



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA LA FISCALIZACIÓN AMBIENTAL

EFFECTOS EN PECES POR PRESENCIA DE HIDROCARBUROS EN LA LAGUNA ATILIANO (LORETO, PERÚ)

INTEGRANTES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ESPECIALIDAD Y CARRERA
Acuña Jara Diana Fiorella	Ciencias
Contreras Puelles David André	Derecho
Guillén Vásquez Abraham José	Ciencias
Valencia Holguín Romel Iversen	Economía

NOMBRE DE LOS ASESORES:

- Cortijo Villaverde Ana María Fiorella
- García Aragón Francisco
- Faustino Meza Nicol Camila

Febrero de 2021

INDICE DE CONTENIDO

I. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	5
II. ANTECEDENTES Y CONCEPTOS BÁSICOS	6
III. PREGUNTAS, OBJETIVOS E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	13
IV. FUENTES DE INFORMACIÓN	14
V. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	20
5.1 Zona De Estudio	20
5.2 Etapa De Campo	21
A. Agua	21
B. Sedimento	27
C. Comunidades Hidrobiológicas	30
5.3 Etapa De Gabinete	35
D. Agua	35
E. Comunidades Hidrobiológicas	36
VI. BIBLIOGRAFÍA	39

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Bases de datos públicas.....	14
Tabla 2: Fuentes Bibliográficas.....	15
Tabla 3: Perfil de actores clave a entrevistar.....	19
Tabla 4: Referencias para el muestreo de agua superficial	21
Tabla 5: Puntos de muestreo de calidad del agua superficial.....	22
Tabla 6: Coordenadas UTM de los puntos de muestreo	25
Tabla 7: Parámetros evaluados y métodos de análisis según laboratorio para agua superficial	26
Tabla 8: Equipos para mediciones in situ.....	26
Tabla 9: Rangos de detección y LMP para metales totales en peces	37
Tabla 10: Rangos de detección y LMP para metales totales en peces	¡Error! Marcador no definido.



INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Mapa de los puntos de muestreo de la laguna Atiliano.....	23
Ilustración 2: Mapa de los puntos de muestreo de la laguna Guacamayo.....	24

I. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Perú es uno de los países que alberga la mayor diversidad y volumen de fauna silvestre y agua dulce del planeta. Sin embargo, hoy en día que se han esgrimido numerosas razones a favor de un desarrollo o explotación acelerado de este inmenso reservorio. (Machado-Allison, et al., 2002) No obstante, paralelamente los problemas de contaminación tanto en suelos como en agua y aire se deben principalmente a acciones antropogénicas; entre las que cabe destacar precisamente la extracción de recursos naturales. (Velásquez Arias, 2017) En ese contexto, resultó necesario el reconocimiento de la protección al medio ambiente en instrumentos legales de diversa índole que tuvo como punto cumbre la declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, en donde se establece que la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del proceso de desarrollo.

Atendiendo a ello, como parte de la protección del medio ambiente se tornó en imprescindible para su salvaguarda la realización de actividades de vigilancia y monitoreo en cuerpos de agua como el desarrollado por Bo Gao, Lanfang Han, Hong Hao y Huading Zhou sobre el estado de contaminación y el riesgo potencial de contaminación en China respecto a diez cuencas principales (Bo Gao, et al., 2016), de igual forma el estudio realizado por Siddhant Dash, Smitom Swapna Borah, Ajay S. Kalamdhad respecto a humedales en India (Siddhant Dash, et al., 2021). Asimismo, a nivel regional Darío Miranda y Ricardo Restrepo realizaron un estudio respecto a los efectos de los derrames de hidrocarburos en aguas continentales tropicales en Colombia, (Miranda y Restrepo, 2005) así como en el medio local donde el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental ha desarrollado acciones de evaluación ambiental temprana como el área de influencia del Proyecto de desarrollo e instalaciones de producción del Lote 131 en el departamento de Ucayali y el área de influencia del proyecto de exploración de hidrocarburos del lote 107 en el departamento de Pasco.

Considerando estas premisas, uno de los hábitats más importantes dentro de los cuerpos de agua son las lagunas amazónicas por ser el hogar donde se desarrollan y conviven importantes comunidades biológicas de peces que son esenciales dentro de los ecosistemas acuáticos amazónicos tanto por su diversidad y abundancia como por su papel en la vida del hombre amazónico, ya que, son su principal fuente de proteína. (García- Dávila, et al., 2018) Es por ello, que es menester dar un mayor énfasis a las evaluaciones en lagunas donde existen

presencia de actividades de hidrocarburos que ponen en riesgo al necton que habita en la laguna como es el caso de la laguna Atiliano -objeto de estudio del presente proyecto-.

Cabe precisar que actualmente entidades estatales como privadas intentan seguir métodos establecidos o protocolos de otros países para realizar evaluaciones que vagamente reflejan la realidad del ambiente peruano. En ese sentido, mientras estos métodos no sean estandarizados y validados para el Perú, las evaluaciones van a ejecutarse en forma heterogénea. (Samanez Valer, et al., 2014)

En ese orden de ideas, la importancia del presente proyecto radica en actualizar y/o registrar la data respecto a la calidad de los componentes biológicos vinculados con el necton en la laguna Atiliano, además, que se realizará mediante una metodología adecuada para el ambiente peruano debido a que se considerará las características propias del ecosistema peruano, al comparar la laguna Atiliano con influencia de actividades de hidrocarburos con una laguna de similares características como lo es la laguna Guacamayo, la cual tiene la característica de no presentar actividades con hidrocarburos. Lo cual servirá como antecedente para el desarrollo de similares prácticas en diversas lagunas o cuerpos de agua. Además, que incluso podría suponer una estandarización de esta metodología mediante su regulación, lo cual eliminaría la heterogeneidad en la ejecución de las evaluaciones de estos componentes, siendo esto uno de sus principales beneficios del presente proyecto. Asimismo, supone un mejor seguimiento a la calidad ambiental de estos ecosistemas lo cual resulta imprescindible para la protección del medio ambiente.

II. ANTECEDENTES Y CONCEPTOS BÁSICOS

ANTECEDENTES – PERÚ

Fernández (2018) desarrolló su investigación buscando determinar la concentración de Hidrocarburos Totales de Petróleo(HAP), además de registrar a los macroinvertebrados bentónicos en las dos estaciones de estudio (lluviosa en febrero 2017 y seca en junio 2018), realizando la toma de muestras en siete puntos ubicados en la bahía interior de Puno, para luego analizar la concentración de Hidrocarburos Totales de Petróleo mediante procedimientos estadísticos como Análisis de Varianza y Prueba de Tukey, y para el análisis de macroinvertebrados se tomó a los índices de Shannon-Weaver y el índice MBWP. En consecuencia, los resultados mostraron mayores concentraciones de HAP en época seca (2635,29 ppm) y menor en época lluviosa (368 ppm), y en relación a la diversidad de

macroinvertebrados, la mayor mortandad se registra en el sector Chimu, y en general la biodiversidad es reducida, en cuanto a la calidad del agua, el índice BMWP la calificó como crítica (presencia de metales pesados superiores a los valores permisibles), además se evidenció una correlación negativa de -0.93 entre macroinvertebrados y concentración de HAP. El aporte de la investigación radica en el análisis que se hizo de los Hidrocarburos Totales de Petróleo en las mencionadas épocas y en la determinación de la diversidad de macroinvertebrados en la Bahía Interior de Puno. El aporte de Fernández al presente trabajo radica en referenciar el tipo de hidrocarburo que se tomó en cuenta, además de los procedimientos estadísticos utilizados y la relación encontrada entre macroinvertebrados bentónicos e Hidrocarburos Totales de Petróleo.

Martínez (2018) analizó las nuevas formas de vulnerabilidad en mujeres oriundas de Cuninico (Loreto) producto del derrame de hidrocarburos ocurrido en Junio del año 2014, además de las estrategias tomadas para mitigar y sobrellevar los impactos. La metodología de investigación se llevó a cabo a través de encuestas semiestructuradas, grupos focales, observación e historias de vida, todo ellos a través de tres estadías en la zona (octubre 2016, febrero 2017, octubre 2017), donde los resultados indicaron deficiente respuesta estatal ante emergencia de este tipo, negación de responsabilidad por parte de Petroperú, reducción de la cantidad de peces, reducción en la fertilidad de suelos, inflación, surgimiento de nuevas enfermedades. La importancia del presente trabajo radica en que indaga sobre efectos dados fuera de la zona primaria de contaminación, evidenciando que los efectos de los derrames de hidrocarburos se extienden afectando la vida de comunidades indígenas cercanas.

Parra et. al (2019) investigó la salud materno infantil en comunidades afectadas y el impacto ocasionado por derrame de hidrocarburos en Cunínico, con énfasis en la autopercepción del impacto en esas comunidades, los principales instrumentos utilizados fueron encuestas y paquetes estadísticos para el procesamiento de data, las encuestas evidenciaron impactos en la seguridad alimentaria y nutricional de la población, pues el derrame de hidrocarburos representa un riesgo potencial para las comunidades indígenas, además se evidenciaron alteraciones emocionales a través de miedo, estrés, desesperanza, entre otros. La importancia del presente trabajo se fundamenta en analizar efectos psicológicos en comunidades indígenas cercanas a la zona de afectación, dejando la idea de que el perjuicio solo es económico, alimenticio o de estilo de vida.

ANTECEDENTES – LATINOAMERICA

Garcés et. al (2019) estudió las concentraciones de petróleo equivalentes de criseno (HP) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en los manglares del departamento de Nariño, entre las coordenadas 1°30'0" y 1°50'0" N y 78°40'0" y 79°10'0" W, teniendo como antecedente que en junio del 2015 se produjo el atentado al Oleoducto Trasandino, ocasionando el derrame de 410 000 galones de petróleo crudo. Para analizar la calidad de sedimentos del manglar, se establecieron nueve estaciones de muestreo simple, y para analizar las concentraciones de HP se utilizó la extracción SOXHLET con diclorometano - acetona y de 16 HAP que se compararon con los valores de referencia para efecto umbral (TEL) y efectos probables (PEL) ; con respecto a los sedimentos se aplicó el criterio de clasificación desarrollado por Massoud, no contaminados (<15 µg/g p.s.), contaminación baja (15-50 µg/g p.s.), contaminación media (>50-200 µg/g p.s.) y contaminación alta (>200 µg/g p.s.). En tal sentido, las concentraciones de HP hallaron contaminación en Coba (846 µg/g p.s.), Congal (86 µg/g p.s.) y Bocagrande (33 µg/g p.s.) y en cuanto a las concentraciones de los 16 HAP en Coba indica efectos adversos probables para los organismos bentónicos, en tal sentido deben aplicarse medidas de biorremediación en la zona indicada a priori. La importancia de la investigación de Garcés se basa en los tipos de Hidrocarburos que considera para su investigación y los parámetros que encontró al analizar la zona afectada, además de los valores comparativos que tomó en cuenta; mismo que se relacionaron con organismos bentónicos.

Velásquez (2017) buscó evaluar la contaminación de suelos y agua por hidrocarburos y analizar la fitorremediación como estrategia de recuperación, debido a la reiteración de este problema en Colombia. En tal sentido se encontró que la principal fuente de contaminación en cuerpos receptores como suelo y agua es a causa del derrame accidental de hidrocarburos en etapas como explotación, extracción y transporte; en tal sentido la fitorremediación surge como un método natural de descontaminación de suelos y agua, que usa bacterias como *Acinetobacter* sp. BRSI56 tensión y *Pseudomonas aeruginosa* cepa BRR154 y organismos vegetales, donde a través de proceso biológicos, sin necesidad de agregar agentes exógenos, se logra la descontaminación en un periodo determinado por la gravedad y cantidad de derrame que ocurrió en la zona afectada. La investigación de Velásquez brinda una nueva

posibilidad de remediación de zonas afectadas por derrame de hidrocarburos, apoyándose de organismos animales y vegetales con capacidad de purificar zonas contaminadas.

González et. al. (2014) analizó ejemplares adultos de peces de las especies capitán de la Sabana, bagre rayado y capaz, propios de los ríos Cundinamarca, Meta, y Huila respectivamente, investigando la presencia de metales e hidrocarburos a través de métodos estadísticos como media, desviación estándar, encontrando que el 49% de los peces poseen entre 3.6 y 9.5 ug/dL en sangre, además que la actividad de AChE es significativamente mayor en el pez capitán en comparación a los otros, además que los menores valores de colinesterasa en el pez capitán de la Sabana indican exposición a insecticidas organofosforados; con respecto a las concentraciones de glifosato y de hidrocarburos totales, se encontró que a pesar de que sobrepasen ligeramente las medidas normales, no se encuentran en los intervalos de riesgo para intoxicar a humanos u otras especies. El aporte de González para el desarrollo del presente trabajo se fundamenta en brindar una metodología de análisis por la que se puede optar al analizar la contaminación por derrame de hidrocarburos en peces, donde la concentración de los elementos contaminantes se acumula en sangre e hígado.

Davico et. al (2015) evaluó el efecto del uso creciente de nanomateriales de productos de carácter industrial y de consumo en *Piaractus mesopotamicus*, a través la frecuencia de micronúcleos (FMN) en eritrocitos de 40 especies juveniles de pacú expuestos a nanopartículas de plata, tomando como muestra 100 células por especie, es así que para su análisis se siguió un procedimiento estadístico no paramétrico, analizando la normalidad con la prueba de Kolmogorov Smirnov, homocedasticidad con el test de Levene, y la prueba Kruskal Wallis seguida de Mann-Whitney para la comparación de FMN, la FMN dedujo que no se observaron alteraciones de comportamiento ni mortalidad de los especímenes en estudio. El trabajo de Davico aporta la forma en que el test de micronúcleos es utilizado para determinar la exposición de un organismo a un contaminante en específico, que en este caso es la plata.

Ferré et. al (2018) enfocó su investigación a estudiar el daño genético en personas expuestas a plaguicidas en plantaciones frutales de Mendoza(Argentina), con una muestra de 40 individuos, donde los resultados indicaron que los trabajadores poseían una frecuencia de células micronucleadas, brotes nucleares y células binucleadas mayores al grupo control analizar la aplicación de plaguicidas y el daño genético, siendo esta la explicación de los problemas de salud presentes y futuros de personas expuestas a los plaguicidas que usan entre uno a tres elementos de protección, descartando así factores como género, edad, hábito de

fumar y medicación, pues se probó estadísticamente que no poseen asociación con las anomalías celulares de los individuos analizados. El trabajo de Ferré ayuda a precisar procedimientos de utilización del test de micronúcleos para encontrar presencia de genotoxicidad, pero esta vez ya en personas, estableciendo así hipótesis de causalidad que luego son analizadas y corroboradas con procedimientos estadísticos.

ANTECEDENTES - MUNDO

Jafarabadi *et al.* (2020) realizaron un estudio para estimar la tasa de contaminación de tres especies de peces (*Lethrinus microdon*, *Lutjanus argentimaculatus* y *Scomberomorus guttatus*) por hidrocarburos de petróleo y evaluar los riesgos para la salud humana. Para lo cual recogieron tejido muscular y hepático. Los resultados mostraron que la concentración de hidrocarburos fue más alta en *Lutjanus argentimaculatus* siendo 1004 ngg -1 peso liofilizado (fdw) y 1390 ngg -1 fdw para hígado y músculo, respectivamente. La probabilidad de la ingesta de hidrocarburos a través del consumo de pescado es considerable, para calcular el impacto se aplicaron los factores de equivalencia tóxica y riesgo de cáncer de por vida siendo $> 1 \times 10^{-5}$ lo que indica un alto riesgo potencial de cáncer para los adultos locales que consumen pescado. La investigación de Jafarabadi, documentando y analizando indicadores de toxicidad en especies de peces, aportan la forma y el grado de impacto que estos podrían tener en humanos a través del consumo de los mencionados organismos contaminados.

Zapata *et al.* (2014) desarrolló estudios toxicológicos acuáticos utilizando biomarcadores a nivel bioquímico y molecular para diagnosticar los efectos del petróleo en organismos acuáticos. Los efectos sobre la biota se pueden categorizar en agudos y crónicos, el primero es cuando el contaminante es absorbido por los organismos repentinamente y en elevadas concentraciones; el segundo también llamado subletal se da cuando el contaminante entra en forma constante en un periodo prolongado de tiempo, pero en concentraciones bajas. Se tomaron en cuenta a animales centinelas (organismo no humano que pueda reaccionar ante un contaminante antes de que contamine al humano), incluirlos animales facilita la estimación de riesgo en la salud pública, identificar contaminación en cadenas tróficas, etc. Estos animales son aves y diversidad de peces (lenguado, bacalao, cabrilla, bagre, corvina, etc). En tal sentido los biomarcadores analizaron la presencia de contaminantes y los cambios en la biología de las especies afectadas, en tal sentido se cuenta con dos biomarcadores especialmente utilizados: CYPIA y EROD (contaminación por exposición) y HAP (contaminación por

cadena trófica) y los aductos de ADN. Las evidencias señalan que, ante la contaminación directa o indirecta por hidrocarburos, a través de biomarcadores se detecta el nivel de contaminación en peces, que se acumula especialmente en el hígado de estos, permitiendo así analizar la implementación de políticas más acertadas para mejorar la protección y conservación del capital natural. El trabajo de Zapata aporta la metodología de detección de contaminación directa o indirecta en el medio marino por presencia de hidrocarburos, los biomarcadores utilizados y las zonas del organismo donde principalmente se acumulan los tóxicos.

Ite *et al.* (2018) realizaron un análisis de los problemas en la calidad del agua por contaminación con hidrocarburos de petróleo en aguas superficiales en las comunidades de la región del Delta del Níger, además destaca problemas asociados a la contaminación por hidrocarburos al medio marino. Los contaminantes del petróleo en la región del delta consisten en mezcla de hidrocarburos aromáticos, los que contienen de dos a cinco anillos son la grave preocupación debido a su resistencia, y alifáticos. Los niveles de contaminantes en los sitios más contaminados son lo suficientemente altos como para causar impactos severos, la concentración de hidrocarburos de petróleo extraíbles (EPH) ($> C_{10} - C_{40}$) en aguas superficiales fue de $7420 \mu\text{g l}^{-1}$, siendo las concentraciones de EPH en sedimentos de 17900 mg kg^{-1} ; aparte pueden contener metales pesados e isótopos radiactivos que pueden tener efectos potenciales sobre la salud humana. Los impactos adversos asociados con la contaminación marina incluyen la contaminación de áreas de pesca y fuentes de agua potable, y la filtración de hidrocarburos de petróleo en el suelo puede causar la contaminación de los acuíferos subterráneos, por lo que estos resultados demuestran que las malas actividades de las industrias petroleras han provocado problemas en la calidad del agua teniendo un impacto negativo en la salud humana, ecosistemas y gran agotamiento de las poblaciones de peces en la región. El aporte de Ite radica en determinar los organismos y ecosistemas afectados posterior a la contaminación de agua por hidrocarburos.

Arencibia *et al.* (2017) estudió la zona costera de golfo de Guacanayabo (Cuba), donde su objetivo fue determinar la presencia de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) en sedimentos superficiales. El muestreo se realizó en temporada lluviosa (octubre 2015) en sitios costeros adyacentes y en sitios distantes a poblaciones humanas, la data recopilada fue analizada a través de un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparaciones múltiples LSD de Fisher buscando encontrar diferencias entre las medias. Los resultados mostraron un promedio de concentraciones de $0.124 \mu\text{g g}^{-1}$, mismo que según la normativa vigente no indicó contaminación en la zona de análisis, recomendando ampliar la zona de

estudio e incluir estudios de organismos marinos (bentónicos y detritófagos). El aporte de Arencibia radica en la forma de determinación de existencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos en sedimentos y su posterior análisis, donde se extrae la premisa de que para determinar existencia de hidrocarburos policíclicos en una zona de interés se requiere de varios puntos de muestreo.

2.1 CONCEPTOS BÁSICOS

- **Ambiente acuático**- Espacios ubicados en cuerpos de agua (Ministerio del Ambiente, 2015)
- **ADN**: Ácido Desoxirribonucleico que consiste en dos cadenas que se enrollan entre sí formando una doble hélice, en la parte central de cada cadena está conformada por azúcares (desoxirribosa) y grupos fosfato; en cada azúcar se encuentran unidas las siguientes bases: adenina (A), citosina (C), guanina (G), y timina (T) (De Robertis, 2011)
- **Biomarcador**- Indicadores bioquímicos, fisiológicos o ecológicos del estrés físico, químico o biológico en los organismos que permite evaluar de forma temprana los efectos negativos. (Ministerio del Ambiente, 2015)
- **Cocha**: Cuerpo de agua poco extenso, laguna pequeña, más adelante llamada laguna. Real academia española (Real Academia Española, 2020)
- **Derrame**- Cualquier descarga o vertido originado por una práctica inadecuada o hecho accidental de líquidos peligrosos o hidrocarburos. (Ministerio del Ambiente, 2014)
- **Ecotoxicología**- Ciencia que estudia los efectos tóxicos provocados por los contaminantes sobre los ecosistemas (Real Academia Española, 2020)

- **Efecto adverso o dañino-** Cambio en la morfología, fisiología, crecimiento, desarrollo, o reproducción de un organismo, población, comunidad o ecosistema. (Ministerio del Ambiente, 2015)

- **Genotoxicidad:** Capacidad de un agente de ocasionar daños al material genético (ADN) y otros componentes celulares, causando mutaciones (Jaramillo *et al.*, 2020).

- **Hidrocarburos aromáticos policíclico:** Hidrocarburos aromáticos con dos o más anillos de benceno, generados principalmente durante la combustión incompleta de material orgánico (petróleo), con propiedad mutagénica y alta toxicidad (Zapata, 2020).

- **Medio ambiente:** Conjunto de componentes biológicos, químicos y físicos de naturaleza externa con los cuales los seres vivos interactúan. (Real Academia Española, 2020)

III. PREGUNTAS, OBJETIVOS E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Formular la pregunta general y las preguntas específicas de investigación, con sus objetivos e hipótesis.

PREGUNTA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL
¿Cuál es el efecto en los peces de la laguna Atiliano por la presencia de hidrocarburos?	Analizar el efecto en los peces de la laguna Atiliano por la presencia de hidrocarburos.	La presencia de hidrocarburos en la laguna Atiliano altera su ecosistema y genera efectos nocivos en los peces por lo que tendrá que establecer responsabilidades en caso de derrame de hidrocarburos en los cuerpos de agua que contengan peces.

PREGUNTAS ESPECÍFICAS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
¿Cuál es la calidad del agua y del sedimento de la laguna Atiliano?	Evaluar la calidad del agua y sedimento en la laguna Atiliano
¿Existe efectos a nivel de comunidad, morfológico y celular en los peces de la laguna Atiliano a causa de los hidrocarburos?	Analizar los efectos a nivel de comunidad, morfológico y celular producidos en los peces de la laguna Atiliano a causa de los hidrocarburos
¿Existen efectos en las comunidades asociadas a los peces que se encuentran en la laguna Atiliano y cómo se relacionan?	Evaluar los macroinvertebrados bentónicos y perifiton de la zona de estudio y hacer un análisis de contenido estomacal de los peces.

IV. FUENTES DE INFORMACIÓN

Tabla 1

Bases de datos públicas

Nombre de la fuente de información (url, bibliografía o cita legal)	Qué se espera obtener
Clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales http://geo2.ana.gob.pe:8080/geonetwork/srv/spa/catalog.search?node=srv#/metadata/c50e424e-3020-433e-938e-66e745d56d9f	Conocer la clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales a la cual se adapta nuestras lagunas.
Directrices canadienses sobre la calidad de los sedimentos para la protección de la vida acuática. https://www.pla.co.uk/Environment/Canada	Información acerca de los estándares de calidad ambiental para sedimentos.

[n-Sediment-Quality-Guidelines-for-the-Protection-of-Aquatic-Life](#)

Indicadores o criterios de seguridad alimentaria e higiene para alimentos y piensos de origen pesquero y acuícola.

<https://www.gob.pe/institucion/sanipes/normas-legales/364044-057-2016-sanipes-de>

Norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos (CODEX STAN 193-1995).

<http://www.fao.org/home/search/es/?q=norma%20general%20para%20los%20contaminante>

Información acerca de los LMP referido a metales pesados en alimentos de origen pesquero.

Conocer los LMP para el contaminante arsénico en alimentos.

Tabla 2

Fuentes Bibliográficas

Fuentes Bibliográficas - Perú	Que se espera Obtener
<p>Nivel de concentración de petróleo en el sedimento y su relación con macroinvertebrados bentónicos en la bahía interior de Puno.</p> <p>Fernández E. (2018). <i>Nivel de concentración de petróleo en el sedimento y su relación con macroinvertebrados bentónicos en la Bahía Interior de Puno</i> [Tesis de Fin de Grado, Universidad Nacional del Altiplano].</p> <p><u>http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8457/Fern%C3%A1ndez_Arpa_Eva.pdf?sequence=1&isAllowed=y</u></p>	<p>Conocer el tipo de hidrocarburo analizado y su afección a la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos, además de la metodología usada y resultados obtenidos.</p>

<p>Nuevas formas de vulnerabilidad y estrategias implementadas por las mujeres a partir de un derrame de petróleo: el caso de la comunidad de Cuninico.</p> <p>Martínez V. (2018). <i>Nuevas formas de vulnerabilidad y estrategias implementadas por las mujeres a partir de un derrame de petróleo: el caso de la comunidad de Cuninico</i> [Tesis de Fin de Grado, Pontificia Universidad Católica del Perú].</p> <p>http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12611/MARTINEZ_ZAVALA_VANIA_NUEVAS_FORMAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y</p>	<p>Conocer otros efectos secundarios que causa el derrame de hidrocarburos en comunidades nativas cercanas a la zona afectada.</p>
<p>Derrames de Petróleo y afectación a la salud materno infantil en pueblos indígenas de la Amazonía Peruana: un análisis exploratorio desde los determinantes de salud.</p> <p>Parra F., Manrique H. & Martínez V. (2019). <i>Derrames de Petróleo y afectación a la salud materno infantil en pueblos indígenas de la Amazonía Peruana: un análisis exploratorio</i> desde los determinantes de salud [Informe, Universidad del Pacífico].</p> <p>http://www.cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/derrames_de_petroleo_y_afectacion_a_la_salud_materno_infantil.pdf</p>	<p>Conocer los efectos del derrame de hidrocarburos en la salud materno infantil de los pueblos indígenas de la Amazonía Peruana.</p>
<p>Fuentes Bibliográficas – Latinoamérica</p> <p>Contaminación por hidrocarburos en sedimentos de manglar del estuario del río Mira, Pacífico colombiano, afectados por derrames de petróleo crudo.</p> <p>Garcés 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. <i>Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés”</i>. 48(1), 159-168.</p> <p>http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v48n1/0122-9761-mar-48-01-159.pdf</p>	<p>Que se espera Obtener</p> <p>Conocer las afectaciones del derrame de hidrocarburos en los sedimentos y organismos propios de la zona, de acuerdo al tipo de hidrocarburo analizado</p>

<p>Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación.</p> <p>Velásquez J. (2017). Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. <i>Revista de Investigación Agraria y Ambiental</i>, 8 (1), 151-167.</p> <p>https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6285716.pdf</p>	<p>Conoce una alternativa natural de solución y remediación de zonas afectadas por derrame de hidrocarburos</p>
<p>Evaluación de algunos marcadores de exposición a contaminantes en tres especies de bagres colombianos (Pisces: Siluriformes)</p> <p>González J., Landines M., Borbón J., Correal M., Sánchez C., Rodríguez L. (2014). Evaluación de algunos marcadores de exposición a contaminantes en tres especies de bagres colombianos (Pisces: Siluriformes). <i>Biota Colombiana</i>, 15(1),40-51.</p> <p>https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=491/49140739003</p>	<p>Conocer los biomarcadores que mejor resultado brindan al momento de analizar presencia de contaminantes en peces, a demás de sus efectos en la cadena trófica.</p>
<p>Evaluación de genotoxicidad a través de la frecuencia de Micronúcleos en eritrocitos de <i>Piaractus mesopotamicus</i>(pacúes) expuestos in vivo a nanopartículas de plata.</p> <p>Davico C., Bacchetta C., López G., Cazenave J., Poletta G., Simoniello M. (2015). Evaluación de genotoxicidad a través de la frecuencia de Micronúcleos en eritrocitos de <i>Piaractus mesopotamicus</i>(pacúes) expuestos in vivo a nanopartículas de plata. <i>Asociación Toxicológica Argentina</i>, 23(2).</p> <p>https://www.researchgate.net/publication/317533108_Evaluacion_de_genotoxicidad_a_traves_de_la_frecuencia_de_Micronucleos_en_eritrocitos_de_Piaractus_mesopotamicus_pacues_expuestos_in_vivo_a_nanoparticulas_de_plata</p>	<p>Conocer la metodología de determinación de genotoxicidad en peces a través del test de micronúcleos, además del efecto que se genera en los peces al ser expuestos al crudo</p>
<p>Ensayo de Micronúcleos de citoma bucal en trabajadores de fincas frutícolas que han aplicado plaguicidas alrededor</p>	<p>Conocer la aplicación del test de micronúcleos en humanos,</p>

de quince años Ferré D., Quero M., Hynes V., Saldeña., Lentini V., Tornello M., Carracedo R. & Gorla N. (2018). Ensayo de Micronúcleos de citoma bucal en trabajadores de fincas frutícolas que han aplicado plaguicidas alrededor de quince años. <i>Revista Internacional de Contaminación Ambiental</i> . 34(1). 23-33. DOI: 10.20937/RICA.2018.34.01.02	en un espacio paralelo, donde se busca determinar la genotoxicidad en trabajadores frutícolas producto de la aplicación de plaguicidas.
---	---

Fuentes Bibliográficas – Mundo

Que se espera Obtener

Dietary intake of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from coral reef fish in the Persian Gulf — human health risk assessment Jafarabadi, A.R., Mashjoor, S., Bakhtiari, A.R., Jadot, C., Dietary intake of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from coral reef fish in the Persian Gulf — human health risk assessment, <i>Food Chemistry</i> (2020).	Conocer el tipo y nivel de afectación a la salud humana a consecuencia de la ingesta de peces contaminados por hidrocarburos aromáticos policíclicos
--	---

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127035>

Evaluación y Monitoreo de los efectos biológicos por derrames de petróleo en el medio marino Zapata O., Rubio J. y Patiño M. (2014). Evaluación y monitoreo de los efectos biológicos por derrames de petróleo en el medio marino. Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y tendencias. <i>UAC, UNAM-ICMYL</i> . 461-480.	Conocer el procedimiento de evaluación y monitoreo de una zona afecta, luego de haberse producido un derrame por hidrocarburos.
--	---

https://www.researchgate.net/publication/323585196_Evaluacion_y_monitoreo_de_los_efectos_biologicos_por_derrames_de_petroleo_en_el_medio_marino

Petroleum Hydrocarbons Contamination of Surface Water and Groundwater in the Niger Delta Region of Nigeria Ite A., Harry T., Obadimu C., Asuaiko E. & Inim I. (2018). Petroleum Hydrocarbons Contamination of Surface Water and Groundwater in the Niger Delta Region of Nigeria. <i>Journal of Environment Pollution and Human Health</i> , 6(2), 51-61. http://pubs.sciepub.com/jephh/6/2/2	Conocer las afecciones del derrame por hidrocarburos en agua y sedimentos .
---	---

<p>Hidrocarburos aromáticos policíclicos en sedimentos superficiales de la zona de Campechuela – Niguero, Cuba. Arencibia G., Betanzos A., Pérez M., Ocano A., Rodriguez A., Tripp A. (2017). Hidrocarburos aromáticos policíclicos en sedimentos superficiales de la zona de Campechuela– Niguero, Cuba. <i>Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras</i>, 34(2). 68-73.</p> <p>https://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/12524/68-73%20%20Gustavo.pdf?sequence=1&isAllowed=y</p>	<p>Conocer el nivel de incidencia de los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos en los sedimentos de Niguero -Cuba</p>
--	---

TABLA 3

Perfil de actores clave a entrevistar

Perfil de Actores	Que se espera Obtener
Ictiopatólogos	Para poder realizar un análisis más a fondo de los cambios que experimentan los peces por presencia de hidrocarburos
Líderes comunales de la población	Información de cómo afecta la presencia de hidrocarburos en su comunidad.
Ingenieros Ambientales	Conocer el punto de vista global del impacto generado en el ecosistema
Biólogos	Entender la afectación generada en el cuerpo y en sus ecosistemas
Microbiólogos	Conocer lo que genera la presencia de hidrocarburos, realizando un análisis microbiológico del mismo.
Ecotoxicólogo	Examinar los efectos de las sustancias químicas (hidrocarburos) junto a otros materiales sobre los peces
Especialistas en Hidrología	Analizar los hidrocarburos por su composición química que están presentes en los cuerpos de agua y peces.

Ingenieros Químicos

Conocer la forma en la que se distribuye, como circula y propiedades físicas, mecánicas y químicas del agua de la laguna.

V. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente estudio se utiliza el método **mixto**, porque utiliza las fortalezas de ambos tipos de investigación, se colectará información en campo relacionada a agua, sedimentos, peces y macroinvertebrados bentónicos. Incluye una caracterización, pero también se realizará un análisis de todos los datos colectados, tal es el caso de la relación entre los factores físico-químico y biológico mediante pruebas estadísticas. Tiene un alcance **Explicativo** porque luego de evaluar y describir lo encontrado, se determinarán las causas mediante el análisis de laboratorio (ecotoxicología). El diseño es Descriptivo **experimental** porque se simularán condiciones de campo y se someterán a pruebas a los organismos buscando analizar los efectos de diferentes concentraciones de hidrocarburos en peces. Es de tipo transeccional porque el estudio se realizará en un solo momento (Behar, 2008).

Los métodos de interpretación de los resultados empleados serán **analíticos** y **experimentales**. (Behar, 2008).

5.1 Zona De Estudio

La zona de estudio corresponde a la laguna Atiliano ubicada en la cuenca del río Corrientes en el distrito de Trompeteros, provincia y departamento de Loreto. La colecta de datos se realizará en la concha Atiliano, la cual se encuentra afectada por derrames de hidrocarburos (PlusPetrol Norte-2011) y también la laguna Guacamayo, la cual es considerada una laguna blanca, donde no han habido afectaciones por hidrocarburos y se encuentra aguas arriba de la laguna Atiliano. Se evaluarán estas dos lagunas a fin de comparar los resultados encontrados.



Ilustración 1: Ubicación de las lagunas

5.2 Etapa De Campo

A. Agua

La toma de muestras de agua se considerará los procedimientos establecidos en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, tal como se presenta en la Tabla 4.

TABLA 4

Referencias para el muestreo de agua superficial

Referencia	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Protocolo nacional para el monitoreo de la	Sección 6, ítem 6.1, 6.2, 6.3(a), 6.4, 6.8, 6.9, 6.10, 6.11, 6.14,	Perú	Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Resolución Jefatural	2016

calidad de los recursos hídricos superficiales	6.15 (a, b, e), 6.16, 6.17*	N.º 010- 2016-ANA
--	--------------------------------	----------------------

Fuente: Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales

UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

La distribución sistemática de los puntos de muestreo (muestreo aleatorio sistemático) según se describe en la Tabla 5. fue de carácter exploratorio y establecida con la finalidad de asegurar la representatividad de los puntos de muestreo para caracterizar la calidad ambiental.

TABLA 5

Puntos de muestreo de calidad del agua superficial

Tipo de distribución	Descripción	Cuerpo de agua	Cantidad de puntos de muestreo
Muestreo sistemático	Evaluación de las muestras en los diferentes puntos de muestreo.	Laguna Atiliano	5
		Laguna Guacamayo	5

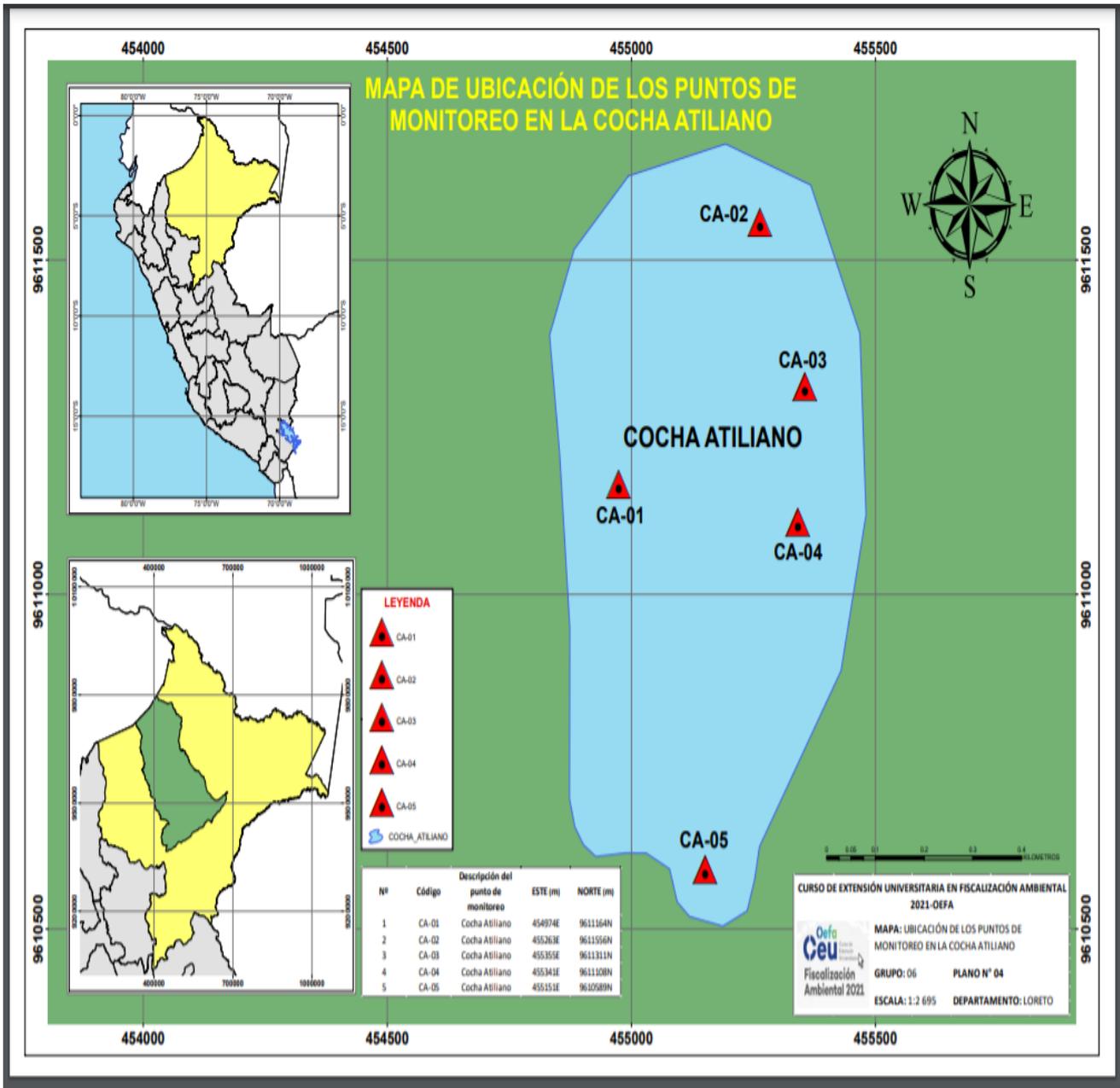


Ilustración 2: Mapa de los puntos de muestreo de la laguna Atiliano

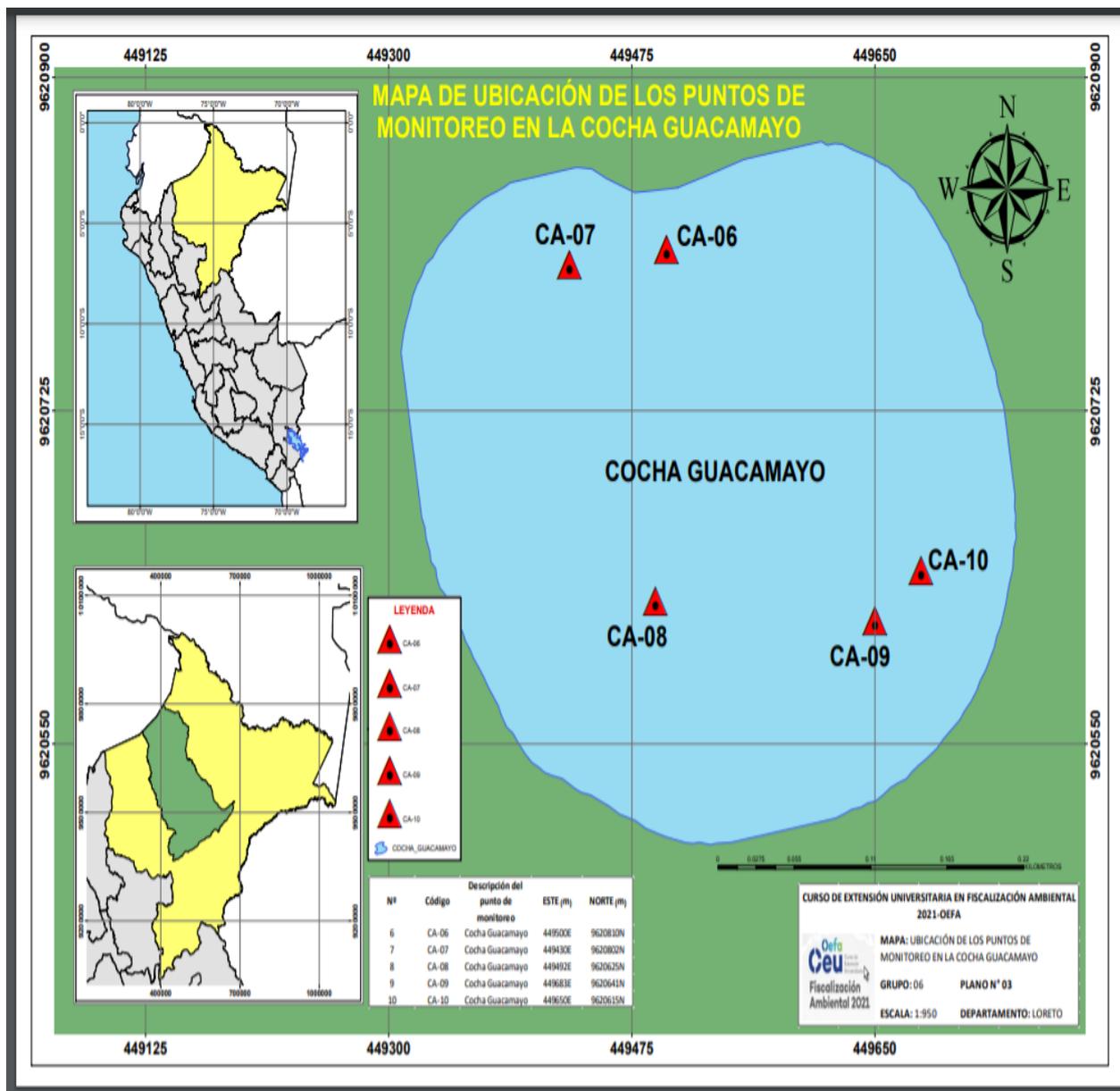


Ilustración 3: Mapa de los puntos de muestreo de la laguna Guacamayo

TABLA 6*Coordenadas UTM de los puntos de muestreo*

N.º	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS UTM	
			ESTE	NORTE
1	CA-01	Laguna Atiliano	454974	9611164
2	CA-02	Laguna Atiliano	455263	9611556
3	CA-03	Laguna Atiliano	455355	9611311
4	CA-04	Laguna Atiliano	455341	9611108
5	CA-05	Laguna Atiliano	455151	9610589
6	CA-06	Laguna Guacamayo	449500	9620810
7	CA-07	Laguna Guacamayo	449430	9620802
8	CA-08	Laguna Guacamayo	449492	9620625
9	CA-09	Laguna Guacamayo	449683	9620641
10	CA-10	Laguna Guacamayo	449650	9620615

PARAMETROS Y METODOS DE ANALISIS

Los parámetros hidrocarburos totales de petróleo (C10-C40) y aceites y grasas son seleccionados por estar vinculados a la actividad del transporte de petróleo crudo por ductos. Además, se considera la evaluación de metales totales ya que algunos guardan relación con la actividad hidrocarburífera.

Los parámetros de campo medidos in situ serán: temperatura, potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica y oxígeno disuelto (OD) en cada punto de muestreo de agua superficial.

Los parámetros establecidos y los métodos de análisis de laboratorio acreditados ante el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) son presentados en la Tabla 7.

TABLA 7

Parámetros evaluados y métodos de análisis según laboratorio para agua superficial

	Parámetros	Unidad	Método de análisis
1	Hidrocarburos totales de petróleo (C8-C40)	mg/L	EPA METHOD 8015 C Rev. 3, 2007 (Cromatografía de gases)
2	Aceites y grasas	mg/L	ASTM D7066.04 (Validado), 2011 (Infrarrojo)
3	Metales totales incluido mercurio	mg/L	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007 (ICP-Masas)

EQUIPOS

La Tabla 8 presenta los equipos para la medición de parámetros in situ y toma de coordenadas de los puntos de muestreo.

TABLA 8

Equipos para mediciones in situ

	EQUIPOS
1	Equipo de posicionamiento GPS
4	Multiparámetro portátil

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

El aseguramiento de la calidad en la colecta de las muestras de agua y su posterior análisis será en base a las indicaciones descritas en la publicación «Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales» aprobada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) mediante Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA.

TABLA 9

TABLA 9

Tipos de control

TIPO DE CONTROL	CONTAMINACION EVALUADA
Blanco de viaje(B)	Contaminación durante el transporte
Blanco de campo(C)	Contaminación en alguna parte del monitoreo
Blanco de Frascos (D)	Contaminación en frascos
Blanco de equipos (E)	Contaminación cruzada por el lavado deficiente de los equipos de recolección
Duplicado de campo	Precisión y repetitividad de los procesos de recolección
Matrices adicionadas	Estimación del error total sistemático del procedimiento de muestreo, particularmente debido a la inestabilidad de la muestra

Fuente: Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales

B. Sedimento

Debido a que aún no se cuenta con un protocolo nacional para la toma de muestras de sedimentos de agua continental se utilizarán metodologías internacionales de México y Estados Unidos. Las referencias utilizadas se detallan en la Tabla 9

TABLA 10*Manuales de muestreo para el muestreo de sedimentos*

REFERENCIA	SECCIÓN/CAPÍTULO	PAÍS	INSTITUCIÓN	AÑO DE APROBACIÓN
Manual de métodos de muestreo y preservación de muestras de las sustancias prioritarias para las matrices prioritarias del PRONAME	Sección 3.4.6.	México	Instituto nacional de ecología y cambio climático (INECC-CCA)	2010
Manual técnico Métodos para colección, almacenamiento y manipulación de sedimento para análisis químicos y toxicológicos de la Agencia para la Protección Ambiental de	Capítulos 4	Estados Unidos	Agencia Protección Ambiental (EPA)	2001

los Estados Unidos				
Procedimiento de Operación Estándar – <i>Standard Operating Procedure</i> (SOP), Muestreo de Sedimento, de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, adaptado del ERT/EAC SOP-2016	Capítulo 11	Estados Unidos	Agencia Protección Ambiental (EPA)	2003

UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

El criterio para establecer los puntos de muestreo de sedimentos fue el mismo que se empleó para agua superficial (Ver Tabla 5 y 6); este criterio es fundamental para establecer, de ser el caso, alguna correlación entre los parámetros comunes de ambos componentes ambientales.

PARÁMETROS Y MÉTODOS DE ANÁLISIS

Los parámetros serán seleccionados de acuerdo con la actividad económica principal de la zona de estudio: transporte de petróleo crudo por ducto. Asimismo, los métodos de análisis de laboratorio acreditados ante el Instituto Nacional de Calidad (Inacal) se presentan en la Tabla 10.

TABLA 11

Parámetros evaluados y métodos de análisis según laboratorio para sedimento

N.º	Parámetro	Unidad	Método de análisis
1	Fracción de hidrocarburos F1 (C6-C10) Fracción de hidrocarburos F2 (C10-C28) Fracción de hidrocarburos F3 (C28-C40)	mg/kg PS	EPA METHOD 8015 C, Rev. 3 2007
2	Hidrocarburos Totales de Petróleo - TPH (C10-C40)		
3	Metales incluido mercurio	mg/kg PS	EPA 3050 B:1996 / EPA 6010 B:1996, para mercurio: EPA 7471 B Rev. 2, February 2007 (ICP-OES)
4	Cromo Hexavalente	mg/kg PS	EPA 3060 Revisión 1 December 1996/EPA 7199 Revisión 0 December 1996. (Validado). 2017

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

Se tomarán muestras según la tabla 9 referente al Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales.

C. Comunidades Hidrobiológicas

En la Tabla 12 se presenta la guía de referencia nacional para el muestreo de comunidades hidrobiológicas, donde se describen las diferentes técnicas de muestreo, y de las cuales se eligieron las aplicables a la zona de trabajo.

TABLA 12

Metodología para la colecta de comunidades hidrobiológicas

MATRIZ	AUTORIDAD EMISORA	PAÍS	REFERENCIA	AÑO	SECCIÓN
Hidrobiología	Ministerio del Ambiente (Minam)	Perú	Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú	2014	4.1.2 Técnicas de colecta – perifiton
					5.1.2.2 Métodos de recolección cuantitativos – bentos (macroinvertebrados)
					6.1.2 Diseño del monitoreo – necton (peces)

PECES

Diversidad

Para la elección del tramo de estudio de la ictiofauna se considerarán hábitats potenciales como son lugares de refugio de peces, zonas con vegetación sumergida, raíces..

Métodos de colecta activos

Se aplicará el arte de pesca con atarraya, pesca con red de arrastre o chinchorro y pesca con red cal-cal (red en bolsa o colectora). Las dimensiones de la atarraya serán de 3 m de diámetro, 3.5 m de largo con 10 mm de abertura, realizándose 7 lances por estación. Se utilizará una red de arrastre a orilla de 10 m de largo y 3 m de profundidad con una abertura de malla de 5 mm, realizándose tres arrastres hacia la orilla por estación. Se utilizará la red de pesca cal-cal realizándose 3 intentos de captura.

Los ejemplares colectados se deberán fijar inmediatamente en formol al 10% por un periodo de 48 horas como mínimo, posteriormente se enjuagan con agua, para su identificación preliminar y se colocan en alcohol al 70% y se envuelven en gasa con fines de no maltratar las escamas y aletas de los peces, además para mantener las muestras humedecidas en alcohol y

se etiqueta con datos del estación de muestreo (nombre del hábitat, código de campo, fecha y nombre colector). Se procederá a llenar la ficha de campo para ambientes lenticos.

Métodos de colecta pasivos

Se emplearán cinco redes de espera, dos redes de 40 x 3 m y 1.5 pulgadas de abertura de malla, dos redes de 20 x 2.5 m de 1.5 pulgadas de abertura de malla y una red de 20 x 2.5 m de 3 pulgadas de abertura de malla. También se emplearán dos redes trasmallos (red con diferentes tamaños de abertura de malla) de 40 x 3 m y 20 x 2.5 m, todas las redes se colocarán en las lagunas, asegurando los extremos en las orillas y se dejarán como mínimo 6 horas por estación de muestreo, revisándose cada 2 horas para evitar que los peces depredadores dañen los especímenes capturados. De ser necesario, se intensificará el esfuerzo de pesca (más horas de pesca).

La colecta con este método está dirigida a pescar individuos de mayor tamaño (generalmente de consumo poblacional) para ser usado como muestras para análisis en músculo o hígado de peces. Se procederá a llenar la ficha de campo para ambientes lenticos.

Muestras de metales, TPH y HAPS en hígado

Se extraerá el tejido de músculo e hígado para la detección de metales totales por ICP (Incluye Hg), TPH y HAPS de los ejemplares colectados con atarraya y con redes de espera o trasmallo. Se debe tener en consideración tres aspectos para la selección de especies: abundancia registrada en la zona de muestreo, importancia por el nivel trófico al que pertenece la especie y preferencia de los pobladores para su consumo.

Cada ejemplar colectado y seleccionado deberá ser identificado hasta nivel de género o especie, registrándose posteriormente con un ictiómetro la longitud total y longitud estándar (mm), y con una balanza electrónica el peso total (mg) de cada ejemplar.

Una vez concluida la toma de datos biométricos, se procederá a la extracción de las muestras de músculo e hígado conforme a las siguientes indicaciones:

Para análisis del tejido muscular, se enviará 50 g de tejido del pescado, sólo pulpa sin hueso y sin piel, luego se enviará congelado en bolsa ziploc. Para análisis del hígado, se enviará 10 g de hígado del pescado, y se enviará congelado en bolsa ziploc.

Se seleccionarán de preferencia 2 especies por estación de muestreo sus hábitos alimenticios: un detritívoro y otro carnívoro. Se considerará 2 muestras de músculo y 2 muestras de hígado

por especie para cada punto de evaluación de interés. En algunos casos se requerirá de varios individuos para alcanzar el peso de la muestra dirigido a análisis (muestra compuesta).

Se deberán colocar las muestras en bolsas herméticas debidamente etiquetadas con información del ejemplar colectado (género/especie) y código de la estación de muestreo. La metodología de preservación y análisis de muestras dependerá del protocolo de cada laboratorio.

Morfología/Análisis organoléptico

Será realizado en campo y complementado en laboratorio, principalmente en especies de consumo o en aquellas que presenten alguna característica u observación particular (tumorações, laceraciones, hematomas, quistes, etc.) en macroinvertebrados y peces.

Muestras de sangre para Test de Micronúcleos

El procedimiento de análisis de muestras se realizará mediante la colecta de individuos, bajo las artes de pesca antes mencionados. Una vez realizada la biometría de los peces, se extraerá la muestra de sangre de los peces a estudiar .utilizándose una gota de sangre de cada individuo para hacer un frotis por duplicado (delgada capa de sangre sobre un portaobjetos) mediante el siguiente procedimiento: Se colocará una gota de sangre en una zona cercana a la etiqueta de portaobjetos limpio y previamente rotulado (se codificará para no sesgar los resultados) y se extenderá la misma con un cubreobjetos deslizando sobre la superficie en un ángulo de 30°C. Se dejará secar al aire durante 24 horas (dentro de cajas, fuera de polvo y lejos de la luz), luego las láminas se hidrolizarán en HCl 1N por 11 min en una cámara húmeda a 60°C. Se teñirá con reactivo de Schiff (o Giemsa) por dos horas para su posterior observación.

MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

Diversidad

La toma de muestras de macroinvertebrados bentonicos requerirá una red tipo D-net en un área de aproximadamente 0,3m² , y para zonas de profundidad una draga Van Veen en un área de 0,15 m². La muestra final será vertida en recipientes de 1000 ml, preservada con etanol al 70% y etiquetada para su posterior análisis cualitativo y cuantitativo. Posteriormente se procederá a sellar el frasco con ayuda de una cinta teflón entre la tapa y la contratapa. Al terminar las labores de monitoreo, se lavará la malla utilizada, para evitar que los residuos

puedan contaminar otros puntos de monitoreo. Se procederá a llenar la ficha de campo para ambientes lenticos

PERIFITON

Diversidad

La toma de muestras de perifiton requerirá de realizar raspados con un cepillo o cuchilla de distintas áreas que sumaron un área total de 15 cm², esto de acuerdo a los tipos de sustratos encontrados, como sustratos duros removibles (canto rodado y piedras irregulares) y sustratos duros no removibles (arbustos y raíces). Lo colectado se trasvasará a un frasco de polietileno de 250 mL enrasando hasta 200 mL de agua destilada y fijada con formaldehído al 5% de concentración, en una proporción de 50 mL de formalina por litro de muestra. Posteriormente se procederá a sellar el frasco con ayuda de una cinta teflón entre la tapa y la contratapa. Al terminar las labores de monitoreo, se lavarán y secarán los materiales utilizados para evitar que los residuos puedan contaminar otros puntos de monitoreo.

Métodos de análisis

Las comunidades hidrobiológicas evaluadas y los métodos de análisis empleados se presentan en la Tabla 13.

TABLA 13

Métodos de análisis para comunidades hidrobiológicas

N.º	Comunidades hidrobiológicas*	Método de análisis / unidades	Cantidad
1	Perifiton	SMEWW 10300C, SMEWW 10300E y EPA 841-B-99-002/ Organismos / cm ²	10
2	Macroinvertebrados bentónicos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 10500 C. 1, 2. Pp. 10-74-10-76. 21 st. Ed./ Organismos / 0,0675 m ²	10
3	Peces	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 10 600 D, 22nd Ed. 2012 / Número de individuos	10

4	HAP en tejido muscular (peces)	EPA METHOD 8270 D, Rev. 5, 2014	10
5	TPH en tejido muscular (peces)	EPA METHOD 8015 C, Rev. 3, 2007	10

Aseguramiento de calidad

El aseguramiento de la calidad en la colecta de comunidades hidrobiológicas y su posterior análisis se basa en las indicaciones descritas en la publicación «Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú», de las secciones 4.3 Aseguramiento de la calidad (perifiton), 5.3 Aseguramiento de la calidad (macroinvertebrados) y 6.3 Comprobación de la calidad (peces).

5.3 Etapa De Gabinete

D. Agua

Criterios de Comparación

Las lagunas Atiliano y Guacamayo son clasificadas con la Categoría 4 «Conservación del ambiente acuático» según el Anexo 1 de la Resolución Jefatural N.º 056-2018-ANA «Clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales» de la Autoridad Nacional del Agua; asimismo, establece que los cuerpos de agua superficial que no cuentan con una clasificación asignada, adoptarán la categoría del cuerpo de agua al cual tributan.

Los resultados obtenidos serán comparados con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua aprobados en 2017, para la subcategoría «Lagunas y lagos» de la Categoría 4 «Conservación del ambiente acuático»

Sedimentos

Puesto que a la fecha no se cuenta con una normativa nacional sobre estándares de calidad ambiental para sedimentos, este estudio considerará la comparación con los valores establecidos en la norma canadiense, Canadian Environmental Quality Guidelines, 2003.

TABLA 14

Calidad de sedimentos según Norma de Canadá

Sustancia	Unidades	ISQC	PEL	% ≤ ISQC	ISQ C < % < PEL	% ≥ PEL
Arsénico	mg. kg ⁻¹	7.24	41.6	3	13	47
Cadmio	mg. kg ⁻¹	0.7	4.2	6	20	71
Cromo	mg. kg ⁻¹	52.3	160	4	15	53
Cobre	mg. kg ⁻¹	18.7	108	9	22	56
Mercurio	mg. kg ⁻¹	0.13	0.7	8	24	37
Zinc	mg. kg ⁻¹	124	271	4	27	65
PCB	mg. kg ⁻¹	21.5	189	16	37	55
Acenaftileno	mg. kg ⁻¹	5.87	128	7	14	51
Antraceno	μ. kg ⁻¹	46.9	245	9	20	75
Benzo (a) pireno	μ. kg ⁻¹	88.8	763	8	22	71
Criseno	μ. kg ⁻¹	108	846	9	19	72
Fluoranteno	μ. kg ⁻¹	113	1494	10	20	80
Fluoreno	μ. kg ⁻¹	21.2	144	12	20	70
2-metilnaftalen	μ. kg ⁻¹	20.2	201	0	23	82
o Naftalina	μ. kg ⁻¹	34.6	391	3	19	71
Fenantreno	μ. kg ⁻¹	86.7	544	8	23	78
Pirineo	μ. kg ⁻¹	153	1398	7	19	83

E. Comunidades Hidrobiológicas

Análisis de metales totales en tejido muscular (músculo) y hepático (hígado) en peces

Los resultados de detección de distintos metales pesados en músculo e hígado (reportados por el laboratorio acreditado por el INACAL) se compararán con los límites máximos

permisibles (LMP) señalados en el manual “Indicadores o criterios de seguridad alimentaria e higiene para alimentos y piensos de origen pesquero y acuícola” del SANIPES (2010) el cual referencia a los metales pesados de interés para alimentos en la salud humana como cadmio, mercurio y plomo. Adicionalmente se compararán los resultados para arsénico con la “Norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos (CODEX STAN 193-1995)” del Programa conjunto FAO/OMS (2015).

TABLA 15

Rangos de detección y LMP para metales totales en peces

Parámetro	Rangos de detección del laboratorio acreditado por el INACAL	LMP (SANIPES, 2010; Programa conjunto FAO/OMS, 2015)
	mg/kg	
Arsénico	0,005 – 100	0,5
Cadmio	0,01 – 100	0,05
Mercurio	0,005 – 100	0,5
Plomo	0,05 – 100	0,3

Análisis de HAP y TPH en tejido muscular (músculo) y hepático (hígado) en peces

Los resultados de detección de HAP en músculo e hígado (reportados por el laboratorio acreditado por el INACAL) se compararán con los límites máximos permisibles (LMP) señalados en el manual “Indicadores o criterios de seguridad alimentaria e higiene para alimentos y piensos de origen pesquero y acuícola” del SANIPES (2010) en el cual solo se referencia al HAP benzopireno. Los resultados de detección de TPH en músculo e hígado sólo se compararán entre los puntos de monitoreo debido a que no se cuenta con una norma nacional e internacional referente a su concentración en peces.

Tabla 16

Rangos de detección y LMP para TPH y HAP en peces

Parámetro	Rangos de detección del laboratorio acreditado por el INACAL	LMP (SANIPES, 2010; Programa conjunto FAO/OMS, 2015)
TPH		
Hidrocarburos Totales C10-C28	517 - 10 000	-
Hidrocarburos Totales C28-C40	517 - 10 000	-
Hidrocarburos Totales C10-C40	517 - 10 000	-
HAP		
Antraceno (An)	0.02 - 10.0	2,0
Benzo [a] antraceno (BaA)	0.06 - 10.0	2,0
Benzo [a] pireno (BaP)	0.06 - 10.0	2,0
Benzo [b] fluoranteno (BbF)	0.06 - 10.0	2,0
Benzo [g,h,i] perileno (Bpe)	0.07 - 10.0	2,0
Benzo [k] fluoranteno (BkF)	0.06 - 10.0	2,0
Dibenzo [a,h] antraceno (DaA)	0.08 - 10.0	2,0
Fenantreno (Ph)	0.02 - 10.0	2,0
Fluoranteno (Fl)	0.07 - 10.0	2,0
Indeno [c,d-1,2,3] pireno (IcP)	0.04 - 10.0	2,0
Pireno (Py)	0.09 - 10.0	2,0

VI. BIBLIOGRAFÍA

Agencia de protección ambiental de EE.UU-Metodo 8015C (2007) obtenido de <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/8015c.pdf>

Arencibia G., Betanzos A., Pérez M., Ocano A., Rodríguez A., Tripp A. (2017). Hidrocarburos aromáticos policíclicos en sedimentos superficiales de la zona de Campechuela–Niguero, Cuba. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 34(2). 68-73. <https://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/12524/68-73%20%20Gustavo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Autoridad Nacional del Agua (2016) Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, obtenidos de https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf

Bo Gao, Lanfang Han, Hong Hao y Huading Zhou (2016), Pollution characteristics of mercury (Hg) in surface sediments of major basins, China. *Ecological Indicators*. Vol. 67. 577-585.

Davico C., Bacchetta C., López G., Cazenave J., Poletta G., Simoniello M. (2015). Evaluación de genotoxicidad a través de la frecuencia de Micronúcleos en eritrocitos de *Piaractus mesopotamicus* (pacúes) expuestos in vivo a nanopartículas de plata. *Asociación Toxicológica Argentina*, 23(2). https://www.researchgate.net/publication/317533108_Evaluacion_de_genotoxicidad_a_traves_de_la_frecuencia_de_Micronucleos_en_eritrocitos_de_Piaractus_mesopotamicus_pacues_expuestos_in_vivo_a_nanoparticulas_de_plata

De Robertis Eduardo (2011). *Biología celular y molecular*. El Ateneo.

EPA 6020A, Rev. 1 February 2007 (ICP-Masas) obtenido de <http://servicio.us.es/sgiaus/Nuevo-Sia/Metodos/EPA6020.pdf>

Ferré D., Quero M., Hynes V., Saldeña., Lentini V., Tornello M., Carracedo R. & Gorla N. (2018). Ensayo de Micronúcleos de citoma bucal en trabajadores de fincas frutícolas que han aplicado plaguicidas alrededor de quince años. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 34(1). 23-33. DOI: 10.20937/RICA.2018.34.01.02

Fernández E. (2018). *Nivel de concentración de petróleo en el sedimento y su relación con macroinvertebrados bentónicos en la Bahía Interior de Puno* [Tesis de Fin de Grado, Universidad Nacional del Altiplano].

http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8457/Fern%C3%A1ndez_Arpa_Eva.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Garcés 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. *Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés”*. 48(1), 159-168. <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v48n1/0122-9761-mar-48-01-159.pdf>

González J., Landines M., Borbón J., Correal M., Sánchez C., Rodríguez L. (2014). Evaluación de algunos marcadores de exposición a contaminantes en tres especies de bagres colombianos (Pisces: Siluriformes). *Biota Colombiana*, 15(1),40-51.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=491/49140739003>

Ite A., Harry T., Obadimu C., Asuaiko E. & Inim I. (2018). Petroleum Hydrocarbons Contamination of Surface Water and Groundwater in the Niger Delta Region of Nigeria. *Journal of Environment Pollution and Human Health*, 6(2), 51-61.

<http://pubs.sciepub.com/jephh/6/2/2>

Jafarabadi, A.R., Mashjoor, S., Bakhtiari, A.R., Jadot, C., Dietary intake of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from coral reef fish in the Persian Gulf — human health risk assessment, *Food Chemistry* (2020). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127035>

Jaramillo D., Rodríguez N., Salazar M., Hurtado C., & Rondón M. (2020). Contaminación del Lago de Tota y Modelos Biológicos para estudios de Genotoxicidad. *Ciencia en desarrollo*, 11(2), 65-83.

Machado-Allison, A., B. Chernoff, F. Provenzano, P. Willink, A. Marcano, P. Petry y B. Sidlauskas, (2002). Identificación de áreas prioritarias de conservación en la cuenca del río Caura, estado Bolívar, Venezuela. *Acta biológica Venezuelica*. Vol., 22, 37.

Martínez V. (2018). *Nuevas formas de vulnerabilidad y estrategias implementadas por las mujeres a partir de un derrame de petróleo: el caso de la comunidad de Cuninico* [Tesis de Fin de Grado, Pontificia Universidad Católica del Perú].

http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12611/MARTINEZ_ZAVALA_VANIA_NUEVAS_FORMAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ministerio del ambiente (2014) Guía para el muestreo de suelos. MINAM. Recuperado el 15 de febrero de 2021. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>

Ministerio del ambiente (2015). Guía para la elaboración de estudios de evaluación de riesgos a la salud y el ambiente (ERSA) en sitios contaminados. MINAM. Recuperado el 15 de febrero de 2021. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/GUIA-ERSA-ALTA.compressed.pdf>

Miranda, D., Restrepo, R. (2005) Los derrames de petróleo en ecosistemas tropicales— impactos, consecuencias y prevención. La experiencia de Colombia. *International oil spill conference*, 571-575.

Parra F., Manrique H. & Martínez V. (2019). *Derrames de Petróleo y afectación a la salud materno infantil en pueblos indígenas de la Amazonía Peruana: un análisis exploratorio desde los determinantes de salud* [Informe, Universidad del Pacífico].

http://www.cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/derrames_de_petroleo_y_afectacion_a_la_salud_materno_infantil.pdf

Rincón Rodríguez, J. M. (2016). *Test de micronúcleos en peces como indicador de toxicidad en ecosistemas de agua dulce a escala global* [Tesis para optar Título de Administrador Ambiental, Universidad Autónoma de Occidente]. <https://red.uao.edu.co/handle/10614/8584>

Rivero D. (2008) Metodología de la Investigación

Samanez Valer, I., Rimarachín Ching, V., Palma Gonzales, C., & Arana Maestre, J. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. *Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú*, 1, 75. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/M%c3%a9todos-de-Colecta-identificaci%c3%b3n-y-an%c3%a1lisis-de-comunidades-biol%c3%b3gicas.compressed.pdf>

Siddhant Dash, Smitom Swapna Borah, Ajay S. Kalamdhad(2021), Heavy metal pollution and potential ecological risk assessment for surficial sediments of Deepor Beel, India. *Ecological Indicators*, Vol. 122. 1-15.

Real academia española (2020). Diccionario de la lengua española. Recuperado el 15 de febrero de 2021. Obtenido de <https://www.rae.es/>

Tello Vallejo, Á. C. (2017). *Biomarcadores genotóxicos en tilapia nilótica Oreochromis niloticus como indicadores de contaminación de aguas por metales pesados* [Tesis para optar Título Especialista en Mejoramiento Genético, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/14902>

Velásquez J. (2017). Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8 (1), 151-167. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6285716.pdf>

Zapata Mora C. (2020). Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos en el aire ambiente de manizales [Tesis para optar grado de Magister, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77762>

Zapata O., Rubio J. y Patiño M. (2014). Evaluación y monitoreo de los efectos biológicos por derrames de petróleo en el medio marino. Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y tendencias. UAC, UNAM-ICMYL. 461-480.

<https://www.researchgate.net/publication/323585196> Evaluacion y monitoreo de los efectos biologicos por derrames de petroleo en el medio marino