



Impacto al ambiente y a la salud pública por contaminación de hidrocarburos totales en la cuenca hidrográfica del río Coca y comunidades indígenas Kichwa

Impact on the environment and public health due to total hydrocarbon contamination in the Coca River watershed and Kichwa indigenous communities

Impacto ambiental e de saúde pública da poluição total por hidrocarbonetos na bacia hidrográfica do Rio Coca e nas comunidades indígenas Kichwa

Jenny Nagua-Salinas ^I

jennynaguasalinas1995@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0007-6351-6329>

John Molina-Villamar ^{II}

jmolina@inspi.gob.ec
<https://orcid.org/0000-0003-2893-326X>

Irán Rodríguez-Delgado ^{III}

irodriguez@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6453-2108>

Bella Crespo-Moncada ^{IV}

bella.crespo@cu.ucsg.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-8964-8150>

Correspondencia: jennynaguasalinas1995@gmail.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 03 de febrero de 2024 * **Aceptado:** 14 de marzo de 2024 * **Publicado:** 30 de abril de 2024

- I. Universidad Técnica de Machala, Maestría en Recursos Naturales Renovables, Ecuador.
- II. Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública - Dr. Leopoldo Izquieta Pérez INSPI-LIP, Dirección Técnica de Investigación, Desarrollo e Innovación, Ecuador.
- III. Universidad Técnica de Machala, Maestría en Recursos Naturales Renovables, Ecuador.
- IV. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, Universidad de Córdoba, España, Doctorado de Biociencias y Ciencias Agroalimentarias, España.

Resumen

Los hidrocarburos totales de petróleo (TPH) son compuestos orgánicos cuya extracción y procesamiento ha conllevado a desastres ambientales y afectaciones a la salud pública, debido a eventos que han generado derrames de crudo a los recursos naturales. El objetivo de este estudio observacional fue determinar el impacto ambiental por hidrocarburos totales mediante indicadores de calidad de suelo, inventario florístico, faunístico y la percepción de los habitantes de las comunidades indígenas kichwa aledañas a la cuenca hidrográfica del Río Coca, para ello, se realizaron muestreos de Macroinvertebrados en cinco parcelas de 1 hectárea y se tomaron 10 muestras de 25 cm x 25 cm por 30 cm en cada área. También se muestrearon especies arbóreas maderables en cinco parcelas de 400 m². Además, se tomaron muestras de suelo para el análisis de TPH en cuatro parcelas de 1 ha., 12 submuestras en cada lugar a 30 cm. Conjuntamente, se realizaron encuestas en tres comunidades. Se obtuvo como resultado una ausencia significativa de Macroinvertebrados y flora que indica un impacto negativo en el ambiente. Los análisis de TPH determinaron que las cantidades exceden a los LMP establecidos por la normativa ecuatoriana. En cuanto a la percepción, los encuestados no poseen un conocimiento pleno de todos los daños que los hidrocarburos causan al entorno, sin embargo, perciben las afectaciones en el ambiente y en su salud.

Palabras Clave: Hidrocarburos; Petróleo; Macroinvertebrados; Flora; Percepción.

Abstract

Total petroleum hydrocarbons (TPH) are organic compounds whose extraction and processing has led to environmental disasters and impacts on public health, due to events that have generated crude oil spills into natural resources. The objective of this observational study was to determine the environmental impact of total hydrocarbons through soil quality indicators, floristic and faunal inventory and the perception of the inhabitants of the Kichwa indigenous communities surrounding the Coca River hydrographic basin. To this end, Macroinvertebrates were sampled in five 1 hectare plots and 10 samples of 25 cm x 25 cm by 30 cm were taken in each area. Timber tree species were also sampled in five 400 m² plots. In addition, soil samples were taken for TPH analysis in four 1 ha plots, 12 subsamples at each location at 30 cm. Jointly, surveys were carried out in three communities. The result was a significant absence of Macroinvertebrates and flora, indicating a

negative impact on the environment. TPH analyzes determined that the quantities exceed the LMP established by Ecuadorian regulations. Regarding perception, those surveyed do not have full knowledge of all the damage that hydrocarbons cause to the environment, however, they perceive the effects on the environment and their health.

Keywords: Hydrocarbons; Petroleum; Macroinvertebrates; Flora; Perception.

Resumo

Os hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH) são compostos orgânicos cuja extração e processamento têm gerado desastres ambientais e impactos na saúde pública, devido a eventos que geraram derramamentos de petróleo bruto nos recursos naturais. O objetivo deste estudo observacional foi determinar o impacto ambiental dos hidrocarbonetos totais através de indicadores de qualidade do solo, inventário florístico e faunístico e a percepção dos habitantes das comunidades indígenas Kichwa no entorno da bacia hidrográfica do Rio Coca. Para tanto, foram amostrados Macroinvertebrados em. foram retiradas cinco parcelas de 1 hectare e 10 amostras de 25 cm x 25 cm por 30 cm em cada área. Espécies madeireiras também foram amostradas em cinco parcelas de 400 m². Além disso, foram coletadas amostras de solo para análise de TPH em quatro parcelas de 1 ha, 12 subamostras em cada local a 30 cm. Em conjunto, foram realizadas pesquisas em três comunidades. O resultado foi uma ausência significativa de macroinvertebrados e flora, indicando um impacto negativo no meio ambiente. As análises de TPH determinaram que as quantidades excedem o LMP estabelecido pela regulamentação equatoriana. Quanto à percepção, os pesquisados não têm pleno conhecimento de todos os danos que os hidrocarbonetos causam ao meio ambiente, porém, percebem os efeitos no meio ambiente e na sua saúde.

Palavras-chave: Hidrocarbonetos; Petróleo; Macroinvertebrados; Flora; Percepção.

Introducción

La cuenca hidrográfica del río Coca abarca un área de 5283,74 km² y se forma de la unión del río Quijos y el Salado, localizada en el nororiente del Ecuador, en la vertiente Atlántica de la cordillera de los Andes, que es una extensión de transición entre de la Sierra hacia la Amazonía y se caracteriza por un clima cálido húmedo en la parte media y baja, que llega hasta 260 msnm y un clima frío seco en las zonas altas de las montañas que llega hasta los 5790 msnm (Meneses, 2022).

En la cuenca Hidrográfica Río Coca, las familias dependen del agua de este afluente para consumo doméstico, pescar, cría de animales y para irrigación. Por esta razón, la contaminación del agua de este río afecta gravemente a la vida y salud de estas comunidades, tanto por la importancia del agua para su modo de supervivencia, como por las fuertes emanaciones tóxicas que se diseminan en el ambiente y que provocan problemas a su bienestar como dolores de cabeza, mareos y náuseas, además otras afectaciones más graves como anomalías reproductivas, daño a los nervios y cáncer (Unidas, 2022).

En el año 2020, se produjo uno de los mayores derrames en la provincia de Sucumbíos, que impactó la cuenca hidrográfica del río Coca, esto ocurrió debido a la ruptura de la infraestructura del Sistema del Oleoducto Transecuatoriano (SOTE) y del Oleoducto de Petróleo Pesados Ecuador, a causa de la erosión en el lecho del recurso hídrico, como resultado, vertiéndose alrededor de 15800 barriles de petróleo en la cuenca alcanzando incluso al río Napo (Coba, 2021). Este vertimiento que sucedió específicamente en el sector San Rafael, afectó aproximadamente a 105 comunidades indígenas Kichwa que habitan aguas abajo del río Coca (Yépez et al., 2023).

Cuando los hidrocarburos se encuentran en el entorno natural, una parte del TPH flotará en el agua y creará una capa superficial, mientras que el otro fragmento se depositará en los sedimentos del fondo. Algunas fracciones pueden permanecer adheridas al suelo durante un largo período de tiempo. La contaminación por hidrocarburos en el suelo, recurso hídrico superficial o subterráneo, se da cuando este supera la capacidad de degradación de los microorganismos (Rodríguez et al., 2022).

Para conocer el impacto generado a la cuenca hidrográfica del río Coca y en las comunidades es necesario utilizar indicadores de biodiversidad, los cuales son una medida que se basa en datos verificables que emiten información acerca del estado de la población de una especie o un ecosistema (Michel et al., 2019). Bajo el contexto establecido, este estudio tiene como objetivo determinar el impacto ambiental por hidrocarburos totales mediante indicadores de calidad de suelo, inventario florístico, faunístico y la percepción de los habitantes de las comunidades indígenas kichwa aledañas a la cuenca hidrográfica del río Coca respecto a los impactos ambientales y en la salud de sus poblaciones.

Materiales y métodos

La presente investigación se realizó en la Cuenca hidrográfica Río Coca, en la provincia de Orellana, parroquia San Sebastián del Coca, en las coordenadas Longitud: 77°08'35.2"W y Latitud: 0°05'47.8"S, a una altitud de 1243 msnm.

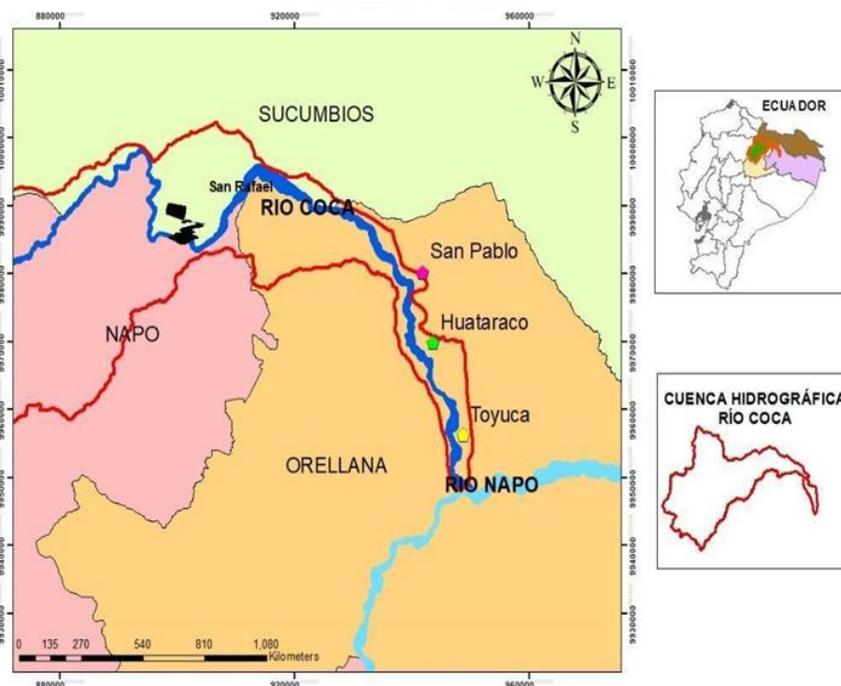


Figura 1. Ubicación del área de investigación.

Para llevar a cabo la investigación se tomaron datos de Macroinvertebrados, especies arbóreas y suelo en diferentes puntos de muestreo, así mismo, se aplicó una encuesta previamente construida y validada por expertos con la finalidad de conocer la percepción de las personas en las comunidades Toyuca, Huataraco y San Pablo.

Para la recolección de datos de Macroinvertebrados como indicadores de biodiversidad se seleccionaron cuatro clases que son: lombrices de tierra (Oligochaeta), caracoles (Gastropoda), milpiés (Diplopoda) y escarabajos (Coleoptera), debido a que su abundancia se relaciona con el nivel de perturbación en los ecosistemas, manejo, restauración, invasión de especies y contaminación por diferentes factores (Cabrera et al., 2021).

En el muestreo de la Macroinvertebrados se utilizó la Metodología del Programa de Investigación Internacional Biología y Fertilidad del Suelo Tropical (TSBF) (Anderson & Ingram, 1993), que

consiste en extraer muestras de suelo de 25 cm x 25 cm por 30 cm, al azar y de forma lineal. Por lo tanto, se realizaron 10 muestreos de suelo con Macroinvertebrados a una distancia de 10 metros por cada excavación. Se seleccionaron cinco parcelas cada una de 1 hectárea, identificadas como Zona de Derrame, San Pablo, Huataraco, Toyuca y la Zona de Control; esta última es una zona con poca actividad antropogénica. El proceso descrito fue realizado desde el 17 al 19 de octubre de 2023. El suelo extraído con una pala se colocó directamente en una bandeja plástica para su exploración y recolección de la Macroinvertebrados de forma manual in situ.

El muestreo de florístico se realizó el día 20 de octubre de 2023, estableciéndose cinco parcelas temporales, cada una de 400 m², denominadas Zona de derrame, San Pablo, Huataraco, Toyuca y Zona de Control y se identificaron las especies forestales de las diferentes áreas, con base en la metodología utilizada por Santelices & Riquelme (2007).

Para el muestreo de suelo para el análisis de TPH, la salida de campo fue el 15 y 16 de noviembre de 2023. La recolección se ejecutó de acuerdo a la metodología de Osorio (2010); que recomienda que en una unidad de muestreo se recolectan de 10 a 20 submuestras; se seleccionó cuatro parcelas de 1 hectárea. Para la recolección se siguió un recorrido en zigzag, y se tomó una submuestra en cada vértice. Se removieron las hojarascas y, con la ayuda de una pala se efectuaron las excavaciones a 30 cm de profundidad. Por cada parcela se tomaron 12 submuestras que fueron colocadas en un balde plástico para la homogeneización y obtención de la muestra representativa de 1 kg que fueron colocadas en bolsas plásticas. Finalmente, se obtuvieron cuatro muestras compuestas, que fueron analizadas en laboratorio.

Se realizó encuestas a tres comunidades Kichwa: San Pablo, Huataraco y Toyuca, una población finita y se calculó el tamaño de la muestra con la fórmula en basada en la metodología utilizada por Vázquez & Peña (2022):

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{e^2 (N-1) + Z^2 \times p \times q}$$

Donde: n= tamaño de la muestra, N = tamaño de la población objeto de estudio. Z = nivel de confianza, es un valor constante en relación al porcentaje de confianza seleccionado varía del 95% al 99%, el 95% equivale a 1,96, este valor es definido de acuerdo al criterio de los investigadores, e = error muestral, varía entre el 1% al 9 % y equivale a 0,01 y 0,09 correspondientemente, p = variabilidad positiva, q = variabilidad negativa.

Teniendo los valores de $N = 27$ para San Pablo, $N = 33$ para Huataraco y $N = 45$ de la comunidad de Toyuca; $Z = 1,96$; $e = 0,01$; $p = 0,5$; $q = 0,5$. El resultado para San Pablo fue de 14 encuestas, 17 para la comunidad de Huataraco y 23 para Toyuca.

Las encuestas constan de cuatro secciones denominadas: Conocimiento, Impacto Ambiental, Impacto Socioeconómico, Salud y Seguridad.

Para reducir la dimensionalidad de las variables Macroinvertebrados y flora presente en función de los puntos de muestreo se realizó un análisis de correspondencias simple, donde se obtuvo un gráfico de dispersión biespacial en el cual se muestra la cercanía-lejanía de las categorías de ambas variables. Categorías cercanas indican asociación alta, categorías alejadas indican que no se presenta relación entre ellas.

Resultados

Macroinvertebrados

En la dispersión biespacial (Figura 2), se observa una separación de los Macroinvertebrados en la zona de derrame, esto indica ausencia significativa de estos organismos. Sin embargo, en la zona de control se señala una presencia considerable de lombrices, escarabajos y caracoles, aunque no se registraron milpiés, mientras que en la comunidad San Pablo los milpiés fueron la única clase que se registró. En la comunidad Huataraco, se evidenció una proximidad con caracoles y una lejanía no muy marcada con las lombrices y escarabajos, esto indica una menor afectación a la Macrofauna, sin embargo, no se encuentra relación con milpiés. En Toyuca se visualiza alta cercanía con los caracoles, a diferencia de las lombrices y escarabajos que tienen una leve cercanía, al igual que en Huataraco no se encuentran milpiés. Estos resultados indican una afectación negativa a la biodiversidad debido a la contaminación por hidrocarburos.

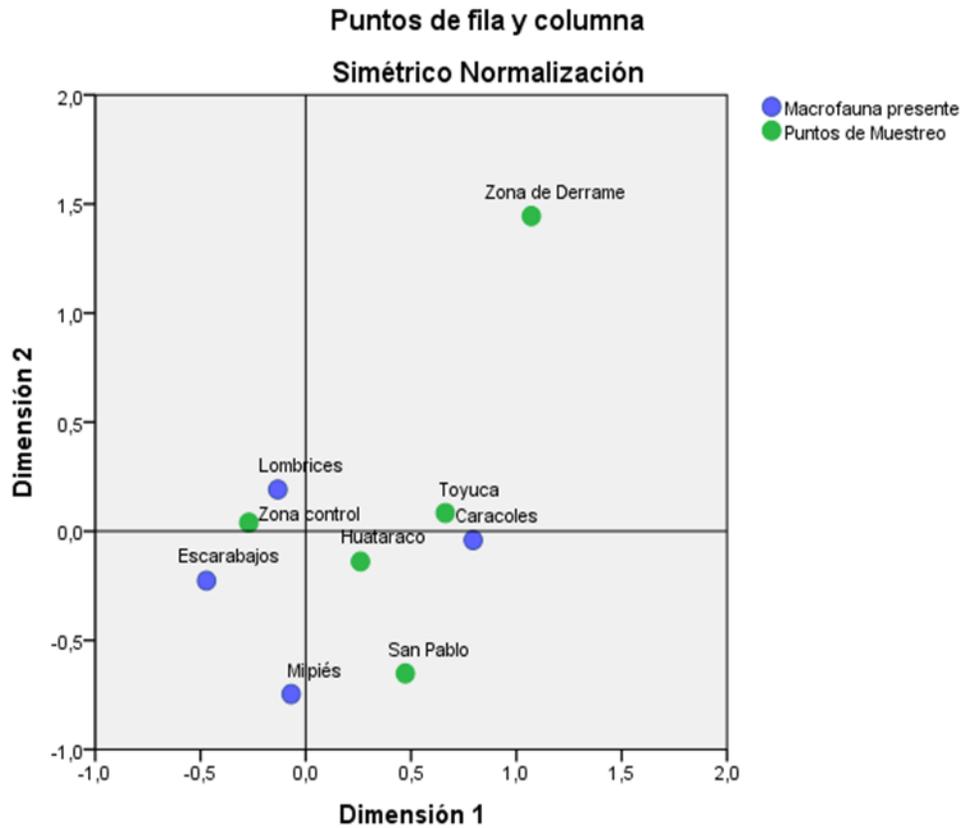


Figura 2. – Dispersión biespacial de la Macroinvertebrados.

Flora

La dispersión biespacial (Figura 3) de las especies forestales muestreadas, muestra que en la Zona de derrame se identifican árboles de *Cecropia peltata* y *Bactris gasipaes*. En la comunidad San Pablo, se visualiza la especie *Tectona grandis* y *Zygia longnifolia*. En la comunidad Huataraco, la especie que tiene más proximidad es la *Cupressus lusitánica*, mientras que en la comunidad Toyuca los árboles con mayor abundancia son la *Tectona grandis*, *Hevea brasiliensis* y *Ochroma pyramidale*. En contraste, en la zona de control se registra una mayor cantidad y diversidad de árboles, que incluyen *Ceiba pentandra*, *Iriarte deltoidea*, *Inga edulis*, *Swietenia macrophylla*, *Ochroma pyramidale* y *Hevea brasiliensis*, es decir: una mayor diversidad de especies en comparación con las áreas afectadas por el derrame de hidrocarburos totales de petróleo, lo que sugiere un impacto negativo a la flora en las áreas estudiadas de la cuenca hidrográfica Río Coca.

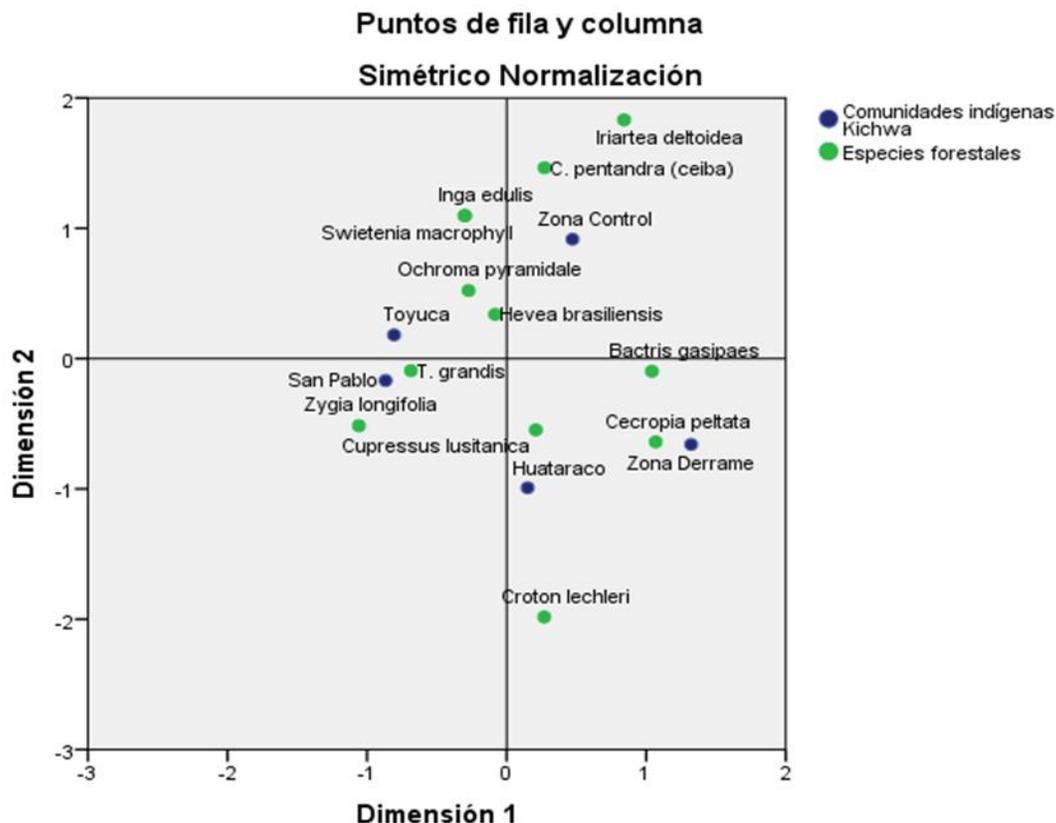


Figura 3. Dispersión biespacial de la flora.

La figura 4 revela la distribución de especies forestales en el área de muestreo, en la comunidad Toyuca la especie con mayor abundancia es la *Zygia longifolia*, al igual que en San Pablo. En la comunidad Huataraco se observa que las especies con mayores registros son la *Cecropia peltata* y *Bactris gasipaes*. Finalmente, en la zona de control, las especies con más frecuencia son la *Ceiba pentandra*, *Iriarte deltoidea*, *Inga edulis*, *Swietenia macrophylla*, *Ochroma pyramidale* y *Hevea brasiliensis*.

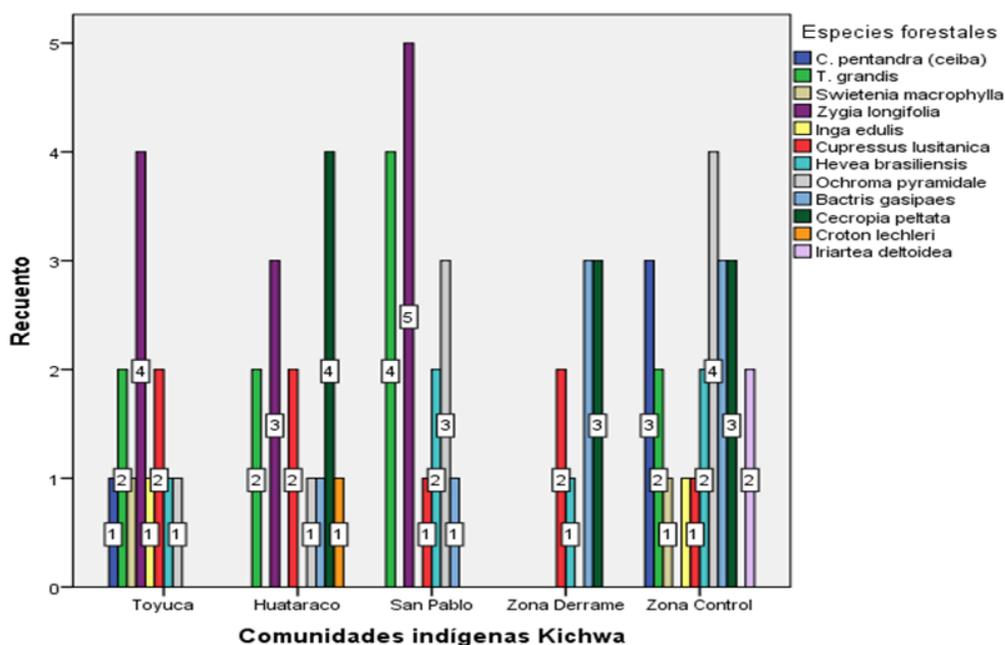


Figura 4. Especies florísticas encontradas por comunidad

La relación entre las comunidades Indígenas kichwa y el estado de los árboles (tabla 2) evidencia un impacto negativo a la biodiversidad en las áreas contaminadas por hidrocarburos.

Tabla cruzada Comunidades indígenas Kichwa*Estado de árboles

Comunidades Indígenas Kichwa	Comunidad	Estado de árboles	Estado de árboles		Total
			Vivo	Muerto	
Comunidades Indígenas Kichwa	Toyuca	Recuento	3	10	13
		% dentro de Comunidades	23,1 %	76,9%	100%
	Huataraco	Recuento	4	10	14
		% dentro de Comunidades	28,6%	71,4%	100%
	San Pablo	Recuento	0	16	16
		% dentro de Comunidades	0,0%	100%	100%
	Zona Derrame	Recuento	0	9	9
		% dentro de Comunidades	0,0%	100%	100%
	Zona Control	Recuento	22	0	22
		% dentro de Comunidades	100%	0,0%	100%
	Total	Recuento	29	45	74

% dentro de Comunidades	39,2%	60,8%	100%
-------------------------	-------	-------	------

Tabla 2. Comparación de comunidades indígenas kichwa y el estado de los árboles.

TPH en el suelo

El gráfico de TPH en el suelo de los diferentes puntos de muestreo (figura 5) reveló rangos muy elevados de contaminación en las áreas muestreadas, con una disminución gradual en las comunidades aguas abajo. En la zona de derrame, se registró el nivel más alto de TPH, con una concentración de 1929 mg/kg. La comunidad San Pablo evidenció una concentración ligeramente menor correspondiente a 1719 mg/kg, seguida Huataraco que registra un valor de 1662 mg/kg y Toyuca con 1471 mg/kg, estos valores superan ampliamente los límites máximos permisibles establecidos por el Anexo 2 del libro VI del TULSMA, Acuerdo Ministerial 097-A, que especifica un límite máximo permisible de 150 mg/kg. lo que genera graves afectaciones para la salud del suelo, el entorno y la población humana de la cuenca hidrográfica Río Coca.

Por otro lado, según el Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador, los límites máximos permisibles (LMP) para el contenido de TPH varían según el uso del suelo. Para la agricultura, es de 2.500 mg/kg; para la industria es de 4.000 mg/kg; y para ecosistemas sensibles, es de 1.000 mg/kg. Al comparar estos límites con los resultados de los análisis de TPH en la cuenca hidrográfica Río Coca, se observa que los niveles sobrepasan los LMP se encuentran en el contexto de los ecosistemas sensibles. Este resultado señala una contaminación significativa en la zona. Es importante recalcar que este lugar es un ecosistema sensible al estar expuesta a grandes contaminaciones de Hidrocarburos totales de petróleo por los constantes derrames además de otros factores como la deforestación y el uso agropecuario que perjudican la calidad del suelo, agua, aire y de la biodiversidad de esta área.

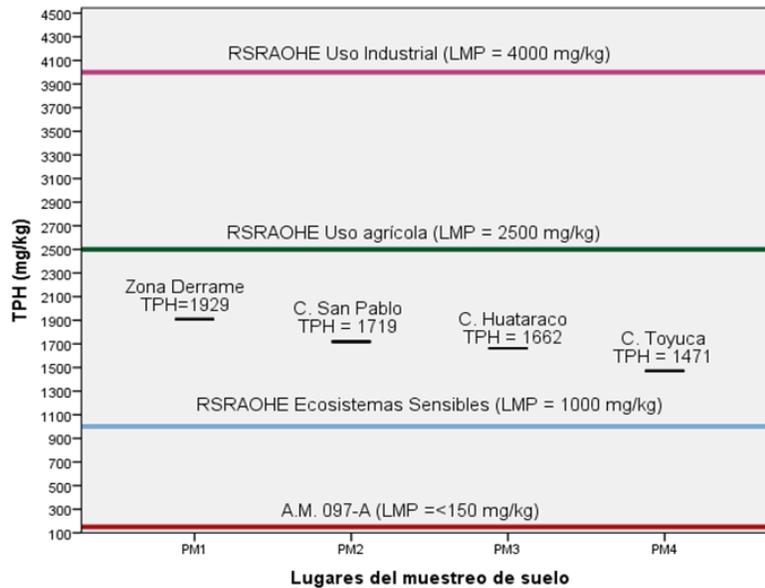


Figura 5. Comparación de los resultados de TPH del suelo.

Encuestas

El conocimiento de los riesgos a la salud asociados a la exposición a hidrocarburos derramados es escaso, tanto en Toyuca, Huataraco y San Pablo alrededor de $\frac{2}{3}$ partes de los encuestados indicaron que poseen *poco o nada* de conocimiento sobre el tema (Figura 6).

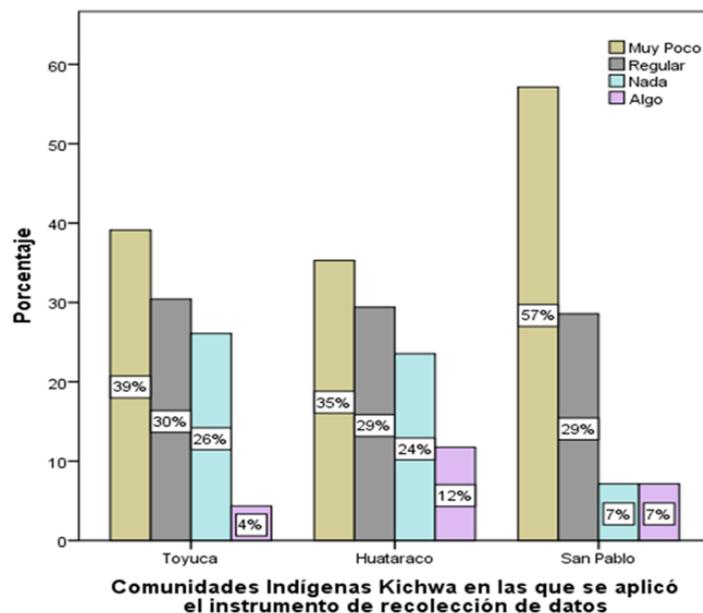


Figura 6. Conoce los posibles riesgos a la salud asociados a la exposición a hidrocarburos.

Al ser consultados sobre si la presencia de hidrocarburos en la cuenca ha afectado a la salud de los habitantes de las comunidades, en Toyuca, Huataraco y San Pablo respondieron que están *totalmente de acuerdo* (Figura 7). Estos datos exponen que los pobladores están conscientes que existe una afectación a la salud por la presencia de hidrocarburos en la cuenca hidrográfica Río Coca.

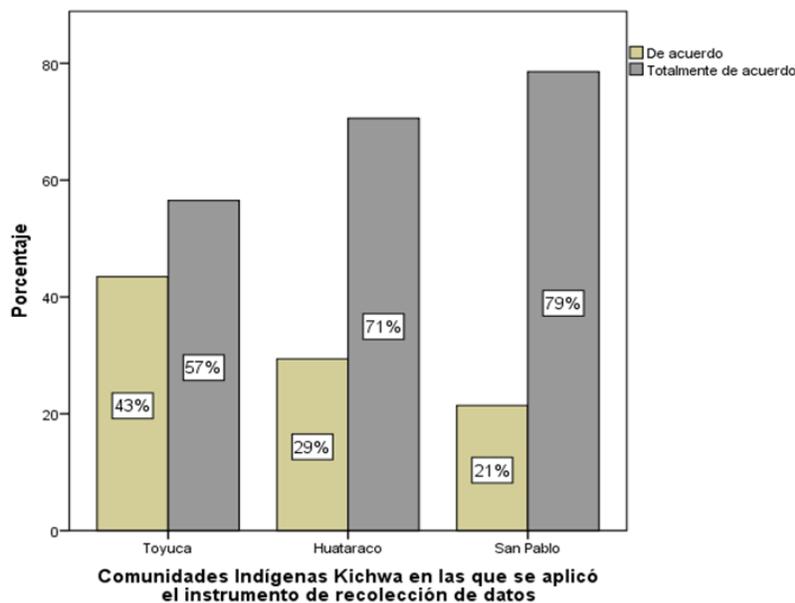


Figura 7. Los hidrocarburos han afectado a la salud de las personas de las comunidades.

Al ser consultados sobre si existen recursos médicos disponibles, la totalidad de los encuestados de las tres comunidades manifestaron estar “*totalmente en desacuerdo*” o “*en desacuerdo*” en que existan suficientes insumos para abordar problemas de salud relacionados con la afectación por hidrocarburos (Figura 8). Manifestando que los suministros médicos no son accesibles en las comunidades y/o carecen de centros de salud con medicamentos para enfermedades relacionadas con la contaminación por hidrocarburos.

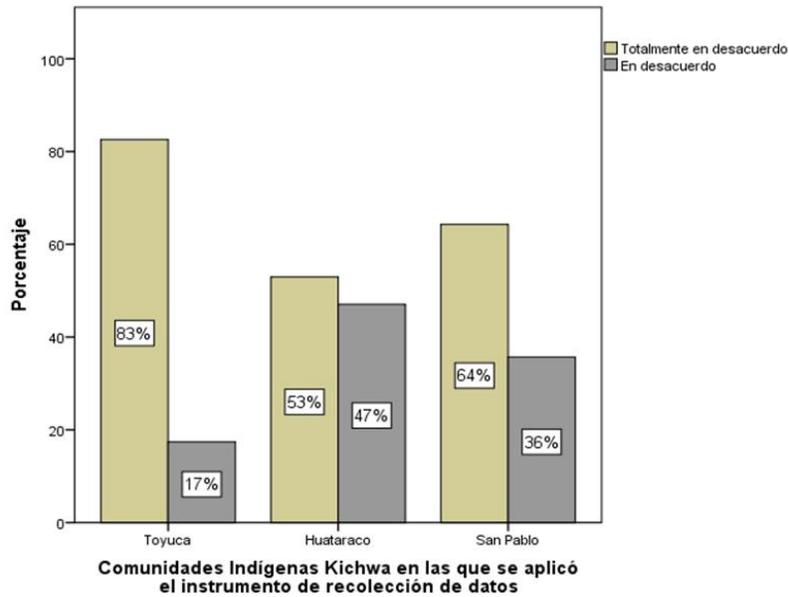


Figura 8. Suficientes recursos médicos disponibles para abordar problemas de salud relacionados con la afectación por hidrocarburos.

Menos de la mitad de la población encuestada (43% en Toyuca, el 47% en Huataraco, y 14% en San Pablo) dijo tener *algún* grado de conocimiento sobre los impactos que generan los hidrocarburos derramados en el ambiente; en San Pablo el 64% de los encuestados admitieron tener “*muy poco conocimiento*” sobre estos impactos. En general los porcentajes reflejan que las comunidades cuentan con información limitada en cuanto a las afectaciones de los hidrocarburos a la naturaleza (Figura 9).

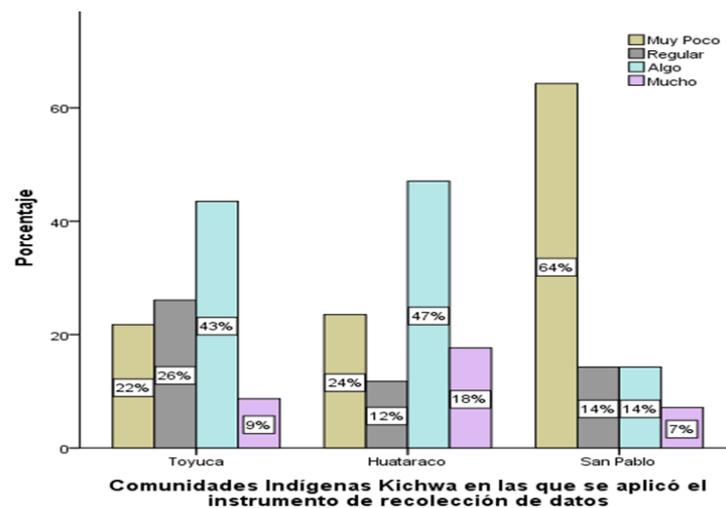


Figura 9. Impactos negativos de los hidrocarburos por derrames de petróleo a la naturaleza.

Sobre la frecuencia de los derrames de petróleo (Figura 10), consultada en las tres comunidades, se encontró que estos eventos ocurren al menos entre 1 y 3 veces en el año, es decir que estos incidentes son bastantes comunes en el área de estudio.

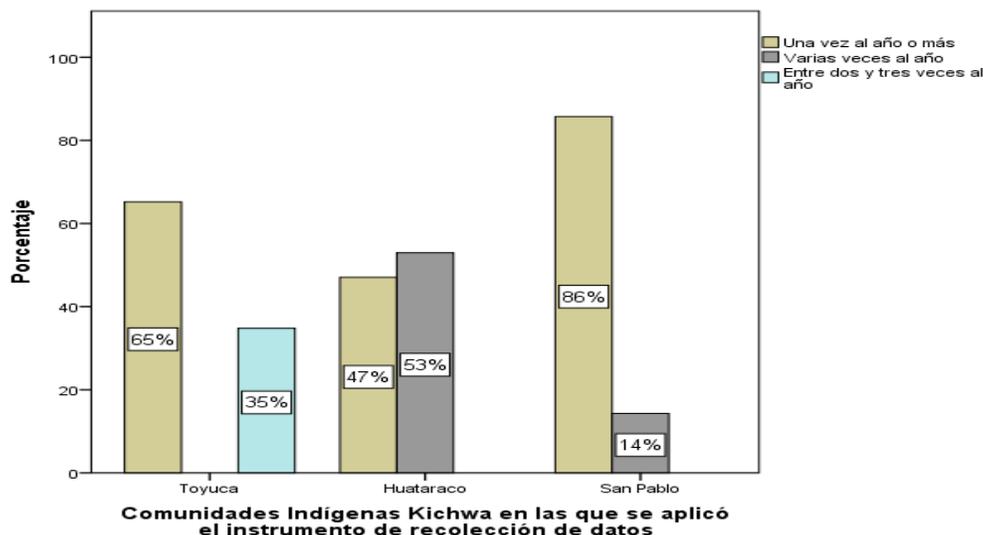


Figura 10. Frecuencia en la que se generan los derrames de petróleo.

Las comunidades Toyuca, Huataraco y San Pablo, están “de acuerdo” y “totalmente de acuerdo” en que ha disminuido la flora y fauna silvestre. Estos hallazgos subrayan la necesidad de conciencia ambiental y educación comunitaria sobre la importancia de proteger la fauna silvestre, ya que una reducción drástica de la biodiversidad podría tener consecuencias adversas para los ecosistemas de estas comunidades, debido a que estos juegan un papel crucial en el equilibrio ecológico (Figuras 11 y 12).

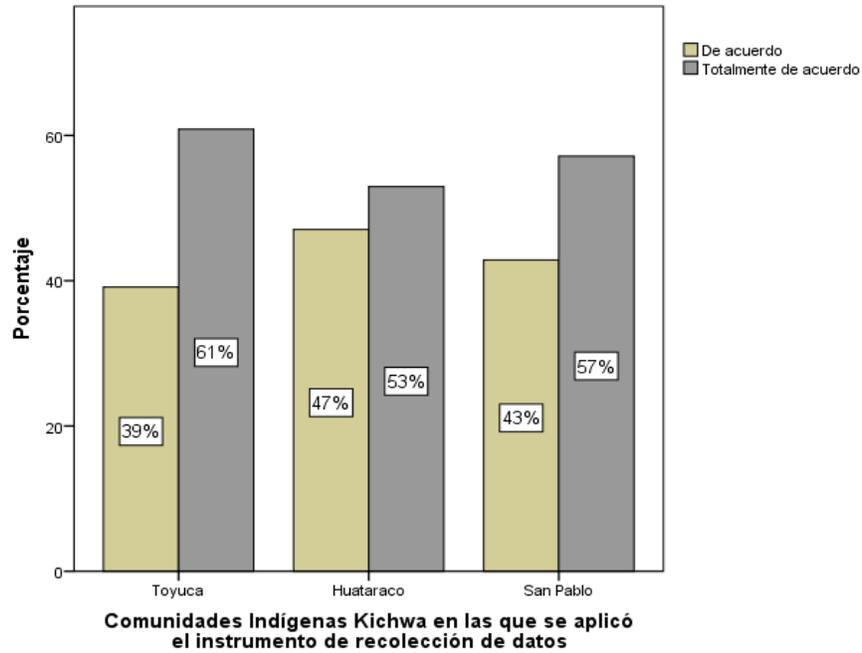


Figura 11. Disminución de fauna silvestre en los últimos años vinculados a los hidrocarburos.

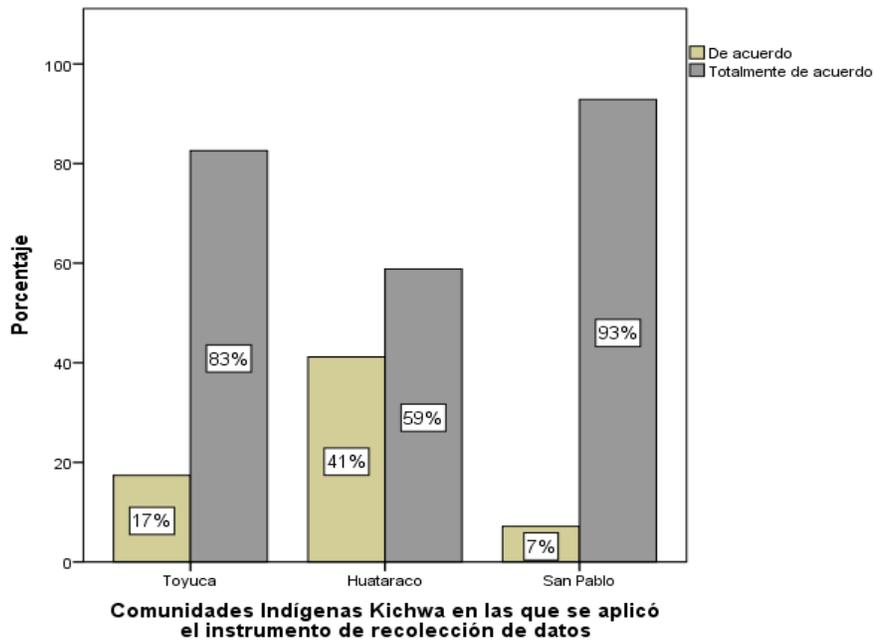


Figura 12. Reducción en la presencia de flora en la actualidad que se deba al petróleo.

La presencia de hidrocarburos ha afectado a las comunidades encuestadas con *cambios drásticos* y *disminución en la calidad del agua, suelo y aire* en conjunto con la *afectación a la biodiversidad local* como se puede visualizar en el gráfico (Figura 13).

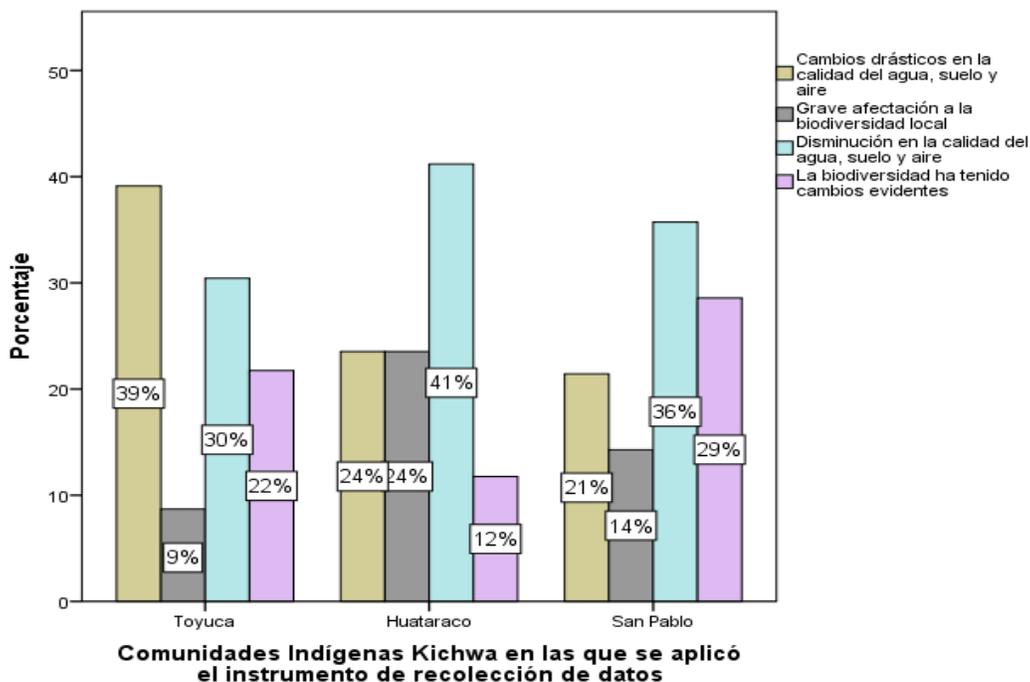


Figura 13. Cómo la presencia de hidrocarburos ha afectado el medio ambiente en su comunidad.

En Toyuca, Huataraco y San Pablo, todos los encuestados manifestaron estar “*totalmente de acuerdo*” o “*de acuerdo*” con la percepción de una disminución en la producción en las actividades agrícolas y pecuarias por la contaminación con hidrocarburos (Figura 14).

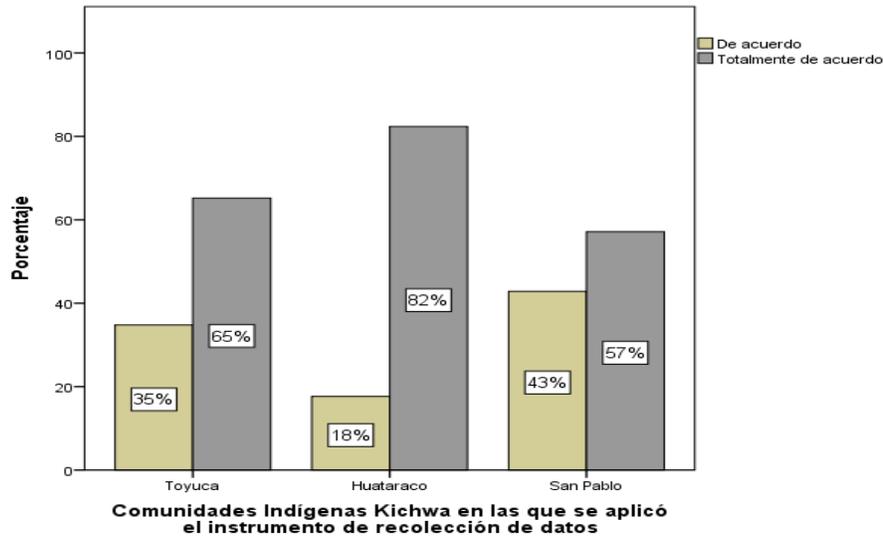


Figura 14. La contaminación por hidrocarburos ha disminuido la producción agrícola y pecuaria.

Asimismo, en las tres comunidades se encontró que los encuestados están *totalmente de acuerdo* con que las actividades de pesca se han visto afectadas por los derrames de hidrocarburos (Figura 15). Esto conlleva a problemas económicos importantes para los pobladores de estas comunidades que en gran parte sobreviven de actividades agrícolas y pesqueras.

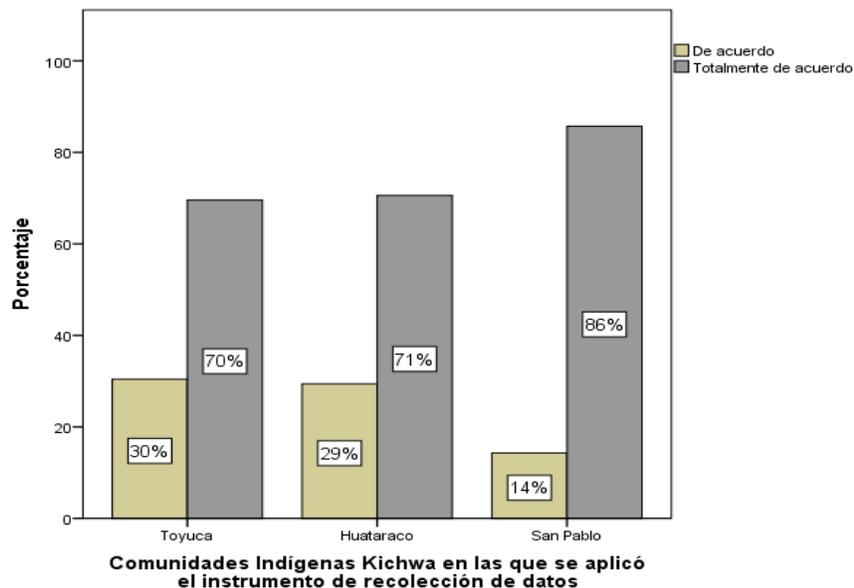


Figura 15. La pesca se ha visto afectada por los derrames de hidrocarburos.

“Mejorar la regulación ambiental y monitoreo de la calidad de agua, suelo y aire”, seguido de “implementar programas de remediación para áreas afectadas” y “desarrollar programas de educación sobre riesgos para la salud”. fueron las principales medidas para mitigar posibles impactos en la salud pública propuesta por los encuestados en las tres comunidades (Figura 16).

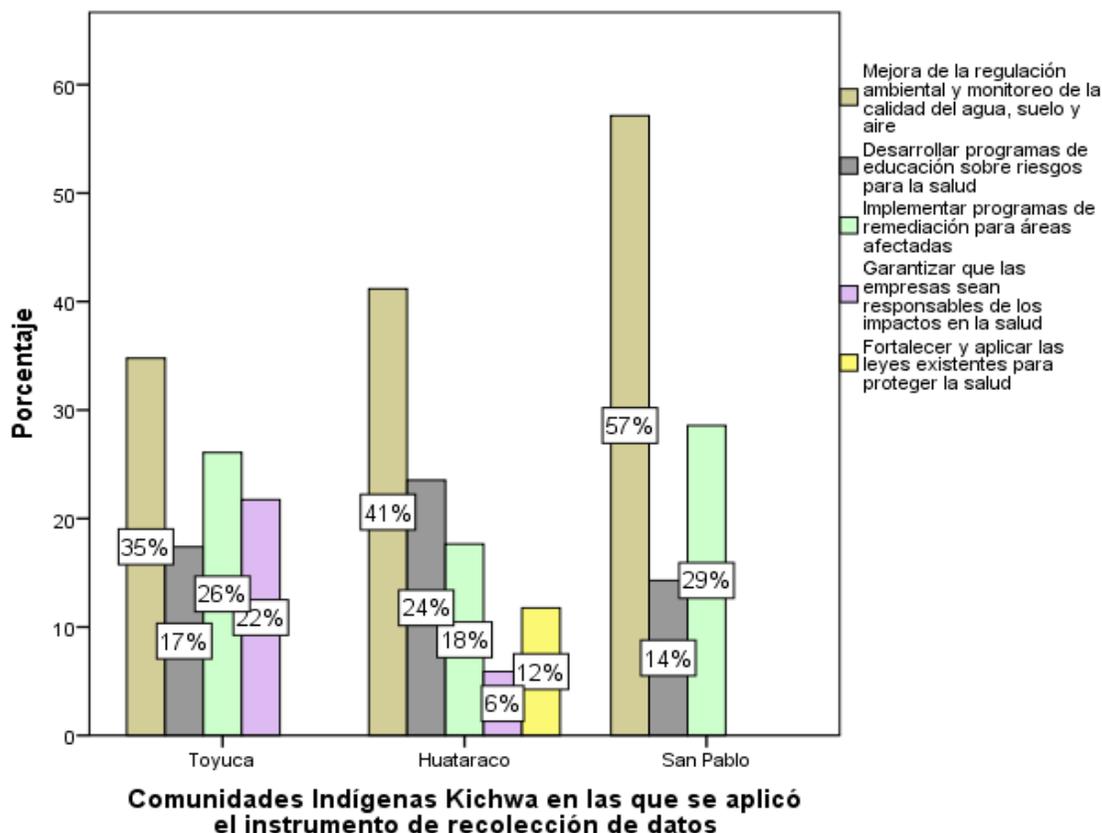


Figura 16. Medidas que sugieren para mitigar posibles impactos negativos en la salud.

Discusión

En el presente estudio se evidencia la ausencia de Macroinvertebrados en las áreas más contaminadas, escasa presencia en las menos contaminadas, y una abundancia alta en la zona de control, estos resultados coinciden con los datos sobre la clase Gasterópoda obtenidos por Barois et al. (2018), quienes en su investigación encontraron que los caracoles dominan las áreas no contaminadas y que su número decreció a medida que se incrementa el nivel de contaminación de hidrocarburos totales de petróleo, sin embargo, mencionan que las lombrices y escarabajos se incrementaron progresivamente mientras más altos eran los grados de afectación por TPH. En otro

enfoque, el autor Alrumman (2021) llevó a cabo ensayos para evaluar la sensibilidad de las lombrices en suelos con hidrocarburos, utilizó dos tipos de especies de estos macroinvertebrados, el cual, demostró que en ningún tratamiento aplicado logró la supervivencia ante este tipo de contaminante.

Los resultados de la flora concuerdan con los estudios realizados en las comunidades indígenas kichwa San Pablo, San José y Toyuca por Almeida (2020), que evidenciaron especies forestales, arbustos y frutales muertas debido a la presencia de hidrocarburos y metales pesados.

Los análisis químicos de TPH en el suelo realizados en los sitios seleccionados de la cuenca hidrográfica río Coca evidenciaron niveles muy elevados que superan los límites máximos permisibles para este elemento, resultados similares a los hallazgos de Beltrán et al. (2022), que documenta un incremento de TPH en la cuenca del río Napo, con concentraciones de 703,53 mg/kg hasta 2169.13 mg/kg.

Pérez et al. (2016) indica que la falta de conocimiento sobre los hidrocarburos conlleva a que las personas pueden estar expuestas con mayor impacto a estos elementos ya que existen distintas formas de exposición, como son a través de la respiración, la ingesta de alimentos, el agua e incluso en contacto directo con la piel, esto coincide con los resultados de las encuestas realizadas en donde se evidenció que los participantes tienen un discernimiento muy limitado sobre las afectaciones a la salud, además, manifiestan que han experimentado deterioros en bienestar.

En la Amazonía ecuatoriana en el Bloque 57 operado por Petroecuador, entre el año 2012 y mayo del 2022, el Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica registró 352 derrames que corresponden a tres derrames mensuales, lo que equivale al 22,2% de los 1584 vertimientos registrados en ese transcurso de tiempo en los 83 bloques amazónicos (Alvarado, 2022). Estos datos oficiales coinciden con las respuestas de percepción de los pobladores sobre la frecuencia de los derrames en las comunidades, que indican una recurrencia de 1 a 3 veces por año.

La ONU (2019) manifiesta que la contaminación del suelo por hidrocarburos puede tener un impacto significativo en los servicios ecosistémicos clave, esto se refleja en una disminución de los rendimientos agrícolas y ganaderos causada por la presencia de niveles tóxicos de petróleo, lo que obliga a abandonar estos suelos al volverse no aptos para los cultivos o pastos. Además, la presencia de contaminantes afecta negativamente a los microorganismos y organismos del suelo, lo que reduce la biodiversidad y altera los servicios que estos organismos proporcionan para una

buena fertilidad del suelo. Esto coincide con lo expresado por los encuestados sobre la percepción de una disminución de la producción agrícola y pecuaria en sus comunidades.

Auz (2022) encontró que en la cuenca hidrográfica río Coca los hidrocarburos ocasionan cambios en la reproducción de peces, debido a un aumento en las poblaciones de especies más resistentes y la disminución o desaparición de las menos resistentes, por lo que algunas personas de la zona expresan preocupación por los cambios en la actividad pesquera, notando diferencias en el crecimiento de las aletas de los peces o la presencia de atrofia, lo que afecta la estabilidad alimentaria local, este hallazgo es similar a lo señalado por los encuestados de las comunidades que perciben una reducción en la cantidad de peces disponibles.

Conclusiones

La Zona de Derrame muestra una ausencia significativa de Macroinvertebrados lo que indica una afectación a la biodiversidad a causa de la contaminación por HPT, al igual que en la comunidad indígena kichwa San Pablo que registra sólo las clases de milpiés, sin embargo, en San Pablo y Huataraco se evidencia una afectación en menor medida debido a la presencia en cantidades mínimas de lombrices, escarabajos y caracoles. En general esta ausencia de Macroinvertebrados revela una afectación de forma general en la mayoría de las áreas de estudio por la presencia de hidrocarburos totales de petróleo.

Se observa una mayor cantidad de árboles muertos que vivos en la mayoría de las comunidades indígenas kichwa muestreadas, especialmente en San Pablo y en la Zona de Derrame, donde no se registraron árboles vivos.

El efecto negativo de los hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en el suelo es mayor mientras más cerca está de la Zona de Derrame debido a que es donde se registró el nivel más alto de TPH, los valores encontrados en todas las comunidades superan significativamente los límites máximos permisibles establecidos por las normativas ambientales, lo que evidencia una contaminación extremadamente alta en el suelo estudiado de la cuenca hidrográfica río Coca generando preocupación para la salud y el medio ambiente.

Los habitantes de las comunidades Indígenas Kichwa disponen de un conocimiento limitado sobre los efectos negativos que ocasionan los derrames de hidrocarburos en la naturaleza, no obstante, muestran una clara percepción de las consecuencias adversas que estos incidentes tienen en la fauna, flora local y señalan que hay cambios drásticos en la calidad del agua, suelo y aire, así

mismo, concuerdan con que hay una disminución agropecuaria, pesquera y afectación a la salud de las comunidades, por lo cual, señalan algunas medidas para proteger su salud. Esto se debe a experiencias continuas con derrames de hidrocarburos totales de petróleo, lo que ha aumentado la percepción de la población sobre los impactos negativos en los recursos naturales.

Referencias

1. Almeida, A. (2020). Informe De La Inspección Realizada Alas Comunidades San José, San Pablo, Y Toyuca, Afectadas Por El Derrame Depetróleo Y Combustibles Del 7 De Abrildel 2020. 1–16. <https://ddhhecuador.org/sites/default/files/documentos/2022-03/informe-derrame-petroleo-2022.pdf>
2. Alrumman, S. A. (2021). Application of Plant and Earthworm Bioassays for Ecotoxicological Assessment of Hydrocarbon-Contaminated Soil Recovery. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 46(1), 141–150. <https://doi.org/10.1007/s13369-020-04883-y>
3. Alvarado, A. (2022). Oleoductos obsoletos: medio siglo de roturas y derrames en la Amazonía ecuatoriana. Mongabay. <https://es.mongabay.com/2022/07/medio-siglo-de-roturas-y-derrames-de-petroleo-en-la-amazonia-ecuatoriana/#:~:text=Entre 2012 y mayo de 2022%2C el Ministerio de Ambiente,bloques de la Amazonía ecuatoriana.>
4. Anderson, J. M., & Ingram, J. S. I. (1993). Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods. *The Journal of Ecology*, 78(2), 547. <https://doi.org/10.2307/2261129>
5. Auz, L. (2022). ANÁLISIS DE LAS IMPLICACIONES SOCIO-AMBIENTALES POR EL ROMPIMIENTO DEL OLEODUCTO EN EL AÑO 2020, EN LA PROVINCIA DE NAPO.
6. Barois, I., Contreras, S. M., Hernández, B., Santos, M. de los, Martínez, F., & García, D. R. (2018). El suelo y el petroleo. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 1, Issue 1).
7. Beltrán, A., Figueroa, N., & Rosero, C. (2022). Influencia de actividades petroleras en sedimentos del sistema fluvial alto del Río Amazonas. *Ciencias Técnicas y Aplicadas*, 7(2), 622–641. <http://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/index>
8. Cabrera, G. de la C., Sánchez, J. A., & de León Lima, D. P. (2021). Macrofauna edáfica: composición, variación y utilización como bioindicador según el impacto del uso y calidad

- del suelo. Acta Botánica Cubana, 221(1).
<https://revistasgeotech.com/index.php/abc/article/view/404>
9. Coba, L. (2021). (Des)corporalizaciones. La muerte de una cascada y las luchas por sostener la vida durante la pandemia en la Amazonía ecuatoriana. *Ecología Política. Cuadernos de Debate Internacional*, 61, 49–58. <https://doi.org/10.53368/ep61fcep04>
 10. Meneses, M. (2022). Evaluación de los Factores que controlan la Erosión Regresiva en el río Coca.
 11. Michel, A. M., Sejas, W., Linera, C. del R., Vargas, M., Salazar, E., & Lafuente, E. (2019). Evaluación del uso de indicadores de biodiversidad en los estudios de evaluación de impacto ambiental (EEIAs) de los sectores más importantes de Bolivia. *Acta Nova*, 9(2), 32.
 12. ONU. (2019). La contaminación del suelo: una realidad oculta. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura FAO, 144. <http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>
 13. Osorio, W. (2010). Toma De Muestras De Suelos Para Evaluar La Fertiidad Del Suelo. *Suelos Ecuatoriales*, 41(1), 23–28. <https://www.inia.gob.pe/laboratorio-de-analisis-de-muestreo-de-suelos/>
 14. Pérez, G., Morales, P., & Haza, A. (2016). Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) (I): Toxicidad, exposición de la población y alimentos implicados. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 10(1), 1–15. https://doi.org/10.5209/rev_rccv.2016.v10.n1.51869
 15. Rodríguez, A., Zárate, S., & Bastida, A. (2022). Biodiversidad bacteriana presente en suelos contaminados con hidrocarburos para realizar biorremediación. *Revista de Ciencias Ambientales*, 56(1), 178–208. <https://doi.org/10.15359/rca.56-1.9>
 16. Santelices, R., & Riquelme, M. (2007). Antecedentes dasométricos de *Nothofagus alessandrii* de la procedencia Coipué. *Bosque*, 28(3), 281–287. <https://doi.org/10.4067/s0717-92002007000300014>
 17. Unidas, M. (2022). Nuevo derrame en la Amazonía ecuatoriana. *Manos Unidas*. <https://www.manosunidas.org/noticia/nuevo-derrame-amazonia-ecuadoriana>
 18. Vázquez, V., & Peña, E. (2022). Mujeres, agua y minería de titanio en el Soconusco, Chiapas. *Revista Cuicuilco*, 29(85), 265–287.

[https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=161572483&lang=es
&site=ehost-live](https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=161572483&lang=es&site=ehost-live)

19. Yépez, M. C., Fernández, C., Bueno, F., Kabad, J., Moreno, A. B., & Cardia, P. (2023). Movimientos indígenas y respuestas estatales frente a la pandemia en México, Ecuador y Brasil. *Mundos Plurales - Revista Latinoamericana de Políticas y Acción Pública*, 10(1). <https://doi.org/10.17141/mundosplurales.1.2023.5896>

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).