

Riesgos de derrames de petróleo sobre la acuicultura amazónica en el Perú

Risks of oil spills for Amazonian aquaculture in Peru

Christian Berger Cebrelli^{1*}  y Alfredo Rubén Palomino Ramos¹ 

¹ Carrera de Ingeniería Acuícola, Universidad Científica del Sur. Lima, Perú.



Citar como: Berger Cebrelli, C. y Palomino Ramos, A. (2024). «Riesgos de derrames de petróleo sobre la acuicultura amazónica en el Perú». *South Sustainability*, 5(2), e109. DOI: 10.21142/SS-0502-2024-e109

Artículo recibido: 27/8/2024
Revisado por pares
Artículo aceptado: 24/9/2024



©Los autores, 2024. Publicado por la Universidad Científica del Sur (Lima, Perú)

*E-mail de correspondencia:
cberger@cientifica.edu.pe

RESUMEN

La acuicultura en la Amazonía peruana puede complementar la importante oferta alimentaria de la pesca. Para ello, debe realizarse con eficiencia y sosteniblemente, evitando afectaciones ambientales como las derivadas de explotaciones petroleras. Este *policy brief* identifica riesgos asociados a hidrocarburos sobre la acuicultura y sus productos, así como medidas para mitigar sus potenciales efectos negativos, y propuestas de políticas y acciones para las instituciones nacionales competentes en gestión, regulación y monitoreo. El documento hace recomendaciones relacionadas con la capacitación, investigación, posibles medidas de mitigación y alternativas de generación energética por biocombustibles. Finalmente, reconoce dificultades de control y de reacción ante derrames, derivadas de la gobernanza en las instituciones nacionales, de lo extenso y diverso del territorio y de complejidades del entorno ambiental y social involucrado.

Palabra clave: hidrocarburos, contaminación, especies amazónicas, mitigación, acuicultura

ABSTRACT

Aquaculture in the Peruvian Amazon has the potential to complement the important food supply provided by the fishing sector, but it must be conducted efficiently and sustainably, while avoiding environmental risks such as those posed by oil exploitation. In this policy brief, we identify the impacts on aquaculture and its products associated with hydrocarbons, as well as measures to mitigate potential negative effects, including proposals for policies and actions for the relevant national institutions involved in management, regulation and monitoring. In this document, we also offer recommendations related to training, research, possible mitigation measures, and alternatives for energy generation using biofuels. Finally, we acknowledge the difficulties inherent in controlling and reacting to spills, deriving from the governance of national institutions, the vastness and diversity of the territory involved, and the associated environmental and social complexities.

Keywords: hydrocarbons, pollution, Amazonian species, mitigation, aquaculture



Introducción

La acuicultura es considerada una de las opciones más eficientes y sostenibles para la provisión de alimentos y bienes diversos a nivel mundial (medicinas, fibras, pigmentos orgánicos, biocombustibles, nutraceuticos, entre otros) (Berger, 2020). Actualmente, ya supera en volumen y en valor a la extracción pesquera, y además tiene un aporte directo en la recuperación de la biodiversidad a través de actividades de siembra con fines de repoblamiento, aplicando instrumentos de planificación y gestión de conservación de especies acuícolas. Asimismo, posibilita incrementar el desarrollo y resiliencia de las poblaciones humanas —especialmente en las zonas rurales—, la inserción en la economía circular y la adaptación al cambio climático (Guzmán *et al.*, 2012; Subasinghe *et al.*, 2001).

En el Perú, la acuicultura es considerada una actividad de sumo interés (Ley General de Acuicultura, Decreto Legislativo 1195 del 30/8/2015; Ley de Promoción y Fortalecimiento de la Acuicultura, Ley 31666 del 31/12/2022; Decreto Supremo 001-2023-PRODUCE, que aprueba la Política Nacional de Acuicultura al 2030, del 26/1/2023), y cuenta con variadas oportunidades de desarrollo para las regiones de la Amazonía, cuyas poblaciones tienen alta demanda de los recursos pesqueros obtenidos localmente. No obstante, estas regiones y sus recursos naturales se encuentran fuertemente amenazados por diversas formas de afectación, como la deforestación, la expansión de la agricultura intensiva, los represamientos de cursos hídricos, los cambios en el ciclo del agua, las alteraciones climáticas y, principalmente, la contaminación de origen antropogénico (pesticidas, plásticos, residuos de la minería e hidrocarburos, entre otras fuentes) (Álvarez-Alonso, 2020; Rodríguez-Flores y Reyes-Ramírez, 2021).

La explotación petrolera en la Amazonía peruana ha sido promovida por el Estado en asociación con empresas especializadas y ha significado un importante aporte en la obtención de este recurso energético en el país en los últimos 50 años. Sin embargo, ha conllevado severos impactos negativos en el entorno y en sus recursos vivos (Viale, 2024). Reportes de diferentes organizaciones nacionales e internacionales indican la presencia de muchas áreas contaminadas con hidrocarburos y otros productos que acompañan su extracción, como los metales pesados (Jara, 2022; Orta, 2020).

La contaminación por hidrocarburos en la acuicultura está referida a su toxicidad y la consecuente afectación a las especies criadas, tanto en su supervivencia, como en la mayor prevalencia de enfermedades (ITOPF, 2014). Igualmente, a aspectos relacionados con sus funciones vitales, como el crecimiento, la conversión del alimento y la reproducción. En síntesis, menores producciones, mayores costos y dificultades de manejo del medio de crianza. Asimismo, se perjudica la calidad del producto (en cuanto a sanidad, inocuidad, presencia, color, sabor

y olor), lo que genera el desprestigio de la acuicultura y de ciertas zonas productivas. En muchos casos, ello obliga a la suspensión temporal o permanente de la actividad acuícola, con las consecuentes pérdidas económicas y de oportunidades desarrollo comunal (ITOPF, 2014; Sadauskas-Henrique *et al.*, 2024).

Las acciones de prevención y control de derrames de petróleo en la Amazonía peruana han sido escasas y no han tenido resultados significativos, lo que ha conllevado un depósito importante de contaminantes en diferentes cuencas (Jara, 2022). Esta situación ha provocado conflictos sociales y ambientales de diversa magnitud, y es una de las razones por las que la actividad petrolera ha registrado un decrecimiento en años recientes en la región.

El objetivo del presente documento es resumir la situación de los riesgos derivados de la explotación y el transporte de hidrocarburos sobre las opciones actuales y futuras de desarrollo de la acuicultura en la Amazonía peruana, y proponer medidas que permitan prevenir o reducir los impactos de los derrames de petróleo en esta vasta región para su desarrollo sostenible.

Enfoque y discusión

La acuicultura en la Amazonía debe realizarse buscando la eficiencia de cada opción a proponerse, según las condiciones naturales, sociales y productivas predominantes, a fin de que ella resulte de valor, sostenible y competitiva. Así, deben evaluarse los enfoques pertinentes según esta sea realizada en las cercanías de ciudades importantes, como Iquitos, Nauta, Yurimaguas, Pucallpa, Santa María de Nieva, Tarapoto y Moyobamba (que tienen mayores facilidades de acceso, de energía y de comercio), o, si se propone para la llanura amazónica, en entornos rurales en los que predominan las comunidades nativas, pero donde prevalecen dificultades de obtención de insumos esenciales (semilla y alimentos) y son diferentes las formas de comercio. En cada caso, ocurren diferentes impactos por la contaminación por petróleo, según la abundancia de pozos en operación, en desarrollo, o abandonados, el transporte fluvial y la existencia de servicios diversos, principalmente (Arévalo, 2021).

Distintos informes indican que los derrames de petróleo en la Amazonía peruana son frecuentes y que se carece de planes de respuestas inmediatas que permitan reducir los efectos de la contaminación sobre los ecosistemas afectados. Durante el periodo de 2000 a 2019 se han reportado más de 500 derrames, atribuidos a las operaciones de extracción, al transporte de hidrocarburos, al abandono de pozos e infraestructuras asociadas, a otras intervenciones humanas y a causas naturales (Jara, 2022). Estos derrames han tenido un impacto negativo en los importantes recursos naturales presentes en los ecosistemas aledaños, incluyendo los recursos pesqueros que son fuente básica para la alimentación de las

poblaciones locales y potenciales efectos perjudiciales en el desarrollo de la acuicultura amazónica peruana (Tang, 2021).

La denominada “Amazonía baja” es particularmente sensible a esta contaminación, ya que se afectan lagunas y “cochas”, cuerpos acuáticos donde se realizan diversas formas de aprovechamiento productivo como manejo pesquero, siembra con fines de repoblamiento y acuicultivos. Los efectos perjudiciales se ven agravados por los ciclos anuales de crecientes en los caudales y niveles de los ríos amazónicos, que inundan vastas zonas territoriales eventualmente afectadas (Azevedo-Santos *et al.*, 2016). A este respecto, se registran informaciones de perjuicios en zonas caracterizadas por la producción acuícola regional, como Amazonas y San Martín (Arévalo, 2021). En ese sentido y para las propuestas de este documento, se hace necesario identificar y examinar brevemente los posibles impactos negativos de la contaminación por hidrocarburos en la acuicultura amazónica y las medidas a tomar.

Impactos de los hidrocarburos en la acuicultura amazónica

Los impactos negativos de la contaminación por hidrocarburos y sustancias acompañantes en su extracción no solo recaen en las especies de cultivo, sino también a nivel ambiental y los ecosistemas.

1. **Contaminación del agua y del sedimento:** los hidrocarburos, en el caso de los derrames, contaminan las aguas superficiales, los sedimentos de cuerpos de agua lóticos y lénticos y las zonas inundables, por lo que afectan directamente los hábitats acuáticos y, por ende, la salud de las especies capturadas y cultivadas (Jara, 2022).
2. **Efectos tóxicos en las especies acuícolas:** la exposición a hidrocarburos puede causar efectos tóxicos agudos y crónicos en peces y otros organismos acuáticos, que resultan en enfermedades, disminución de la tasa de crecimiento y mortalidad (ITOPF, 2014; Neff, 2002).
3. **Bioacumulación:** los hidrocarburos pueden bioacumularse en los tejidos de los organismos acuáticos, lo que representa un riesgo para el bienestar y la salud humana por consumir estos productos contaminados (Bleeker y Verbruggen, 2009).
4. **Alteración de ecosistemas:** la alteración de las comunidades microbianas, vegetales y de invertebrados, esenciales para el equilibrio ecológico de los sistemas acuáticos, puede llevar a cambios drásticos en la dinámica del ecosistema, ya que afecta la sostenibilidad del ambiente en todo su contexto y la acuicultura (Atlas y Hazen, 2011).

Medidas políticas recomendadas

La presencia de contaminantes, así sea en casos eventuales, perjudica en forma severa a los medios acuáticos y a las especies que los habitan, lo que es muy

evidente en la pesca y la acuicultura. Estas afectaciones se refieren mayormente a la impregnación de los medios de cultivo y al deterioro de la calidad de los productos, expresada en olores, colores y eventualmente sustancias tóxicas transmisibles al consumidor, que afectan su salud. Esto conlleva la paralización de las actividades productivas, en algunos casos por tiempos prolongados, con pérdidas económicas que pueden ser considerables. Por otro lado, la percepción de los consumidores es notoria y con ella la desconfianza, lo que hace necesaria una buena gestión basada en datos científicos, que garanticen la inocuidad y la calidad de los productos para el consumo, después de superados los incidentes y la incorporación de los periodos de contingencia que resulten necesarios. Ello obliga a establecer diversas medidas que van más allá de los monitoreos físicos y químicos de las zonas productivas o cuerpos acuáticos, como programas de gestión, capacitación y concientización, e incentivos para el desarrollo de prácticas sostenibles para el manejo de hidrocarburos (ITOPF, 2014).

Cumplir estas medidas requerirá de la voluntad política de todos los actores, de tiempo, de recursos económicos y de la participación de organismos especializados. A este respecto, se han establecido guías detalladas de acción para la preparación y respuesta ante derrames de hidrocarburos en distintos medios acuáticos, con el fin de alinear las prácticas y actividades de la industria, informar a los grupos de interés y servir como herramienta de comunicación para fomentar la conciencia y la educación. Estas deben ser asumidas y difundidas por las autoridades nacionales competentes y por asociaciones internacionales, como la Asociación Internacional de Productores de Petróleo y Gas (IPIECA-IGOP, 2015).

En todo este contexto y según las informaciones obtenidas, en el país se evidencian deficiencias en la aplicabilidad de la normativa y en su cumplimiento. Asimismo, se señala un escaso trabajo coordinado entre las distintas instituciones que intervienen en estos procesos, así como en la interacción con las comunidades afectadas, aspectos que se recomienda revisar y corregir. Se indica que de 1997 a 2021 ocurrieron 566 derrames de petróleo en la Amazonía peruana, 404 en la costa y 5 en la sierra. En cuanto al total de hidrocarburos derramados, se calcula que son más de 87 000 barriles. Se evidencia que los sistemas del Estado deben prevenir, corregir y fiscalizar las conductas infractoras y asegurar medidas destinadas a la remediación ambiental, lo cual no ha sido de correcta aplicación, particularmente en los casos de derrames de hidrocarburos en la Amazonía peruana (Tranca, 2022).

1. Monitoreo y regulación estricta

- Implementar un sistema de monitoreo riguroso para detectar la presencia de hidrocarburos en cuerpos de agua críticos para la acuicultura. Esto debe ir acompañado de una regulación estricta sobre la explotación petrolera en áreas sensibles (IPIECA-IGOP, 2015).



Las entidades encargadas en el Perú son los gobiernos regionales (GORE) y gobiernos locales (municipalidades distritales), el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin), el Ministerio de la Producción (Produce), el Ministerio del Ambiente (Minam), el Ministerio de Energía y Minas (Minem) y el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). En casos de áreas naturales protegidas, interviene además el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (Sernanp). Esta necesaria intervención es evidenciada tanto para la región amazónica como para otros casos en ambientes acuáticos, lo que amerita revisar y establecer las políticas adecuadas respectivas.

Así, para el caso de la Amazonía se resalta el impacto en la biodiversidad circundante y los servicios ecosistémicos que proveen, en la salud de las poblaciones aledañas, en su seguridad alimentaria y el abastecimiento de agua de consumo, principalmente. Sin embargo, debido al relativo aislamiento de las zonas contaminadas, se conoce menos de los derrames ocurridos en ellas y es limitada la movilización de las autoridades que deben intervenir, así como también lo son el personal y los recursos necesarios (Jara, 2022). Particularmente, en derrames cercanos a comunidades nativas (como es el caso de los kukama-kukamiria de la cuenca del Marañón en Loreto), se resalta la dificultad de obtener agua de consumo limpia, que afecta severamente la salud de todos los habitantes. Asimismo, los peces para consumo escasean y están contaminados, por lo cual no son aptos para la alimentación ni el comercio. Consecuentemente, se han generado cambios en las actividades comunales y su acceso a los recursos naturales (Grados-Bueno y Pacheco-Riquelme, 2016). Como se citó previamente, existe gran deficiencia en la aplicación de normas regulatorias de prevención y monitoreo, por más que en teoría procuran ser estrictas.

El problema es similar en otros países que comparten la gran cuenca amazónica, como se observa en derrames de hidrocarburos en Ecuador y Brasil, donde la ausencia de un manejo adecuado termina afectando a las comunidades humanas y al ecosistema en general, ya que los peces contaminados también trasladan los tóxicos a sus depredadores como reptiles, aves y mamíferos. Esto revela la necesidad de un trabajo conjunto, para promover políticas que conduzcan a la puesta en práctica de acciones de prevención y a respuestas rápidas y eficaces por parte de los gobiernos, las que resultan necesarias ante la gravedad de las consecuencias a largo plazo (Azevedo-Santos *et al.*, 2016).

2. Mejora en la gestión de derrames

- Desarrollar y mejorar los planes de respuesta rápida a derrames de hidrocarburos, asegurando que las tecnologías y técnicas de limpieza sean efectivas y

ambientalmente sostenibles (Fingas, 2011). En estos aspectos la eficiente intervención de las entidades encargadas resulta fundamental, como se ha reclamado para los casos ocurridos en la Amazonía peruana.

En el enfoque de problemas similares en otras regiones y ambientes —como en el litoral del país— se resaltan los señalamientos y las recomendaciones derivadas para fortalecer la gobernanza relacionada con la fiscalización ambiental, en particular en el caso del derrame de 6000 barriles de crudo de petróleo en el litoral de Ventanilla en el Callao, en enero de 2022.

Producto de ello, se hizo notar la necesidad de gestionar y adoptar indicadores y plazos en las medidas de control de daños en este tipo de eventos, buscando preservar la calidad ambiental y los derechos de vida de los eventuales afectados. De otro lado, los requerimientos de que las medidas que se impongan, según los dispositivos legales pertinentes, se cumplan en los plazos establecidos. Para ello, el seguimiento de los eventos y el aseguramiento de la participación y colaboración de todos los involucrados resulta necesario (autoridades, afectados y afectados). De lo anotado, los autores citan que:

la interacción de procesos podría documentarse en un lineamiento de política para atención de emergencias, con plazos para la imposición de medidas de control de riesgo o daño y roles de otras entidades públicas participantes, todo con el propósito de garantizar los objetivos de la fiscalización ambiental (Montes-Tapia *et al.*, 2022).

Por otra parte, se ha evidenciado que, si bien intervienen diferentes instituciones públicas, existen limitaciones en sus aspectos normativos, que centran su accionar en medidas preventivas pero sin regulaciones dirigidas a la recuperación inmediata del medioambiente afectado. En este contexto, se resalta la necesaria obligatoriedad para que quienes originen daños procedan de inmediato a la restauración o a la compensación ambiental o económica. En el caso antes citado del derrame en Ventanilla, se indica que en la práctica solo efectuaron pronunciamientos —en los 60 días posteriores— dos de las diversas entidades responsables (Lazo-Oscanoa *et al.*, 2022).

En el contexto mundial, se anota que la toma de conciencia en las afectaciones ambientales derivadas del desarrollo industrial, incluyendo las provocadas por los hidrocarburos, motivaron el surgimiento de instituciones nacionales para prevenirlas. Así, hace medio siglo países con estas instituciones eran apenas una decena y ahora superan el centenar. En lo que corresponde a la comunidad internacional, la Organización de las Naciones Unidas adoptó una serie de principios para enfocar la protección ambiental, entre los que resalta el Protocolo de Kioto de 1997, que procura reducir la dependencia de la economía mundial del consumo de combustibles fósiles, por sus efectos contaminantes y otros impactos en el entorno (Guedes-Mozur *et al.*, 2003).

3. Educación y capacitación a comunidades locales

- Capacitar a las comunidades locales en técnicas de monitoreo y respuesta a derrames, fomentando su participación en la preservación de su medioambiente. Ello en particular por su alta dependencia de los recursos acuáticos como fuente de vida y alimentación, en especial por la extracción pesquera.

Entidades encargadas en el Perú: Osinergmin, Produce, Minam, OEFA, el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (Sanipes), los gobiernos regionales y los gobiernos locales, la academia y las organizaciones no gubernamentales (ONG).

Estas acciones contribuyen a que las comunidades locales conozcan mejor las garantías del Estado de derecho y, en especial, del cuidado de las distintas intervenciones humanas, para lograr una convivencia armoniosa y la búsqueda de alternativas de soluciones conjuntas. En particular en muchas de las comunidades nativas afectadas, se evidencia la ausencia de las entidades responsables del Estado en aspectos tan básicos como reconocer los peligros de consumir agua contaminada, las opciones de mecanismos de limpieza y de tratamiento, o identificar fuentes alternativas de obtención de este bien básico. Por otro lado, es necesario reconocer las afectaciones de que pueden ser objeto las especies acuáticas en aguas contaminadas y los peligros de su consumo. Cuando ello se produce, las acciones coordinadas entre las comunidades contribuyeron a la mayor toma de conciencia por parte de las autoridades y las empresas que han causado afectaciones, por lo que se recomienda su fomento (Grados-Bueno y Pacheco-Riquelme, 2016).

Como intervenciones favorables en capacitaciones y en lo que corresponde a la producción acuícola, se resalta la cooperación del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Así, existen casos documentados de que ella ha contribuido a mejorar el consumo de pescado hasta en un 100 % en la comunidad awajún en la región de Amazonas y, con ello, a aminorar la deforestación. Por otro lado, el 83 % de los beneficiarios de los programas de acuicultura han transmitido los conocimientos y prácticas comerciales a otros potenciales acuicultores zonales, lo que contribuye a su consolidación y a la generación de conocimientos y de expectativas favorables de desarrollo comunal (Guzmán *et al.*, 2012).

4. Investigación y desarrollo

- Promover la investigación para entender mejor los efectos de los hidrocarburos en el entorno y en las especies acuícolas, y desarrollar métodos efectivos de prevención, evaluación y de mitigación.

Entidades encargadas en el Perú: Minam, Produce, Osinergmin, los Centros de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica (CITE), el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Concytec), el Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico e Innovación

(ProInnovate), la cooperación internacional y la academia. Como referencias de estos efectos negativos y otros tóxicos existen numerosas publicaciones en medios especializados.

Las aguas acompañantes de las descargas de hidrocarburos contienen sustancias que alteran las condiciones ambientales en cuanto a salinidades, pH y oxígeno disuelto. Contienen también minerales, compuestos químicos, sólidos y gases, que impactan negativamente en el entorno (Fakhru'l-Razi *et al.*, 2009).

Estudios realizados en Colombia de contaminación en medios acuáticos señalan que esta no solo afecta al medio y a las especies que lo habitan, particularmente peces, sino que también ponen en riesgo a las poblaciones circundantes. Se alerta sobre la necesidad de monitorear los posibles efectos en los consumidores, al haberse detectado residuos de contaminantes diversos en especies de peces de aguas continentales, como los bagres Siluriformes (González-M. *et al.*, 2014). En otros ambientes acuáticos afectados por derrames de hidrocarburos, como bosques de manglares, se señala la necesidad de investigar los efectos crónicos en organismos acuáticos, aun varios años después de ocurridos; de igual modo, recomiendan la aplicación de medidas de biorremediación (Garcés-Ordóñez y Espinosa, 2019).

- Desarrollar acciones relacionadas con la biorremediación de medios naturales afectados y con ello facilitar la restitución de poblaciones acuáticas y la ejecución de la acuicultura.

Entidades encargadas: Produce, ProInnovate, IIAP y la academia. A este respecto, se han hecho diversas investigaciones y propuestas que pueden servir de referencia. El desarrollo de prácticas de biorremediación es de apremiante necesidad en el caso de la Amazonía peruana, debido a la trascendencia de la contaminación en ciertas zonas y las escasas o nulas acciones y propuestas de remediación con métodos eficaces.

En cuanto a la biorremediación propuesta, se ha documentado el caso de la contaminación por hidrocarburos proveniente del oleoducto Norperuano en el anexo de Inayo en Imaza, Bagua, y las opciones de aplicación de diferentes mecanismos, según la factibilidad tecnológica y el aspecto económico. Se encontraron alternativas válidas en la oxigenación de suelos al estimular el desarrollo de bacterias autóctonas, y en la bioestimulación con otros microorganismos (Aujasio *et al.*, 2023).

En ecosistemas acuáticos, la biorremediación con bacterias nativas es igualmente de ayuda para mitigar los efectos generados por derrames de hidrocarburos. Los microorganismos tienen el potencial de producir moléculas que degradan los contaminantes y los transforman en sustancias menos tóxicas o inocuas, como el CO₂ y el agua. Se menciona la capacidad para estos efectos de las bacterias de los géneros *Pseudomonas*, *Actinobacter*,



Mycobacterium, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Rhodococcus*, *Bravibacterium*, *Streptococc*, *Stenotrophomonas*, *Methylobacterium* y *Enterobacter*, entre otros (Castillo-Márquez *et al.*, 2023). En adición al uso de bacterias, las microalgas y cianobacterias constituyen igualmente opciones a considerar, en la medida en que se puedan asegurar tecnologías de manejo del medio acuático para su óptimo desenvolvimiento y de aplicación en forma masiva (Ferrera-Cerrato *et al.*, 2006). Si bien son métodos naturales, ambientalmente amigables y sostenibles, que evitan el uso de otras alternativas como compuestos que pueden igualmente ser contaminantes, sus procesos se pueden aplicar a largo plazo, lo que debe igualmente tenerse en cuenta al evaluar su uso (Velásquez-Arias, 2017).

5. Incentivos para prácticas sostenibles

- Ofrecer incentivos para que las empresas e instituciones involucradas en el conjunto de actividades relacionadas con la extracción, el almacenamiento, el transporte y el procesamiento de los productos petroleros adopten prácticas más sostenibles y tecnológicamente avanzadas que minimicen el riesgo de derrames y filtraciones.

Entidades encargadas en el país: gobiernos regionales, Minam, Minem y la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (Sunat).

Existen referencias de acciones desarrolladas en otros países por entidades internacionales y empresas involucradas en la industria de hidrocarburos, en los denominados sistemas de gestión ambiental (SGA), que se refieren a esquemas de trabajo sostenibles y ecoeficientes, y que minimicen los impactos en el medioambiente, en las comunidades y en las personas. Con ello, se mejora también la competitividad de las empresas y sus ventajas en los mercados, entendiendo que los sistemas productivos certificables deben considerarse como un aspecto comercial de la mayor importancia. Es también claro que los citados SGA en las industrias petroleras del mundo, sean estas privadas o estatales, obedecen además a las presiones de las comunidades, en custodia de su necesaria calidad ambiental y de vida. Particularmente, comprenden marcos legales a cumplir, como prevención de la contaminación, enfrentamiento de emergencias y acercamiento a la comunidad (Guedes-Mozur *et al.*, 2003).

- Evaluar fuentes alternas en la producción sostenible de biocombustibles en las regiones que abarca la Amazonía, como opciones energéticas diferentes a los combustibles fósiles, e incluyendo opciones de la intervención acuícola. Entidades encargadas: gobiernos regionales, Minem, Minam, CITE, ONG y la academia.

A este último respecto, existen numerosas propuestas dirigidas a aplicar tecnologías alternativas para la generación de energía, como la producción de biocombustibles no contaminantes a partir de la agricultura, que a la vez puedan generar cadenas de valor

para dar dinamismo a las economías regionales. Los biocombustibles agrícolas (actualmente en su 80 % se refieren al biodiésel), se consideran el sustituto futuro de los combustibles fósiles. Para su éxito y sostenibilidad, sin perjudicar al ecosistema ni a la producción de alimentos, se han evaluado distintas opciones como cultivos de la caña de azúcar y de la palma aceitera, entre otras posibilidades, usando especies nativas o exóticas (SNV-WWF, 2008).

Incorporando a la acuicultura en estas opciones, las microalgas se señalan como de gran eficiencia en el uso del espacio, del recurso acuático y la sustracción de gases de efecto invernadero del entorno (CO₂ principalmente), entre otras ventajas. Para su efectiva aplicación deben asegurarse los aspectos económicos y las mejoras en los procesos productivos de concentración y cosecha, extracción de los lípidos celulares y usos de energía externa (Alazaiza *et al.*, 2023).

Para este objetivo, se han evaluado diferentes especies de microalgas que producen biocombustibles (biodiésel, etanol y biogás) y el estado de las tecnologías, incluyendo las productividades logradas y los lípidos sintetizados. Entre las más destacadas se señalan a los géneros *Spirulina*, *Chlorella*, *Porphyridium*, *Spirogyra* y *Scenedesmus*. Estas alternativas merecen la atención de expertos por sus ventajas y ubicación dentro de los Objetivos del Desarrollo Sostenible de la humanidad. Las prioridades de trabajo están enfocadas en el mejor conocimiento de las especies, su manejo y el conjunto del proceso productivo, incluyendo el costo-beneficio económico (Escobedo y Calderón, 2021; Yin *et al.*, 2020).

Conclusiones y recomendaciones

Es reconocida la necesidad de promover el cuidado y la sostenibilidad del valioso ecosistema amazónico, y en particular del impacto de los hidrocarburos, mediante políticas eficaces y con la activa participación de las comunidades nativas, lo que requiere de atención urgente y acciones coordinadas.

En estos aspectos es necesaria la concurrencia ordenada y proactiva de los organismos nacionales competentes, sean estos dependientes del gobierno central, como Osinergmin, Sanipes, OEFA, Minem, la Autoridad Nacional del Agua (ANA), entre otros, y de los gobiernos regionales y los gobiernos locales.

Los aportes de la academia en estos ámbitos resultan igualmente de importancia, tanto en la capacitación continua de los cuadros profesionales de las diferentes instituciones públicas y organismos de gestión y control comprometidos, como de quienes participan en actividades privadas y comunales. Asimismo, en la interacción con la sociedad de diversas maneras, como actividades de extensionismo técnico, eventos especializados de difusión y de consulta, e igualmente en la realización de la investigación especializada.

La revisión realizada en este documento permite relacionar los impactos de los derrames de hidrocarburos en los ambientes para el desarrollo de la acuicultura amazónica y la necesidad de establecer medidas y políticas eficaces y coordinadas para mitigar sus efectos. Se recomienda implementar sistemas de monitoreo riguroso de los cuerpos hídricos, planes de respuesta rápida a estos derrames, programas de gestión, de capacitación y de concientización, e incentivos para la adopción de tecnologías limpias. A través de la implementación de estas medidas y la activa participación de las comunidades, es posible promover la acuicultura sostenible, como actividad de provisión de alimentos, de desarrollo comunal, de oportunidades económicas y comerciales, y de aportes diversos a la preservación del entorno.

Contribución de autoría

C. Berger Cebrelli: conceptualización, investigación, supervisión, visualización, redacción; A. Palomino Ramos: conceptualización, metodología, investigación, redacción (borrador original).

Fuente de financiamiento

Este trabajo fue autofinanciado.

Potenciales conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Referencias bibliográficas

- Alazaiza, M. Y. D., Albahnasawi, A., Al Maskari, T., Abujazar, M. S. S., Bashir, M. J. K., Nassani, D. E. y Abu Amr, S. S. (2023).** «Biofuel production using cultivated algae: Technologies, economics, and its environmental impacts». *Energies*, 16(3), 1316. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/en16031316>
- Álvarez-Alonso, J. (2020).** «Impactos del mercurio en los ecosistemas amazónicos y en la salud humana». I Congreso Internacional sobre Amazonía Peruana: Investigación para el Desarrollo, Perspectivas y Retos. Iquitos: CONIAP.
- Arévalo, J. (2021).** «La acuicultura en Loreto». En A. Chirif (ed.), *Remando por Loreto. Análisis socioeconómico, político y ambiental de la región* (pp. 160-165). Lima: Kené, Instituto de Estudios Forestales y Ambientales. Disponible en: <https://keneamazon.net/Documents/Publications/Remando-por-Loreto-Ira-edicion.pdf>
- Asociación de la Industria Global del Petróleo y del Gas para Cuestiones Medioambientales y Sociales, IPIECA, y Asociación Internacional de Productores de Petróleo y Gas, IOGP. (2015).** *Planificación para contingencias por derrames de hidrocarburos en el agua. Guía de buenas prácticas para el desarrollo de una capacidad de respuesta eficaz ante derrames*. Londres: IOGP. Disponible en: <https://webaplicacion.apn.gob.pe/proyecto/wp-content/uploads/2022/06/PLANIFICACION-PARA-CONTINGENCIAS-POR-DERRAMES-DE-HIDROCARBUROS.pdf>
- Atlas, R. M. y Hazen, T. C. (2011).** «Oil biodegradation and bioremediation: A tale of the two worst spills in U.S. history». *Environmental Science & Technology*, 45(16), pp. 6709-6715. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/es2013227>
- Aujasio, L., Cruz, R., Sarmiento, S. y Ruiz-Huamán, C. (2023).** «Contaminación por hidrocarburos: prospectiva biotecnológicas para la remediación de suelos en bosques tropicales, caso aplicativo Amazonía peruana, Bagua - Imaza». *Leadership in Education and Innovation in Engineering in the Framework of Global Transformations: Integration and Alliances for Integral Development*. Buenos Aires, 19-21 de julio de 2023. Disponible en: https://laccei.org/LACCEI2023-BuenosAires/papers/Contribution_1157_a.pdf
- Azevedo-Santos, V. M., García-Ayala, J. R., Fearnside, P. M., Esteves, F. A., Pelicice, F. M., Laurance W. F. y Benine, R. C. (2016).** «Amazon aquatic biodiversity imperiled by oil spills». *Biodiversity and Conservation*, 25(13), pp. 2831-2834. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1192-9>
- Berger, C. (2020).** «La acuicultura y sus oportunidades para lograr el desarrollo sostenible en el Perú». *South Sustainability*, 1(1), e003. Disponible en: <https://doi.org/10.21142/SS-0101-2020-003>
- Bleeker, E. A. J. y Verbruggen, E. M. J. (2009).** «Bioaccumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons in aquatic organisms». *RIVM National Institute for Public Health and the Environment*. Report 601779002/2009. Disponible en: <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/601779002.pdf>
- Castillo-Márquez, R. C., Treviño-Carreón, J., López-Santillán, J. A., Osorio-Hernández, E., Poot-Poot, W. A. y Estrada-Drouaillet, B. (2023).** «Importancia de las bacterias nativas de ambientes acuáticos afectados por derrames de petróleo». *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 31(88), e3999. Disponible en: <https://doi.org/10.33064/iycuaa2023883999>
- Escobedo, M. J. y Calderón, A. C. (2021).** «Biomasa microalgal con alto potencial para la producción de biocombustibles». *Scientia Agropecuaria*, 12(2), pp. 265-282. Disponible en: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.030>
- Fakhru'l-Razi, A., Pendashteh, A., Abdullah, L. C., Biak, D. R., Madaeni, S. S. y Abidin, Z. Z. (2009).** «Review of technologies for oil and gas produced water treatment». *Journal of Hazardous Materials*, 170(2-3), pp. 530-551. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.05.044>
- Ferrera-Cerrato, R., Rojas-Avelizapa, N. G., Poggi-Valardo, H. M., Alarcón, A. y Cañizares-Villanueva, R. O. (2006).** «Procesos de biorremediación de suelo y agua contaminados por hidrocarburos del petróleo y otros compuestos orgánicos». *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 48(2), pp. 179-187. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-2006/mi062s.pdf>
- Fingas, M. (2011).** *Oil spill science and technology: Prevention, response, and cleanup*. Oxford: Elsevier. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/C2009-0-19703-9>
- Garcés-Ordóñez, O. y Espinosa, L. (2019).** «Contaminación por hidrocarburos en sedimentos de manglar del estuario del río Mira, Pacífico colombiano, afectados por derrames de petróleo crudo». *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 48(1), pp. 159-168. Disponible en: <https://aquadocs.org/handle/1834/15991>
- González-M., J., Landines, M., Borbón, J., Correal, M., Sánchez, C. y Rodríguez, L. (2014).** «Evaluación de algunos marcadores de exposición a contaminantes en tres especies de bagres colombianos (Pisces: Siluriformes)». *Biota Colombiana*, 15(1), pp. 40-51. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/491/49140739003.pdf>
- Grados-Bueno, C. y Pacheco-Riquelme, E. M. (2016).** «El impacto de la actividad extractiva petrolera en el acceso al agua: el caso de dos comunidades Kukama Kukamiria de la cuenca del Marañón (Loreto, Perú)». *Anthropologica*, XXXIV(37), pp. 33-59. Disponible en: <https://doi.org/10.18800/anthropologica.201602.002>
- Guedez-Mozur, C., De Armas-Hernández, D., Reyes-Gil, R. y Galván-Rico, L. (2003).** «Los sistemas de gestión ambiental en la industria petrolera internacional». *Interciencia*, 28(9), pp. 528-533. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003000900006
- Guzmán, W., Halpern, G., Nakagawa, N., Albán, M. y Tupica, F. (2012).** «Promoción de la piscicultura en territorio de comunidades indígenas en el departamento de Amazonas: evidencia empírica sobre adopción de tecnología e indicadores de seguridad alimentaria y conservación de bosques». *Memoria del Primer Encuentro de Investigadores Ambientales 2012*. 12-13 de diciembre de 2012. Iquitos: Ministerio del Ambiente. Disponible en: https://repositoriodigital.minam.gob.pe/bitstream/handle/123456789/522/OBINAM_MI_11.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- International Tanker Owners Pollution Federation Limited, ITOPF. (2014).** «Efectos de la contaminación por hidrocarburos en el sector de la pesca y la acuicultura». Documento de Información Técnica 11. Disponible en: https://www.itopf.org/fileadmin/language_variants/Final_TIP_11_2011_SP.pdf
- Jara, B. (15 de febrero de 2022).** «Derrames de petróleo en la Amazonía: desastres de gran impacto, pero con menos atención». *SPDA Actualidad Ambiental*. Disponible en: <https://www.actualidadambiental.pe/derrames-de-petroleo-en-la-amazonia-desastres-de-gran-impacto-pero-con-menos-atencion/>
- Lazo-Oscanoa, C. A., Alzamora-Solís, K. X., Llanos-García, J. R., Solís-Mendoza, K. R. E., Cortijo-Guerrero, M. G., Perales-Palomino, N. D., Suclupe-Benites, Y. y Puraca-Mamani, W. J. (2022).** «Análisis de la normativa aplicable por el derrame de hidrocarburos en Ventanilla». *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 25(50), pp. 363-372. Disponible en <https://doi.org/10.15381/iigeo.v25i50.22868>

- Montes-Tapia, K., Peña-Quispe, P. y Ames-Vega, E. (2022).** «Cumplimiento de la regulación y gobernanza de la fiscalización ambiental: Análisis del derrame de petróleo en la bahía de Ventanilla, Perú». *Revista de Derecho Ambiental*, 18, pp. 345-366. Disponible en: <https://doi.org/10.5354/0719-4633.2022.67948>
- Neff, J. M. (2002).** *Bioaccumulation in marine organisms: Effect of contaminants from oil well produced water*. Massachusetts: Elsevier. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-043716-3.X5000-3>
- Orta, M. (2020).** «Impactos del petróleo en ecosistemas amazónicos: el caso del bloque 1AB/192 en la Amazonía peruana». I Congreso Internacional sobre Amazonía Peruana: Investigación para el Desarrollo, Perspectivas y Retos. CONIAP 2020. Iquitos, 23-27 de noviembre de 2020.
- Rodríguez-Flores, V. y Reyes-Ramírez, C. (2021).** «La pesca en Loreto: entre la invisibilidad y la posibilidad». En A. Chirif (ed.), *Remando por Loreto. Análisis socioeconómico, político y ambiental de la región* (pp. 125-136). Lima: Kené, Instituto de Estudios Forestales y Ambientales. Disponible en: <https://keneamazon.net/Documents/Publications/Remando-por-Loreto-1ra-edicion.pdf>
- Sadauskas-Henrique, H., Braz-Mota, S., Campos, D. F., Barroso, H., Kochhann, D., Val, A. I. y De Almeida-Val, V. M. F. (2024).** «Oil spill in an amazon blackwater environment: Biochemical and physiological responses of local fish species». *Environmental Research*, 250, 118347. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118347>
- Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo, SNV, y World Wildlife Fund, WWF. (2008).** *Impactos socio-económicos de la producción de biocombustibles en la Amazonía peruana*. Tarapoto y Pucallpa: WWF Oficina del Programa Perú. Disponible en: https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/bioenergia/snv/Impactos_Version_Final_FF%20Word_MV.pdf
- Subasinghe, R. P., Bueno, P., Phillips, M. J., Hough, C., McGladdery, S. E. y Arthur, J. E. (Eds.). (2001).** *Aquaculture in the Third Millennium*. Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific, NACA. Disponible en: <https://enaca.org/?id=413>
- Tang M, J. (2021).** «Manejo pesquero: Loreto, el reino de los Yacurunas». En A. Chirif (ed.), *Remando por Loreto. Análisis socioeconómico, político y ambiental de la región* (pp. 150-156). Lima: Kené, Instituto de Estudios Forestales y Ambientales. Disponible en: <https://keneamazon.net/Documents/Publications/Remando-por-Loreto-1ra-edicion.pdf>
- Tranca, J. (10 de mayo de 2022).** «En Perú, los derrames de petróleo manchan a la Amazonía. ¿Por qué se actúa tan lentamente?». *Dialogue Earth*. Disponible en: <https://dialogue.earth/es/polucion/53777-en-peru-los-derrames-de-petroleo-manchan-a-la-amazonia-por-que-se-actua-tan-lentamente/>
- Velásquez-Arias, J. A. (2017).** «Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación». *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(1), pp. 151-167. Disponible en: <https://doi.org/10.22490/21456453.1846>
- Viale, C. (2024).** *Petróleo en la Amazonía peruana: Análisis económico del futuro de los hidrocarburos en un contexto de transición energética global*. Lima: Natural Resource Governance Institute. Disponible en: https://resourcegovernance.org/sites/default/files/2024-01/Petro%CC%81leo%20en%20la%20Amazoni%CC%81a%20Peruana_NRGI_2024.pdf
- Yin, Z., Zhu, L., Li S., Hu, T., Chu, R., Mo, F., Hu, D., Liu, C. y Li B. (2020).** «A comprehensive review on cultivation and harvesting of microalgae for biodiesel production: Environmental pollution control and future directions». *Bioresource Technology*, 301, 122804. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122804>

