

APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS EN EL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES DE LA EXPLOTACION PETROLERA EN ECOSISTEMAS SENSIBLES

Guido Yánez Quintana
Ecuador

1. ECUADOR MEGADIVERSO

A pesar de tener solo 283.561 kilómetros cuadrados que corresponden al 0,19 % de la superficie terrestre, Ecuador es uno de los 17 países más mega diversos del mundo. Debido a su ubicación geográfica, su topografía y su clima, el país cuenta con 34 formaciones vegetales, incluyendo ecosistemas que comprenden desde las nieves perpetuas, páramos andinos, selvas tropicales, bosques húmedos, playas y arrecifes. Esta variedad de espacios naturales constituye el hábitat de 402 especies de anfibios, 1.559 especies de aves, 374 especies de reptiles y 20.000 especies de planta superiores.

La conservación de los recursos naturales y la diversidad biológica son trascendentales para la supervivencia de las generaciones presentes y futuras del Ecuador, de nuestra región y nuestro planeta. La diversidad biológica, constituye en primer lugar, un banco natural donde se conserva el material genético de plantas y animales, que no han sido domesticados por el ser humano, y pueden constituirse en fuente de alimento, proveer a la industria de fibras naturales que reemplacen a las sintéticas o la próxima sustancia para crear una medicina que cure una enfermedad terminal.

El Parque Nacional Yasuní comprende una extensión de 982.000 Ha., está calificado científicamente como REFUGIO DE PLEISTOCENO y declarado por la UNESCO EN 1989, Reserva de la Biósfera.

El Parque Nacional Yasuní se extiende en las cuencas de los ríos Yasuní, Cononaco, Nashiño y Tiputini, tiene un rango de elevación de 300 - 600 m., tiene zonas planas inundables temporalmente, zonas pantanosas, pozas y los complejos lacustres de Jatuncocha, Garzacocha y Lagartococha.

Esta zona es considerada por varios biogeógrafos como de alto endemismo donde las especies se han conservado desde el final del pleistoceno (entre 22 a 13 mil años antes de la actualidad). Este refugio es importante no solo por la variedad de especies sino por ser centros de especiación y dispersión de seres vivos.

El número y la variedad de los vegetales es mayor que en cualquier otro ecosistema terrestre del mundo. Los bosques del Yasuní albergan el mayor número de especies de árboles por hectárea del mundo y por ende se supone una diversidad faunística aún mayor.

El bosque de tierra firme ocupa alrededor del 77% de la superficie total del Parque- La vegetación natural de éste se caracteriza por ser siempre verde, heterogénea, densa, con especies de gran tamaño y mucha flora epifítica. Por su irregular fisionomía y fisiografía presenta una gran variedad de hábitats.

En cuanto a la fauna del Parque, se han identificado más de 500 especies de aves, entre las que se encuentra el Paujil, actualmente en peligro de extinción. En cuanto a mamíferos se han registrado 173 especies dentro del Parque, aunque se estima que existan unas 200, que correspondería al 57% de todos los mamíferos del país.

La herpetofauna es una de las más grandes a nivel mundial, se han registrado más de 100 especies de anfibios, con 43 especies de ranas arborícolas y otro centenar de reptiles, entre ellas 62 especies de serpientes. Constituyen un caso especial las tortugas charapas cuyo caparazón puede llegar a medir 1 m., constituyendo la mayor tortuga de agua dulce del mundo. La ictiofauna presenta una altísima diversidad, motivada por la gran variedad de ambientes acuáticos como los ríos de aguas negras, de aguas blancas y aguas claras, los pantanos y las lagunas. Entre ellos destaca el paiche por ser el mayor pez de agua dulce del mundo y el bagre por el valor que tiene su carne.

El Parque es considerado una de las reservas de mayor diversidad genética del planeta, área de gran interés científico y potencialmente turístico. En su interior vive la nacionalidad indígena Huaorani y algunos grupos no contactados como Tagaeri y Taromenane. Por todo esto es considerado uno de los Parques más emblemáticos del país, pero a pesar de esto su conservación no está asegurada.

2. EXPLOTACIÓN PETROLERA EN EL PARQUE YASUNÍ

Alrededor del 60% del Parque Nacional Yasuní está concesionado a empresas petroleras, las que están extrayendo un crudo pesado de 16-24 ° API. Los bloques petroleros localizados en el Parque Yasuní son los siguientes:

- **Bloque 31- Pérez Companc.** 200.000 Ha. Está ubicado en su totalidad en el corazón del Parque. La empresa argentina ya finalizó la prospección sísmica y empezará pronto con la perforación exploratoria, pero transfirió sus acciones a una nueva empresa.
- **Bloque 14 - Vintage Oil (Elf).** Para su explotación la Elf abrió 2.042 Km. de líneas sísmicas, 4 pozos exploratorios y una carretera que ya está colonizada. Se construyeron 30 Km. de carretera, que abrió una nueva frontera de colonización en el Parque, donde se han asentado unas 300 familias de colonos.

- **Bloque 15 - OCCIDENTAL** Colinda con la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Yasuní, en la zona norte.
- **Proyecto Campo compartido Edén-Yuturi.** Por su localización a 75 km. Las reservas estimadas son de 153.9 millones de barriles para un periodo de explotación de 20 años, con una producción máxima en 46 pozos de 44.500 barriles diarios.
- **Bloque 16 - Repsol-YPF.** Campos: Tivacuno, Bogui, y Capirón, antes explotado por CONOCO, después por MAXUS y actualmente por Repsol-YPF. Inicialmente formaba parte del Parque, en la actualidad se encuentra en territorio Huaorani y área de amortiguamiento.
- **Bloque 20 Proyecto ITT** Se ha realizado la exploración por PETROECUADOR abriendo 600 km² de líneas sísmicas 5 pozos exploratorios

3. LEGISLACIÓN AMBIENTAL

La legislación ambiental aplicada a la actividad hidrocarburífera en ecosistemas sensibles es la siguiente:

- **Constitución de la República,** en la que establece su compromiso sobre la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad, la integridad del patrimonio genético del país y el derecho a que los ciudadanos vivan en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. La misma carta magna, determina la obligatoriedad de adoptar las medidas pertinentes para lograr la preservación del medio ambiente, prevención de la contaminación ambiental, el manejo sustentable de los recursos naturales y de los sistema de áreas naturales protegidas.
- **Convenios internacionales:** Ecuador es suscriptor de diferentes convenios internacionales entre los que se destacan:
 - Convención sobre la Protección de la flora y fauna de las Bellezas Escénicas y Naturales de los países de América, firmado en Washington en 1940 y ratificado por el Congreso del Ecuador en 1943.
 - Convención para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural, firmado en París en 1974 y ratificado en 1974.
 - Convenio sobre la Diversidad Biológica, firmado en Río de Janeiro en 1992 y ratificado por el Congreso del Ecuador en 1993
- **Leyes nacionales:** Actualmente se encuentra en vigencia diversas leyes y decretos relacionados con la preservación del medio ambiente y especialmente con la conservación de los ecosistemas sensibles, entre los que se destacan la siguiente normativa ambiental:
 - Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre

- Ley de Gestión Ambiental
- Ley de Hidrocarburos
- Ley de Aguas
- Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental
- Reglamento a la Ley Forestal y de Áreas Naturales y de Vida Silvestre.
- Normas para la Prevención, Control, Rehabilitación del Medio Ambiente en las Actividades Hidrocarburíferas de Exploración y Explotación en los Parques Nacionales y Equivalentes.
- Reglamento de Operaciones Hidrocarburíferas
- Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador.
- Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria, Anexo 1.
- Bases de Contratación de los contratos de Participación para la Explotación de Hidrocarburos.

4. FUENTES DE GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

En la fase de explotación del petróleo, las principales fuentes de generación de aguas residuales son:

- Lodos de perforación
- Aguas de perforación
- Aguas residuales de los skim ponds
- Aguas negras y grises de los campamentos
- Lixiviados

Especial atención merecen las aguas de formación las mismas que constituyen el mayor riesgo ambiental si éstas no son manejadas adecuadamente, debido al volumen y características físico-químicas. Estas aguas poseen altas concentraciones de cloruros, cuya salinidad pueden superar los 180.000 ppm. En el caso de que éstas fuesen descargadas al ecosistema sensible aledaño, éstas causarían un fuerte impacto ambiental, alterando el hábitat acuático y terrestre en el área de influencia directa e indirecta. Además de la alta salinidad, las aguas de formación contienen sulfuros y sales de calcio, magnesio y manganeso. También contienen gases disueltos tales como dióxido de carbono, gas sulfhídrico y dióxido de azufre, lo cual constituye una gran amenaza y otras sustancias contaminantes tales como los metales pesados (bario, mercurio, selenio,

cadmio, cobalto, vanadio y plomo). Por su propia naturaleza, las aguas de formación contienen residuos de hidrocarburos.

El art 29 del Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas del Ecuador (Decreto N° 1215, publicado en el Registro Oficial N° 265 del 13 de febrero del 2001), establece la obligatoriedad de reinyectar las aguas de formación para impedir la contaminación del ambiente y afectar los cuerpos hídricos adyacentes.

Una de las fuentes generadoras de importantes volúmenes de aguas negras y grises constituyen los campamentos para alojamiento del personal, cuyos caudales se incrementan proporcionalmente al incrementarse el número de personal en las siguientes situaciones:

- Nuevos proyectos de perforación
- Reacondicionamiento de los pozos petroleros
- Trabajos de mantenimiento, auditorias, montaje de equipos, etc.

La normativa ambiental vigente para la actividad petrolera es aún mas exigente que la norma ambiental establecida en el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), lo cual demanda de mayor severidad de los procesos de tratamiento de las aguas residuales para lograr valores inferiores a los límites máximos permitidos.

5. BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS

La aplicación de tecnologías limpias en el manejo de las aguas residuales de la explotación petrolera proporciona una serie de beneficios económicos, ambientales, sociales y legales.

Beneficios económicos

Al reducir el volumen de consumo de agua, también se reduce el volumen de aguas residuales y por ende se reducen los costos de tratamiento del agua captada de los riachuelos aledaños y el costo de tratamiento de las aguas residuales.

Beneficios ambientales

La aplicación de tecnologías limpias en el desarrollo de las actividades hidrocarburíferas en ecosistemas sensible adquiere especial importancia debido a que ello implica la reducción de la carga contaminante en las aguas residuales y disminuye el riesgo de contaminar los cuerpos hídricos, de los cuales potencialmente podrían abastecerse comunidades aborígenes de la zona.

Beneficios sociales

Un programa bien estructurado de tecnologías limpias en el manejo de las aguas residuales en la fase de explotación petrolera contribuye notablemente a mejorar las relaciones de la industria petrolera con la comunidad, así como a proporcionar una adecuada imagen de la industria hacia sociedad y el estado.

Beneficios legales

Los sistemas de control ambiental, en lugar de prevenir la contaminación. Están enfocados al cumplimiento y aseguramiento de disposiciones y ordenanzas orientadas a regular las descargas de los efluentes industriales contaminantes, desde este punto la aplicación de tecnologías limpias, a través de un plan de prevención de la contaminación ofrece beneficios legales tales como:

- Mejor cumplimiento de las regulaciones ambientales
- Evitar sanciones y el deterioro de la imagen de la empresa
- Evitar posibles demandas legales por parte de perjudicados
- Evitar demandas por perjuicios y delitos ambientales.

6. APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS

Las empresas petroleras que operan en el Parque Yasuní tienen la oportunidad de aplicar un sinnúmero de opciones de tecnologías limpias para optimizar las operaciones hidrocarburíferas, entre las que se destaca:

Aguas de formación

- Utilizar químicos altamente biodegradables tales como demulsificantes, antiespumantes, floculantes/coagulantes, anticorrosivos y biocidas para minimizar la contaminación ambiental.
- Absolutamente el 100% de las aguas de formación son reinyectadas a la formación original y de esa manera se evita la mezcla de aguas incompatibles y la posible formación de precipitados de carbonatos y sulfatos insolubles que potencialmente generarían el taponamiento de la formación ya la consecuente reducción de la producción de petróleo y decrecimiento de la productividad del yacimiento.

Aguas de las piscinas de separación y separadores API

Los demulsificantes a ser utilizados en esta fase deben ser muy eficientes y además altamente biodegradables, de esta manera se minimiza la presencia de aceites y grasas, hidrocarburos totales e hidrocarburos aromáticos policíclicos, los cuales constituyen un serio riesgo de

contaminación, especialmente estos efluentes industriales son descargados a cuerpos hídricos que posteriormente servirán de fuente de abastecimiento de agua de poblaciones localizadas aguas abajo, o que sirvan de fuentes de pesca de las comunidades.

Otra opción es la reutilización de los efluentes de las piscinas en la fase de separación del petróleo, en la que se agrega agua y demulsificante para romper la emulsión agua-petróleo y lograr una interfase nítida y lineal.

Estas opciones tienen vital importancia al momento del reporte de la calidad de las aguas de emisión e inmisión, las mismas que exigen el cumplimiento de la normativa ambiental.

Aguas negras y grises de los campamentos

Entre otras la aplicación de las tecnologías ambientales se destacan las siguientes:

- Uso de detergentes 100% biodegradables y que su contenido de fosfatos sea reducido, de esta manera se minimiza el riesgo de eutrofización, válido especialmente cuando los efluentes son descargados a esteros o cuerpos hídricos con poca rotación del agua.
- La dosis de detergente a ser agregado a la lavadora debe ser solo aquella sugerida por el fabricante y evitar el excesivo uso de detergente.
- Utilizar el 100% de carga de las lavadoras automáticas. Se debe evitar el funcionamiento de las lavadoras con reducida carga, por cuanto, el consumo de agua es la misma ya sea con el 100% de carga o menos.
- El agua de enjuague de la lavadora generalmente contiene residuos de detergente y por su propia naturaleza puede ser reutilizada en la primera fase de la siguiente lavada.
- Reunir la ropa del campamento y lavarla en un solo horario, para evitar lavadas discontinuas.
- Utilizar agua caliente en la primera fase, especialmente al lavar la ropa manchada con hidrocarburos.
- En la fase de lavado de la vajilla del comedor, retirar manualmente todos los residuos de alimentos y grasas, a fin de disminuir la carga orgánica en los efluentes.
- Instalar rejillas de desbaste grueso y fino en las aguas residuales del comedor.

- No utilizar chorros de agua para descongelar los productos. Adoptar buenas prácticas de manufactura en el comedor, incluyendo aquellas que impliquen el ahorro de agua.
- Programar los cambios de sábanas y toallas de acuerdo a las necesidades climáticas.
- Instalar llaves temporizadas de agua para reducir el consumo de agua potable
- Cambiar los tanques de los inodoros de alto consumo por tanques mas reducidos (1.6 gal), o instalar botellas con arena para reducir el volumen libre del tanque y por ende el consumo de agua por cada uso en las necesidades biológicas.
- También se puede segregar las aguas grises de los lavamanos y duchas, clararlas y éstas pueden ser posteriormente reutilizadas en los inodoros para convertirse en aguas negras.
- Un factor que ayuda a establecer los indicadores ambientales es el conocer el consumo de agua y la cantidad de ropa/raciones alimenticias elaboradas, y esta manera hacer un seguimiento del mejoramiento de los indicadores ambientales.
- Es prudente periódicamente inspeccionar las líneas de agua para identificar a tiempo posibles fugas, especialmente los sellos de los inodoros..
- Capacitar y concienciar al personal en la necesidad de reducir el consumo de agua.

7. CONCLUSIONES

El desarrollo de las actividades petroleras en ecosistemas sensibles demanda la aplicación de tecnologías limpias preventivas para minimizar los riesgos ambientales que implica la descarga de efluentes fuera de especificaciones. Esta práctica preventiva implica beneficios económicos, ambientales, sociales y legales.

Por ningún concepto se puede descargar aguas de formación al ambiente, deben ser reinyectadas a la formación.

El uso de químicos biodegradables y eficientes ayudan enormemente a reducir los riesgos ambientales y los costos de tratabilidad de los efluentes.

La reutilización de las aguas grises en los inodoros de los campamentos constituye una oportunidad para reducir el consumo de agua.