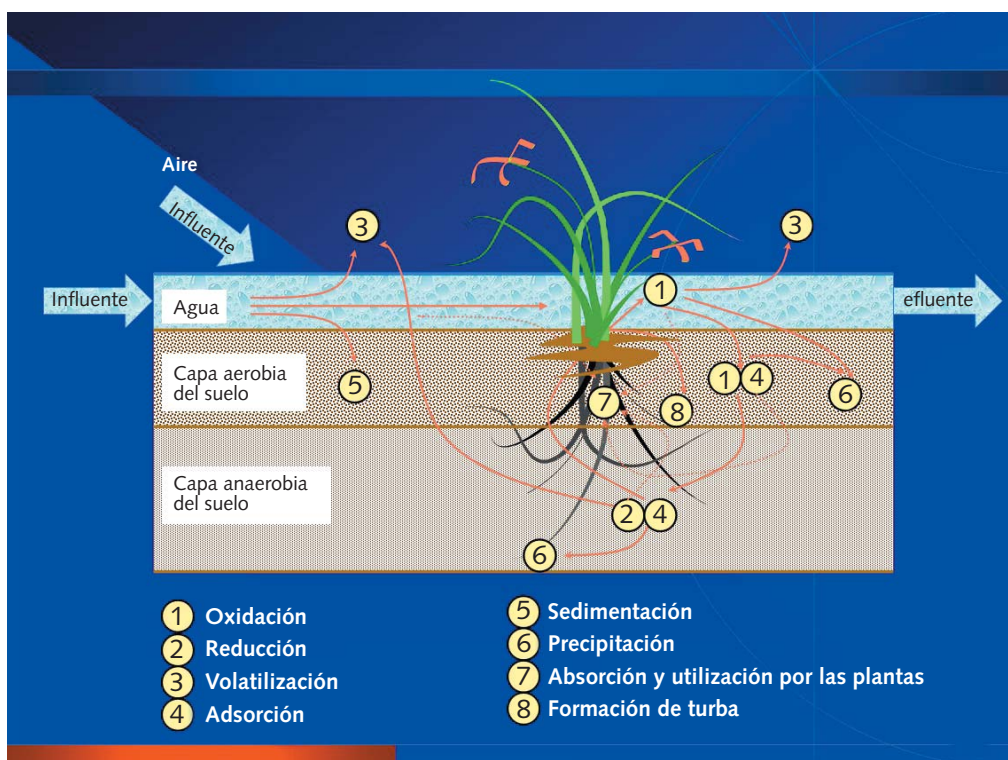
La refinería Ing. Héctor R. Lara Sosa, ubicada en Cadereyta, N.L., procesa doscientos mil barriles de petróleo crudo por día. Durante su proceso de refinación genera efluentes con un alto contenido de hidrocarburos, grasas y aceites que son conducidos hasta su sistema de tratamiento. Se requiere reducir la carga contaminante en su fase inicial y así evitar los riesgos de contaminación en los drenajes, por lo que se instalará un separador de aceite tipo

CPI para optimizar el proceso de recuperación de hidrocarburos, grasas y aceites. Para realizar un adecuado diseño del separador es indispensable contar con una correcta caracterización del efluente que permita establecer las bases de diseño de los CPI. Así, en este proyecto se llevó a cabo dicha caracterización y el análisis de resultados de las pruebas fisicoquímicas realizadas en las plantas combinadas 1 y 2 de la refinería. Se efectuaron cuatro campañas de monitoreo en donde el caudal medido varió entre 1.2 y 28.1 l/s. Los resultados de las pruebas de flotación natural muestran que, para concentraciones de 1,500 mg/l de grasas y aceites, se tienen remociones de hasta el 90%, con velocidades de flotación de 2.3 m/h y un tiempo de residencia de 60 min. Si la concentración disminuye a valores del orden de 200 mg/l, la remoción de grasas y aceites podría disminuir hasta alcanzar sólo un 65 por ciento.

Para el Sistema de Agua y Saneamiento Metropolitano Veracruz-Boca del Río-Medellín, se evaluó la propuesta original y las modificaciones formuladas en el plan de saneamiento integral de la bahía de Veracruz, Ver. Mediante la utilización del pro-



ESQUEMA DE UN SEPARADOR DE GRASAS Y ACEITES TIPO CPI



ESQUEMA DE LOS MECANISMOS DE REMOCIÓN EN UN HUMEDAL

grama de cómputo *CAPDET*, el cual simula el funcionamiento de infraestructura de tratamiento, se determinaron los costos de inversión, operación y mantenimiento de las nuevas plantas y los costos de operación y mantenimiento de las plantas existentes. Se compararon dos alternativas: el sistema descentralizado, que consiste en el uso de la infraestructura de tratamiento actual junto con la construcción de pequeñas plantas adicionales, y la construcción de una gran obra denominada Planta Sur. El área requerida para la construcción de la Planta Sur varía de 6 ha, si se utiliza un filtro percolador, a 18 ha si se emplean lagunas aeradas. La superficie requerida para el sistema descentralizado varía de 3.88 a 6.72 ha. El costo del metro cúbico de agua tratada para la Planta Sur varía de \$0.24 a \$0.77, dependiendo del proceso biológico utilizado. En tanto que el costo estimado del agua tratada en las plantas rehabilitadas oscila entre \$0.36/m<sup>3</sup> para una planta de 100 l/s y \$0.80/m<sup>3</sup> para un caudal de 30 l/s, en función del proceso de lodos activados utilizado. A valor presente, los costos de inversión, operación y mantenimiento de la Planta Sur son menores que los del sistema descentralizado: \$0.219 por metro cúbico.

En el marco del convenio que el IMTA firmó con la Fundación Gonzalo Río Arronte para la recuperación ambiental de la cuenca del lago de Pátzcuaro, se desarrollaron diversas actividades orientadas al saneamiento del lago mediante el tratamiento de aguas residuales utilizando humedales. En este sentido se visitaron y ubicaron en campo 18 descargas de aguas residuales en la ribera. En cinco de ellas, ubicadas en los municipios de Erongarícuaro, Tzintzuntzan, Quiroga y Pátzcuaro, Mich., se caracterizaron las descargas y se realizó el diseño funcional y el proyecto ejecutivo de los humedales. Por otro lado, se realizaron los diseños funcionales y proyectos ejecutivos de humedales tipo para vivienda unifamiliar y para localidades de cien, doscientos, quinientos y mil habitantes, y se elaboró una guía de operación y mantenimiento, identificando las localidades en las que se puede utilizar dicho diseño. Asimismo, se seleccionó a la localidad de Cucuchucho, Mich., para instalar un humedal experimental de 0.5 l/s. Con este fin, se caracterizó la descarga, se efectuó el diseño funcional, el proyecto ejecutivo y se elaboró la guía de operación y mantenimiento. El humedal se encuentra en su etapa de instalación.