

**ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE SUELOS Y
SEDIMENTOS Y SU INFLUENCIA EN LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS DE LA
ZONA AFECTADA POR DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN EL RÍO MIRA**

**MARIA PAULA OLAYA ROJAS
KAREN ANDREA TRIVIÑO CORTES**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE LOS RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
SANTIAGO DE CALI**

2019

**ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE SUELOS Y
SEDIMENTOS Y SU INFLUENCIA EN LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS DE LA
ZONA AFECTADA POR DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN EL RÍO MIRA**

MARIA PAULA OLAYA ROJAS

KAREN ANDREA TRIVIÑO CORTES

**Proyecto de grado para optar al título de
INGENIERA SANITARIA Y AMBIENTAL**

**Directora:
Luz Edith Barba Ho**

**Codirector:
Daniel Ascúntar Ríos**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE LOS RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
SANTIAGO DE CALI**

2019

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias, por su apoyo incondicional, especialmente a nuestras madres, por su entrega, compañía y por ser nuestro soporte durante nuestra formación profesional.

A las personas del Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera en Tumaco - Nariño, que hicieron parte de este proyecto, por su disposición, acompañamiento y por enseñarnos a partir de sus experiencias que el camino de la reconciliación es posible.

A nuestros directores, Luz Edith Barba Ho y Daniel Ascúntar Ríos, por compartirnos su experiencia y conocimiento y por brindarnos orientación durante el desarrollo del trabajo de grado.

A Juan Carlos y Leidy, por su guía técnica y apoyo en el entendimiento de los problemas sociales y la importancia de la comunidad como actores de cambio.

A la Universidad del Valle por permitirnos formarnos como profesionales y como personas, así como a todos los profesores que nos aportaron con sus valiosos consejos.

ÍNDICE

RESUMEN.....	8
1. INTRODUCCIÓN	9
2. ANTECEDENTES	11
3. OBJETIVOS	15
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4. MARCO DE REFERENCIA.....	16
4.1. MARCO TEÓRICO	16
4.1.1. Composición de los hidrocarburos del petróleo.....	16
4.1.2. Contaminación y efectos del derrame de hidrocarburos	16
4.1.3. Características de suelos contaminados con hidrocarburos	17
4.1.4. Características de sedimentos en la contaminación por hidrocarburos.....	18
4.1.5. Características fisicoquímicas de suelos y sedimentos	19
4.1.6. Efectos en la salud humana	21
4.2. MARCO LEGAL	22
4.2.1. Referentes internacionales sedimentos	23
4.2.2. Referentes internacionales suelos	23
5. METODOLOGÍA.....	25
5.1. RECONOCIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	25
5.2. RECOPIACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN PARA DEFINIR ESTADO DE LA ZONA DE ESTUDIO	28
5.3. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA ZONA DE ESTUDIO	29
5.3.1. Características de suelos y sedimentos de la zona de estudio.....	29
5.3.2. Comparación con referentes internacionales	32
5.3.3. Comparación con estudios de la zona	33
5.4. IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA PERCIBIDA POR LA COMUNIDAD 33	
6. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS	35
6.1. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LOS SUELOS DE LA ZONA DE ESTUDIO	35

6.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE SEDIMENTOS DE LA ZONA DE ESTUDIO	49
6.3. DESCRIPCIÓN DE LAS PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS POR LA COMUNIDAD Y SU INFLUENCIA EN LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS.....	61
6.3.1. Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera.....	61
6.3.2. Problemáticas percibidas por la comunidad	64
6.3.3. Relación entre percepción de la comunidad y el estado de suelos y sedimentos	71
7. CONCLUSIONES.....	74
8. RECOMENDACIONES	76
9. BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXOS	86

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Datos históricos de atentados contra oleoductos en Colombia (2000-2019)	13
Figura 2. Etapas de la metodología del estudio.....	25
Figura 3. Ubicación geográfica del área de estudio.....	26
Figura 4. Zonas del Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera (CCBMYF)	28
Figura 5. Estaciones de muestreo de suelos en la zona de estudio	36
Figura 6. Valores de materia orgánica en muestras de suelo de zona de estudio (%)	37
Figura 7. Relación C/N en muestras de suelo de zona de estudio	38
Figura 8. Valores de pH en muestras de suelo de zona de estudio.....	40
Figura 9. Valores de %NTK en muestras de suelo de zona de estudio.....	41
Figura 10. Conductividad eléctrica en muestras de suelo de zona de estudio (dS/m)	43
Figura 11. Valores de níquel en muestras de suelo de zona de estudio (mgNi/Kg).....	44
Figura 12. Concentración hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos en muestras de suelo de zona de estudio	46
Figura 13. Representación gráfica de la concentración de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos en muestras de suelo de la zona de estudio	47
Figura 14. Valores de hidrocarburos alifáticos en muestras de suelo de zona de estudio	48
Figura 15. Estaciones de muestreo de sedimentos en la zona de estudio	50
Figura 16. Porcentaje de materia orgánica en muestras de sedimentos de zona de estudio	51
Figura 17. Porcentaje de nitrógeno total en muestras de sedimentos de zona de estudio	53
Figura 18. Concentración de fósforo total en muestras de sedimentos de zona de estudio	54
Figura 19. Relación NT/PT en muestras de sedimentos de zona de estudio	55
Figura 20. Concentración de níquel en muestras de sedimentos de zona de estudio	56
Figura 21. Concentración hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos en muestras de sedimentos de zona de estudio	57
Figura 22. Distribución espacial de la concentración de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos en sedimentos de la zona de estudio	59
Figura 23. Concentración hidrocarburos alifáticos en muestras de sedimentos de zona de estudio	60
Figura 24. Intervalo de edades de la población de estudio	63
Figura 25. Distribución por género de la población de estudio	63
Figura 26. Distribución por zonas del CCBMYF de la población de estudio.....	63
Figura 27. Actividades productivas de la población de estudio	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Definición de los separados del suelo	20
Tabla 2. Rango de variación de los contenidos de arena, limo y arcilla en las diferentes clases texturales de suelos.	20
Tabla 3. Efectos de la salinidad en cultivos.....	21
Tabla 4. Marco legal para el control de actividades de exploración, explotación y transporte de hidrocarburos en Colombia.....	22
Tabla 5. Rangos para contaminantes en sedimentos de fuentes superficiales	23
Tabla 6. Valores de referencia contaminantes en suelos de uso agrícola	24
Tabla 7. Estaciones de muestreo estudio Invemar, Univalle y Corponariño	30
Tabla 8. Métodos para el análisis de los parámetros fisicoquímicos.....	31
Tabla 9. Valores de relación C/N.....	39
Tabla 10. Resultados de valores de fósforo en muestras de suelo de la zona de estudio.....	42
Tabla 11. Niveles de níquel permitidos por referentes internacionales en suelos de uso agrícola	44
Tabla 12. Resultado de textura en muestras de suelo de zona de estudio.....	45
Tabla 13. Límites de detección para HAPs en muestras de suelos de zona de estudio ..	49
Tabla 14. Porcentaje carbono orgánico total y relación C/N en muestras de sedimentos de zona de estudio	52
Tabla 15. Límites de detección para HAP's en muestras de sedimentos de zona de estudio	60
Tabla 16. Información de las personas entrevistadas.....	62
Tabla 17. Problemáticas identificadas a partir del análisis cualitativo	64

RESUMEN

El río Mira, ubicado en el municipio de San Andrés de Tumaco – Nariño, sufre de constantes derrames de hidrocarburos causados principalmente por atentados o fallas a la infraestructura petrolera de la zona y a la instalación de válvulas y refinerías para el comercio ilegal de crudo. Esta problemática afecta a principalmente a las poblaciones rurales que se asientan a lo largo del río Mira, como es el caso del Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera (CCBMYF) que se ha visto afectado por derrames de gran magnitud como el ocurrido el 22 de junio de 2015 que causó el vertimiento de aproximadamente 10.000 barriles en un afluente del río Mira, lo cual pudo tener influencia en las principales actividades productivas de la zona, la pesca y la agricultura.

En esta investigación se evaluaron las características fisicoquímicas de los suelos y sedimentos de un tramo de la zona afectada por derrames de hidrocarburos del CCBMYF, esto se llevó a cabo con base en el estudio realizado por Invemar, Univalle y Corponariño en el año 2017, en el que se determinaron características fisicoquímicas, cantidad de metales pesados e hidrocarburos en muestras de suelos y sedimentos. Posteriormente los resultados se compararon con referentes nacionales e internacionales de calidad de sedimentos superficiales y suelos para uso agrícola, a su vez, esto se comparó con resultados de la percepción de la comunidad, para lo que se elaboraron entrevistas semiestructuradas y abiertas a 13 personas pertenecientes al CCBMYF, que identificaron como principales problemáticas: Dificultades de la producción, Contaminación del río y los suelos, Disminución en la producción de cultivos, Disminución en la producción de peces y mariscos, Afectaciones a la salud, Responsabilidades y Apoyo institucional.

La evaluación de los contaminantes en las muestras de suelos y sedimentos de la zona de estudio sólo presentó valores que superaron las concentraciones máximas planteadas por referentes internacionales para níquel, estos valores se obtuvieron en 41% de las muestras de sedimentos. A pesar de que los resultados obtenidos en muestras de suelo y sedimentos de la zona de estudio no indican gran afectación en la calidad de estos, la comunidad percibe que si hubo un daño en el ecosistema y la salud de las personas. Esto podría demostrar que el efecto del derrame fue inmediato y que la recuperación del ecosistema ha sido muy lenta ya que aún se presentan repercusiones en las actividades productivas de la zona y la salud de la población de la zona de estudio.

1. INTRODUCCIÓN

En la economía mundial el petróleo constituye una de las materias primas más importantes, por ser la principal fuente de energía y un objeto de comercio esencial entre los países, este debe ser transportado para su posterior tratamiento e incorporación a las actividades productivas de origen antrópico. El transporte se puede dar por vía marítima en buques petroleros o por vía terrestre utilizando conductos de grandes longitudes, denominados oleoductos. Uno de los inconvenientes que el transporte acarrea es la constante exposición del ambiente y la población a riesgos en caso de fallas en el sistema. En Colombia, condiciones como el sabotaje y fenómenos naturales como deslizamientos o derrumbes son las principales causas por las que se producen fallas en las tuberías (Rumiche y Indacochea, 2007).

La mayoría de los sabotajes a oleoductos ocurridos en el país han sido causados por grupos ilícitos que en el marco del conflicto armado los han usado como método de guerra y han dejado como resultado hasta el año 2015 alrededor de 2500 atentados con 4.119.667 barriles derramados. Una de las zonas más perjudicadas es la bahía de Tumaco y sus alrededores, donde la confrontación armada ha estado marcada por el control de territorios estratégicos en cuanto a economía, transporte de armas y estupefacientes, movilidad de tropas, extorsión y reclutamiento forzado (Naciones Unidas, Oficina para la Coordinación de Asuntos Humanitarios., 2015).

El río Mira y su cuenca, han sufrido la exposición constante a derrames de crudo debido a los ataques a la infraestructura petrolera de la zona por parte de grupos armados y a la instalación de refinerías y válvulas ilegales de crudo que hacen presencia en el trayecto del oleoducto trasandino ubicado en la zona. Esto ocasiona que los ecosistemas se vean enfrentados regularmente a la contaminación por hidrocarburos afectando también la salud y la seguridad alimentaria de la población más vulnerable, pues los derrames contaminan las fuentes de abastecimiento utilizadas para la subsistencia de las comunidades y posterior a esto permanecen depósitos de hidrocarburos en los suelos y sedimentos de las zonas afectadas, lo que acarrea problemas a corto, mediano y largo plazo.

El 21 de junio del 2015 se presentó el derrame de crudo que, según el gobierno y algunos medios de comunicación ha sido considerado como el más grande en la historia del país. La causa de este vertimiento de 410.000 galones de crudo se le atribuyó al grupo armado revolucionario FARC-EP cuando los miembros de esta guerrilla aceptaron haber volado un tramo del oleoducto trasandino a la altura de la vereda El Pinde en Tumaco. Los 10.000 barriles fueron derramados sobre la quebrada Pianulpí que conecta con el río Guiza, un afluente del río Mira, principal fuente de abastecimiento de agua de Tumaco, que a su vez desemboca en el océano Pacífico en Cabo Manglares contaminando los esteros y los brazos de los demás ríos que se sitúan en la zona.

Algunas de las consecuencias percibidas en el momento de la tragedia, es la evidencia del daño a ecosistemas acuáticos como los manglares, mortandad de peces, moluscos y otras especies acuíferas propias de la región que hacen parte de la alimentación diaria de las comunidades, además de la pérdida de cultivos de pancoger, cacao, palma y coco. Sin embargo, no hay evaluación en profundidad de los sectores priorizados, que son agua potable, ecosistemas acuáticos y suelos (ONU, 2015).

En la actualidad, el único proceso de remediación que han tenido tanto los suelos afectados como el río Mira ha sido la atenuación natural, ya que no se han realizado acciones para mejorar la calidad de los suelos y sedimentos del río Mira, lo que podría estar perjudicando el aprovechamiento de los servicios ecosistémicos que brinda el río. Además, la seguridad alimentaria pudo verse afectada, ya que al contaminarse algunos de los suelos más fértiles de la región se desperdician las posibilidades de desarrollo productivo, específicamente siembra de palma, plátano y caña. Según un estudio de Bravo (1998) estos productos son utilizados más para consumo doméstico que para comercio a gran escala, sin embargo, la agricultura genera el segundo nivel de empleo más alto de la región.

Otra actividad socioeconómica que probablemente se vio truncada y a su vez, la más importante de la zona es la pesca que se desarrolla tanto artesanalmente como industrialmente, ya que al haber depósitos de crudo en los sedimentos especialmente en el ecosistema de manglar se afecta la producción de las especies típicas que se comercializan con mayor frecuencia en la región, como lo son los cangrejos, camarones, pianguas, crustáceos y moluscos, donde cerca de 7.000 familias dependen de esta actividad. El río Mira se considera como el mayor aportante de sedimentos hacia la bahía de Tumaco, debido a que su carga es transportada por el oleaje que tiene un flujo medio de energía en dirección hacia el noreste, lo que podría impactar de forma negativa a la bahía al haber grandes depósitos de hidrocarburos en los sedimentos (Restrepo, 2006).

Debido a las posibles repercusiones sobre la zona afectada por derrames de hidrocarburos en el municipio de Tumaco se plantea la necesidad de realizar un estudio de los efectos sociales y ambientales que este tipo de desastres pudieron ocasionar en los suelos y sedimentos de la zona del río Mira estudiada, permitiendo analizar las posibles alteraciones en sus propiedades. Además, este estudio podrá servir como línea base para posibles investigaciones enfocadas en estrategias de recuperación de ecosistemas, remediación de suelos y seguimiento a sedimentos, beneficiando de esta forma a la comunidad del Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera, la economía de la zona, el aprovechamiento de los servicios ecosistémicos y la sostenibilidad regional.

2. ANTECEDENTES

Aunque existen datos históricos de desastres petrolíferos desde la década de los 40's del siglo XX, el primer desastre de gran magnitud ocurrió en 1960 cuando la explosión del buque Sinclair Petrolore derramó aproximadamente 60.000 toneladas de crudo frente a las costas de Brasil, este fue duplicado en 1967 por el accidente del superpetrolero Torrey Canyon en las Islas Sorlingas derramando 120.000 toneladas (860.000 barriles) de crudo que afectaron las costas de Francia e Inglaterra. La magnitud de estos accidentes fue superada por la colisión entre dos buques petroleros derramando de 290.000 toneladas (2,2 millones de barriles) frente a las costas de Tobago, cerca de Venezuela (Olmedo, 2017). Aunque los accidentes han causado grandes derrames ninguno de estos ha superado la cantidad de petróleo derramado en el golfo Pérsico durante la "Guerra del Golfo" en 1991, donde se arrojaron deliberadamente cerca de 1.800.000 toneladas (464 - 900 millones de galones) de crudo afectando la zona del golfo Pérsico, principalmente las zonas aledañas de Iraq y Kuwait (Noragueda, 2015).

Latinoamérica desde la década de los 90's del siglo XX ha incrementado sus inversiones en el sector petrolero, principalmente en Argentina, Bolivia, Brasil, Ecuador, Venezuela, Perú, México y Colombia (Monaldi, 2015). Esto ocasionó que la extracción por extracción y transporte por oleoductos aumentara en la zona tropical, conllevado al incremento de derrames por accidentes y sabotajes, muy comunes en las naciones, afectando zonas de gran biodiversidad y a las comunidades que habitan en regiones aledañas a los puntos de extracción y transporte. Esta problemática ha ocasionado que gran parte de los estudios de derrames de hidrocarburos se desarrollen en los mismos.

Un ejemplo de esto es el estudio realizado en Brasil, donde se examinó un área de manglares protegidos por la ley ubicados en la Bahía de Guanabará, el objetivo era determinar la presencia de HAP's y la actividad bacteriana para comprender los procesos que controlan la contaminación con hidrocarburos y sus efectos en la actividad bacteriana. Entre los resultados se encontró una gran cantidad de hidrocarburos en la bahía, sin embargo, la zona de manglar presenta concentraciones bajas, así como la presencia de altos contenidos de materia orgánica y nutrientes lo que proporciona energía suficiente para el desarrollo de biomasa. En cuanto a los demás parámetros, el pH fue cercano al valor neutro y se le atribuyó al efecto buffer causado por la salinidad, la temperatura tiene variaciones entre los puntos al igual que la salinidad (Wasserman et al., 2006).

En Brasil se estudió la contaminación por HAP's de los sedimentos en 23 estaciones ubicadas en la Bahía de todos los Santos. Se detectó que los HAP's encontrados con mayor frecuencia en la bahía son el naftaleno y el pireno, por su parte, el acenafteno es el hidrocarburo con menor presencia. También se determinó que los niveles individuales de HAP's hallados no representan un riesgo ni la posible aparición de riesgos adversos en organismos acuáticos, sin embargo, cinco de los HAP's hallados son posiblemente carcinógenos para los seres humanos, estos están representados en la fauna comestible

como el mayor riesgo para los humanos. Esta investigación se realizó por Teixeira da Silva, Beretta y Tavares (2014).

Cavazos, Perez y Gutierrez (2014) llevaron a cabo una investigación en el estado de Puebla, México cuyo objetivo fue explorar las afectaciones y consecuencias de los derrames de hidrocarburos en la localidad desde la perspectiva de los campesinos, para esto se realizó una investigación cualitativa con personas ubicadas en poblaciones que presentaban suelos afectados por derrames o en los que pasaran ductos que transportaran crudo. La información por parte de los entrevistados la obtuvieron en un solo instante de tiempo, por lo que las entrevistas desarrolladas fueron a profundidad y a partir del análisis de la información recolectada se identificaron cinco categorías sobre la situación que viven los afectados por los derrames. Las categorías identificadas fueron: Riesgos, Adjudicación de responsabilidades, Efectos de los daños, Cultura de seguridad y Organización de redes.

Castellanos, Isaza y Torres (2015) evaluaron la presencia de los hidrocarburos totales del petróleo y sus efectos sobre las propiedades de suelos en el área urbana de Maicao, La Guajira. Para esto se seleccionaron puntos donde anteriormente hubieran ocurrido derrames históricos y nueve sin presencia de estos. En los suelos con presencia de hidrocarburos el pH disminuyó posiblemente debido a que se facilita la oxidación de las cadenas carbonadas por parte de los microorganismos lo que produce la liberación de ácidos grasos, la CE no tuvo cambios, el COT y la CIC presentaron una relación inversa, la textura no presentó cambios significativos, la humedad disminuyó debido al efecto impermeabilizante que causan los hidrocarburos y la estabilidad de agregados aumentó significativamente debido a la viscosidad de los hidrocarburos.

En Colombia, se establece como primer ataque contra la infraestructura petrolera el atentado contra el oleoducto de Caño Limón – Coveñas en 1986 ocasionando el derrame de 45.743 barriles de petróleo a la altura del municipio de Carmen de Tonchalá, Norte de Santander. En 1988 ocurrió el evento catalogado como la catástrofe ambiental más grande en la historia ocurrida en aguas continentales, cuando por un atentado en El Tarra, Norte de Santander, se derramaron 93.952 barriles de crudo que llegaron hasta el lago de Maracaibo en Venezuela (Ecopetrol, 2015).

El 15 de mayo de 1990 por un atentado a manos del ELN al oleoducto Caño Limón – Coveñas, en el corregimiento de Zapatosa, Cesar, se derramaron cerca de 14.000 barriles en la ciénaga dejando damnificadas a más de 1.600 familias que vivían de la pesca. De nuevo, el ELN el 18 de octubre de 1998 atentó contra el oleoducto Central de Colombia en el corregimiento de Machuca, en Segovia, Antioquia que provocó un incendio causando la muerte de 84 personas, la mayoría menores de edad y la destrucción de 46 viviendas (Ibarra, 2018).

El recrudecimiento de los atentados a la infraestructura petrolera en el país data luego del fallido proceso de paz con las FARC en el gobierno de Andrés Pastrana, lo que fortaleció

a este grupo armado permitiendo que en el año 2001 se presentara el pico más alto de atentados en la historia del país, llegando a 261 ataques a oleoductos en este año (Issa, 2015). En la Figura 1, se presentan los datos históricos de atentados contra oleoductos proporcionados por el ministerio de defensa nacional.

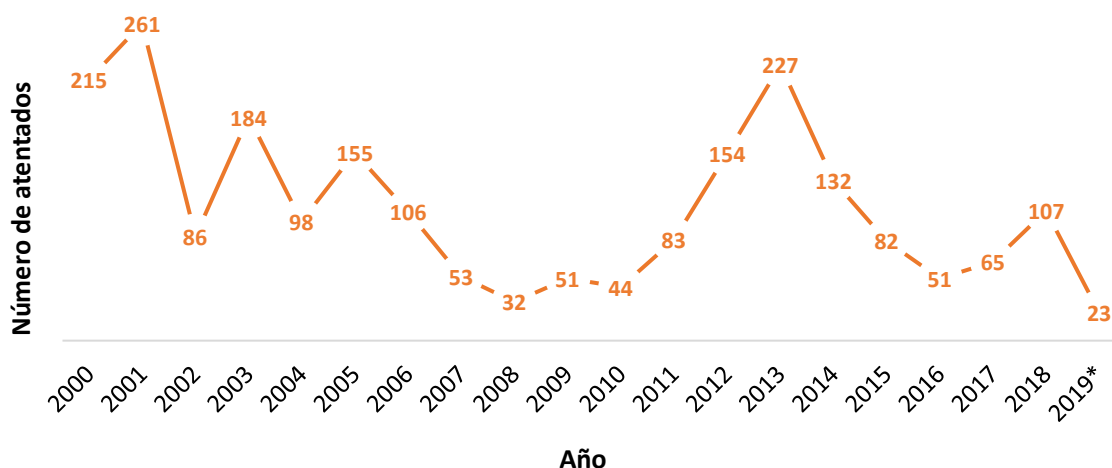


Figura 1. Datos históricos de atentados contra oleoductos en Colombia (2000-2019)

*Hasta el mes de marzo de 2019

Fuente: Issa (2015) y Revista Semana (2019)

Según Ecopetrol, desde 1986 en el departamento del Putumayo se registra el mayor número histórico de atentados con una cifra de 1.101 atentados, sigue Arauca con 655, Nariño con 469, Cesar con 79, Boyacá con 63, Bolívar con 7, Sucre con 7 y Magdalena con 3 (Ecopetrol, 2015). El oleoducto Cañolímón-Coveñas (OCC) ha sido el más atacado con 1.417 atentados, seguido por el oleoducto San Miguel – Orito (OSO) en Putumayo (Ibarra, 2018). El 2 de marzo de 2018, el pozo 158 de Ecopetrol que se ubica en el corregimiento La Fortuna en Santander, empezó a emanar chorros de crudo que terminaron en la quebrada La Lizama, Caño Muerto y Río Sogamoso afectando en total 24 kilómetros de tramo, derramando alrededor de 550 barriles. Un mes después, aún se evidenciaba el agua de la quebrada con aceite, animales bañados en petróleo, mortandad de peces e indignación de todo el país debido a la poca acción que habían llevado a cabo Ecopetrol y la ANLA para la contención del desastre (Semana, 2018).

Tumaco ha sido una de las zonas afectadas en gran medida por los derrames de petróleo, debido a que es el segundo puerto del Pacífico colombiano y es una de las terminales petroleras del país, dejando al municipio expuesto constantemente a accidentes y atentados que afectan a los habitantes y a los ecosistemas de la región. Según la Dirección General Marítima. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (2015) el primer derrame importante en el municipio ocurrió en 1976 con el hundimiento del petrolero Saint Peter causando el derramamiento de cerca de 33.000 toneladas de crudo, además de este en 1982 y 1996 se presentaron dos derrames de gran importancia

debido al rompimiento de mangueras en la terminal de Ecopetrol, dejando este último un saldo de 1.500 barriles de petróleo derramados en la bahía de Tumaco.

El siguiente derrame de petróleo de gran magnitud en el municipio de Tumaco ocurrió en el año 2000, cuando por un acto de sabotaje en la manipulación de una válvula de drenaje de una de las estaciones del oleoducto transandino se derramaron 3.500 barriles de petróleo sobre el río Rosario, que constituía la principal fuente de abastecimiento de las comunidades ribereñas y el grado de contaminación impidió la utilización de la fuente para consumo. En el 2004 ocurre otro derrame de petróleo que afecta al municipio, en esta ocasión el desbordamiento de uno de los tanques de almacenamiento del terminal cinco de Ecopetrol ocasionó que se derramaran 50 barriles de crudo. Según los registros de Ecopetrol 10 barriles ingresaron a la zona de manglar aledaña, mientras que el restante quedó en las áreas cercanas al tanque desbordado (Jimenez, 2006).

En el derrame del 21 de junio de 2015 ocurrido en Tumaco, la primera acción que se llevó a cabo para la contención del desastre fue avisar a los consejos municipal y departamental para la gestión del riesgo de desastres. Además, gestionaron el apoyo de Ecuador y una firma internacional experta en control de derrames, así como el apoyo de equipos de trabajo de Ecopetrol provenientes desde Cartagena, Coveñas y Yopal, con el fin de contar con más recursos humanos y técnicos en la contención del derrame, instalaron inicialmente cinco puntos de control para esto, sin embargo, la mancha se desplazó rápidamente lo cual hizo necesario establecer 17 puntos de control adicionales. Otro frente de trabajo se dedicó a la recolección y disposición del crudo vertido, recogieron 172 toneladas de material vegetal impregnado ya que instalaron 4.700 metros de barrera, aunque en algunos puntos se realizaron bloqueos por parte de algunas personas de la comunidad. Para la reparación del tubo en el que se realizó la fuga se tuvo que desplegar un operativo militar para garantizar la seguridad de los técnicos encargados. (Ecopetrol, 2015B)

Teniendo en cuenta las principales fuentes de contaminación del departamento de Nariño, entre las que se encuentra el recurrente derrame de hidrocarburos en el municipio de Tumaco, desde el 2001 se realiza por parte de la red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia (REDCAM) la evaluación y diagnóstico de la calidad de las aguas marinas y costeras del departamento de Nariño, basándose en el análisis de variables fisicoquímicas, microbiológicas y de contaminantes orgánicos e inorgánicos. En estos monitoreos se incluye la evaluación de contaminantes en sedimentos superficiales en los que se miden hidrocarburos aromáticos totales (HAT) y metales (Pb, Cd, Cr, Cu, Zn, Ni, Fe y Hg). Las estaciones de monitoreo ubicadas en puntos que han sido afectados en mayor medida por derrames de hidrocarburos se ubican en la zona costa sur, que va desde la ensenada de Tumaco hasta el río Mataje en el límite con Ecuador, donde se encuentran las principales cuencas hidrográficas de los ríos Mataje y Mira y donde la REDCAM cuenta con dos estaciones para el monitoreo de aguas y sedimentos (INVEMAR, 2016).

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar las características de los suelos y sedimentos de la zona afectada por el derrame de hidrocarburos en el río Mira - Tumaco (Nariño).

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer las características fisicoquímicas de suelos y sedimentos del área afectada por el derrame de hidrocarburos en el río Mira - Tumaco (Nariño).
- Comparar los resultados obtenidos para la presencia de hidrocarburos en suelos y sedimentos del área afectada por el derrame de hidrocarburos en el río Mira - Tumaco (Nariño) con criterios de calidad establecidos en referentes nacionales e internacionales.
- Describir los problemas percibidos por la comunidad ocasionados por los derrames de petróleo en el río Mira – Tumaco (Nariño).

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1. MARCO TEÓRICO

4.1.1. Composición de los hidrocarburos del petróleo

Al ser el petróleo una mezcla que varía según su origen geológico y geográfico se debe tener en cuenta que las características químicas y la porción de los constituyentes no es constante. Según Vázquez (2009) este fluido negro y viscoso puede contener miles de compuestos pertenecientes a la familia de los hidrocarburos pues la composición elemental del crudo está en función de este tipo de compuestos: carbono (84 - 87%), hidrógeno (11 – 14%), azufre (0 – 8%), oxígeno y nitrógeno (0 – 4%), además de metales como el níquel y el vanadio. Los tres grupos que se encuentran mayormente en los hidrocarburos del petróleo son alcanos (parafinas), alquenos (olefinas) e hidrocarburos aromáticos.

El principal constituyente del crudo de petróleo son las parafinas pues pueden llegar a representar hasta el 80% del fluido, entre estas se encuentran las parafinas volátiles que son alcanos no ramificados y ramificados formados por 1 a 10 átomos de carbono, también están las parafinas no volátiles alcanos lineales y ramificados conformados por cadenas de 11 a 40 átomos de carbono y por último se encuentran los naftenos o ciclo alcanos. El grupo de las olefinas se caracterizan por tener dobles enlaces en su estructura y aunque están poco presentes en el crudo del petróleo cobran importancia en los productos del refinado, pues la mayoría se forma durante este proceso. Por último, se encuentran los hidrocarburos aromáticos formados por moléculas que contienen uno o varios anillos bencénicos, entre estos se pueden encontrar hidrocarburos mono-aromáticos, con un solo anillo bencénico, hidrocarburos di aromáticos, con dos anillos bencénicos, e hidrocarburos poli aromáticos conocidos como HAP's, con más de dos anillos bencénicos (Vázquez, 2009).

4.1.2. Contaminación y efectos del derrame de hidrocarburos

La contaminación por hidrocarburos del petróleo puede llegar a las fuentes superficiales por derrames que posteriormente dejan depósitos en los sedimentos y contaminan suelos de la zona ocasionando afectaciones en los ecosistemas. Los compuestos tóxicos que contiene el petróleo repercuten directamente en la biota y afectan principalmente a los microorganismos, que además de representar una parte importante del ecosistema son claves para los procesos biogeoquímicos (Zamora, Ramos y Arias, 2012).

La diferencia de densidades entre el crudo y el agua ocasionan que los vertidos floten impidiendo el intercambio gaseoso y la entrada de luz, dando comienzo a la solubilización de los compuestos hidrosolubles y afectando a diferentes poblaciones, como el fitoplancton, los macroinvertebrados y bentos. Cuando los hidrocarburos llegan al suelo se produce el mismo efecto de impedimento del intercambio gaseoso con la atmósfera, lo que

ocasiona que se den simultáneamente procesos fisicoquímicos como la evaporación y penetración. La velocidad y el grado de toxicidad que causan estos procesos dependen de factores como el tipo y cantidad de hidrocarburo, temperatura, humedad y textura del suelo. Otro factor para tener en cuenta es el grado de salinidad que puede ser moderado, alto o extremo y que tiene repercusiones letales para la microbiota del ecosistema, pues puede ser capaz de destruir la estructura terciaria de las proteínas, desnaturalizar enzimas y destruir células (Benavides et al., 2006).

La forma en la que se encuentren los hidrocarburos en el agua depende del número de carbonos, cuando presentan un número mayor tienden a flotar y estar en forma libre, mientras que las moléculas más pequeñas forman emulsiones con el agua y son de difícil remoción, otra forma de encontrarlos es disueltos o absorbidos a sólidos suspendidos. Las afectaciones a las poblaciones acuáticas ocurren principalmente porque los hidrocarburos del petróleo se adhieren a las branquias de los peces, las algas y el fitoplancton, ocasionando problemas en la respiración de los primeros y destruyendo los dos últimos, lo que repercute en plantas, insectos y peces que se ven afectados en su reproducción y alimentación (Reeves, 2005).

La atenuación de los derrames de petróleo en ambientes acuáticos está relacionada con procesos dependientes del clima de la zona, entre estos se encuentran la evaporación, fotooxidación, emulsión, dispersión y degradación, sin embargo, en el proceso de fotooxidación se pueden producir compuestos ácidos y fenólicos más contaminantes que el hidrocarburo original. Otro factor determinante de este tipo de contaminación es el carácter hidrofóbico y la baja solubilidad que los hidrocarburos presentan ocasionando una fuerte adhesión a los sedimentos (Ke, Wong, Wong y Tam, 2002).

4.1.3. Características de suelos contaminados con hidrocarburos

Un suelo contaminado se define como aquel cuyas características físicas, químicas o biológicas han sido alteradas negativamente por la presencia de componentes de carácter peligroso de origen humano, en concentración tal que signifique un riesgo para la salud humana o el ambiente (Ministerio para la Transición Ecológica, 2007). Mientras que un contaminante es definido como toda materia o energía en cualquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural (Secretaría de Salud Estados Unidos Mexicanos, 2008).

En el caso del recurso suelo el derrame de petróleo causa cambios en las características químicas y biológicas. La modificación principal a nivel químico consiste en el gran incremento que se da del contenido de carbono, alterando la relación C: N: P del recurso. Según Castle, Montgomery y Kirchman (2006) a nivel biológico la presencia de hidrocarburos ocasiona una gran reducción de la diversidad biológica del medio. El aporte de un factor de estrés adicional al existente que condiciona el desarrollo de las poblaciones

microbianas eliminando a aquellas que resultan más sensibles a los contaminantes y permaneciendo las poblaciones que presenten capacidades metabólicas, que les permitan utilizar el hidrocarburo como fuente de carbono y energía. Además de las poblaciones que, aunque no son capaces de aprovechar los hidrocarburos, tampoco son sensibles a estos y pueden permanecer tolerando su presencia (Dias, 2011).

Debido a la diversidad de hidrocarburos que pueden encontrarse en el petróleo, depende de la composición química del contaminante y de las características del suelo el desplazamiento a través de este, el cual puede ser según procesos de adsorción a las partículas del suelo, por percolación a las zonas más profundas o eliminándose por volatilización. La migración de un hidrocarburo en la masa de suelo se lleva a cabo a nivel descendente en dirección vertical por acción de la gravedad y se produce una migración lateral por el efecto de las fuerzas capilares. Las características del suelo como permeabilidad, tamaño de las partículas, contenido de humedad, materia orgánica, temperatura y demás influyen directamente en el comportamiento del contaminante (Ortínez, Ize y Gavilán, 2003).

4.1.4. Características de sedimentos en la contaminación por hidrocarburos

En la contaminación por hidrocarburos en fuentes superficiales los compuestos que no pueden ser eliminados por evaporación, oxidación por la acción de la radiación UV o degradación por otros mecanismos tienden a depositarse en los sedimentos alterando las características de estos y acumulando compuestos de difícil degradación que continuarían afectando la flora y fauna (Velasquez, 2017).

La capacidad de adsorción de contaminantes de los sedimentos se encuentra relacionada con la textura de los mismos, por ejemplo, sedimentos con mayor contenido de arcillas tienden a adsorber en mayor medida los contaminantes (Santa, 2006). Uno de los indicadores de calidad de los sedimentos es el contenido de materia orgánica, ya que esta representa toda clase de sustancia que involucre dentro de su estructura molecular el carbono, el cual puede provenir de dos fuentes: la de origen viviente que involucra los residuos provenientes de los organismos vivos y la de origen antrópico (Quintero, Agudelo, Quintana, Cardona y Osorio, 2010). En el caso de contaminación por hidrocarburos del petróleo el contenido de materia orgánica de los sedimentos puede verse alterado, debido a que estas sustancias se adsorben a la materia orgánica particulada (Rodríguez, Saravia, Pacheco y Piedra, 2014).

Otra característica de los sedimentos es que constituyen uno de los depósitos de nutrientes de las fuentes superficiales, entre estos se encuentran el nitrógeno y el fósforo que actúan como nutrientes limitantes controlando la producción del hábitat (Velasquez et al., 2016). En la contaminación por hidrocarburos la falta de nutrientes puede limitar la degradación, pues se ha demostrado que las fuentes disponibles de nitrógeno y fósforo son necesarias para una degradación efectiva de estos contaminantes (Herrera et al., 2011).

Además de los cambios en las características de los sedimentos también se tiene la acumulación de contaminantes como metales pesados e hidrocarburos aromáticos y alifáticos, sin embargo, los primeros al ser más solubles representan un mayor grado de toxicidad para el medio acuático. El tipo de compuesto que pueda acumularse depende también de la naturaleza del hidrocarburo derramado (Santa, 2006).

4.1.5. Características fisicoquímicas de suelos y sedimentos

Materia Orgánica

La materia orgánica es fundamental para la estabilización de la estructura del suelo, la retención y liberación de nutrientes de las plantas, y el mantenimiento de la capacidad de retención de agua, lo que la convierte en un indicador clave no sólo para la productividad agrícola sino también para la resiliencia ambiental. La descomposición de la materia orgánica libera nutrientes minerales, lo cual los hace disponibles para el crecimiento de las plantas, contribuyendo a un mejor crecimiento y mayor productividad garantizando la seguridad alimentaria (FAO, 2017). El carbono orgánico está relacionado con la materia orgánica y se estima que esta contiene en promedio 58% de carbono (Velasquez et al., 2016).

Relación C/N

La relación C/N en suelos indica la tasa de nitrógeno disponible para las plantas, valores altos ($C/N > 30$) implican que la materia orgánica se descompone lentamente debido a que los microorganismos inmovilizan el nitrógeno y las plantas no pueden utilizarlo, valores de C/N que estén entre 10 y 14 corresponden a una descomposición fácil, debido a la rápida mineralización y ruptura de tejidos y a que se favorece la proliferación de microorganismos descomponedores de la materia orgánica porque cuentan con suficiente carbono para usar como fuente de energía y suficiente nitrógeno para sintetizar sus proteínas (Gamarra, Diaz, Vera, Galeano y Cabrera, 2017).

En sedimentos una forma de aproximarse a la procedencia del material orgánico es a partir de la relación C/N (Rojas y Silva, 2003). Los valores típicos en zonas costeras se encuentran entre 4 a 10, mientras que relaciones mayores a 20 indican la incorporación de material terrestre, sin embargo, la relación también puede verse alterada por la inmovilización del material nitrogenado y la remineralización del carbono (De la Rosa, 2007).

pH

Es la medida de la reacción del suelo, relaciona los contenidos de protones y de iones OH^- , por lo cual en agua pura se cumple $\text{pH} + \text{pOH} = 14$; lo que indica que una solución es neutra

cuando $pH=pOH$, es decir, cuando el pH es igual a 7.0 (Jaramillo, 2002). La clasificación de los suelos desde el punto de vista del pH se puede hacer de la siguiente manera: Suelos ácidos $pH < 6.59$, Suelos neutro $6.6 < pH < 7.39$, Suelos Básicos $pH > 7.4$, esto según lo presentado por (Jaramillo, 2002).

Nutrientes: Nitrógeno y Fósforo

Para estimar la disponibilidad de nutrientes en los organismos se puede recurrir a la relación NT/PT, en la que valores inferiores a 5 podrían indicar una limitación de nitrógeno y valores superiores a 10 se consideran como una limitación de fósforo (Velasquez et al., 2016).

Textura

La textura del suelo es el parámetro que establece las cantidades relativas en que se encuentran las partículas finas del suelo, de diámetro menor a 2mm, estas partículas se agrupan en tres clases: Arena (A), Limo (L) y Arcilla (Ar) y se define como se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Definición de los separados del suelo

SEPARADO	RANGO DE DIAMETRO DE PARTÍCULA (mm)		
	USDA*	ISSS**	DIN y BSI***
Arena	2 - 0.05	2 - 0.02	2 - 0.08
Limo	0.05 - 0.002	0.02 - 0.002	0.08 - 0.002
Arcilla	<0.002	<0.002	<0.002

Fuente: Jaramillo (2002)

* U.S. Departamento de Agricultura ** Sociedad Internacional del Suelo *** DIN: Instituto Alemán de Estándares BSI: Instituto Británico de Estándares

*** DIN: Instituto Alemán de Estándares BSI: Instituto Británico de Estándares

Para definir una clase textural se utiliza un término separado dominante, por ejemplo, en un suelo Arcillo Limoso, el separado dominante es la arcilla ya que encabeza el nombre textural. Un suelo con textura franca es aquel cuyos separados están en cierta proporción tal que ninguno de ellos domina las propiedades del suelo (Jaramillo, 2002). En la Tabla 2 se presentan las clases texturales con el rango de contenido de arena, limo y arcilla.

Tabla 2. Rango de variación de los contenidos de arena, limo y arcilla en las diferentes clases texturales de suelos.

CLASE TEXTURAL	RANGO (%) EN EL CONTENIDO DE		
	ARENA	LIMO	ARCILLA
Arenosa	100 – 85	15 – 0	10 – 0
Arenosa Franca	90 – 70	30 – 0	15 – 0
Franco Arenosa	85 – 43	50 – 0	20 – 0
Franca	52 – 23	50 – 32	27 – 7

Tabla 2. (Continuación)

CLASE TEXTURAL	RANGO (%) EN EL CONTENIDO DE		
	ARENA	LIMO	ARCILLA
Franco limosa	50 – 0	87 – 50	27 – 0
Limosa	20 – 0	100 – 80	12 – 0
Franco arcillo arenosa	80 – 45	28 – 0	35 – 20
Franco arcillosa	45 – 20	53 – 15	40 – 27
Franco arcillo limosa	20 – 0	73 – 40	40 – 27
Arcillo arenosa	67 – 45	20 – 0	55 – 35
Arcillo limosa	20 – 0	60 – 40	60 – 40
Arcillosa	45 – 0	40 – 0	100 – 40

Fuente: Jaramillo (2002)

Conductividad Eléctrica

Es el parámetro de medición de sales solubles presentes en el suelo, por medio de la conductividad eléctrica se mide la capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica. A mayor concentración de sales, mayor CE, a menor CE será más fácil el manejo de la fertilización de los suelos (Barbaro, karlanian y Mata, s.f.). De acuerdo con la FAO, los suelos se encuentran clasificados según su salinidad como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Efectos de la salinidad en cultivos

TIPO DE SUELO	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (DS/M)	EFFECTO EN CULTIVO
No salino	0-2	Efectos de salinidad imperceptibles
Ligeramente Salino	2-4	Rendimientos en cultivos sensibles pueden verse limitados
Moderadamente salino	4-8	Rendimientos limitados en la mayoría de los cultivos
Fuertemente salino	8-16	Solo cultivos muy tolerantes tendrán rendimientos aceptables
Muy fuertemente salino	>16	Solo cultivos muy tolerantes tendrán rendimientos aceptables.

Fuente: Gallart (2017)

4.1.6. Efectos en la salud humana

El petróleo o sus componentes pueden entrar en contacto con el cuerpo humano a través de tres rutas: i) la absorción por la piel; ii) la ingestión de comida y bebida y, iii) la inhalación a través de la respiración. Los habitantes de las áreas de actividad petrolera se enfrentan con una potencial exposición a cualquiera de las tres rutas. La exposición al petróleo no está limitada al área cercana a la contaminación, cuando el petróleo contamina el ambiente, los componentes más pesados tienden a depositarse en los sedimentos desde donde

pueden contaminar repetidamente las fuentes de agua o ser consumidos por organismos que pueden entrar en la cadena alimenticia del hombre.

Tales exposiciones irritan la piel, causan comezón o irritación de los ojos ante un contacto accidental o por la exposición a sus vapores, y pueden producir náusea, vértigo, dolores de cabeza o mareos en una exposición prolongada o repetida a bajas concentraciones de sus compuestos volátiles. La inhalación de aceites minerales puede llegar a causar una neumonía lipoidea y la muerte (Greenpeace, 2012).

4.2. MARCO LEGAL

La nación cuenta con una serie de decretos y leyes para controlar las actividades de exploración, explotación y transporte de hidrocarburos, así como las posibles afectaciones que los derrames a causa de accidentes o atentados puedan causar sobre el medio y como se debe proteger y atender los mismos, además de los entes encargados para ejercer las acciones preventivas y correctivas necesarias. En la Tabla 4 se presentan los principales decretos y leyes que rigen la nación.

Tabla 4. *Marco legal para el control de actividades de exploración, explotación y transporte de hidrocarburos en Colombia*

AÑO	LEY/ DECRETO	DICTAMEN
1995	Decreto 2190 de 1995	Se ordena la elaboración y desarrollo del Plan Nacional de Contingencia contra derrames de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias Nocivas en aguas marinas, fluviales y lacustres.
1999	Decreto 321 de 1999	Se adopta el Plan Nacional de Contingencia contra Derrames de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias Nocivas.
2003	Decreto 1760 de 2003	Se escinde a Ecopetrol, se modifica su estructura y se crean la Agencia Nacional de Hidrocarburos y la sociedad Promotora de Energía de Colombia S. A.
2004	Ley 885 de 2004	Se aprueban el "Convenio Internacional sobre Cooperación, Preparación y Lucha contra la Contaminación por Hidrocarburos" y el "Protocolo sobre Cooperación, Preparación y Lucha contra los Sucesos de Contaminación por sustancias Nocivas y Potencialmente Peligrosas"
2010	Decreto 3930 de 2010	Se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del título VI – Parte II- Libro II del decreto ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
2012	Decreto 714 de 2012	Se establece la estructura de la Agencia Nacional de Hidrocarburos, ANH, y se dictan otras disposiciones.

Hasta la fecha el país no cuenta con un marco normativo que fije los estándares de los contaminantes en suelos y sedimentos, por lo tanto, para comparar los parámetros evaluados se utilizaron las tablas de referencia de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) y los lineamientos Canadienses de Calidad Ambiental proporcionada

por el Consejo de Ministros Canadiense del Medio Ambiente (CCME), además para suelos también se emplearon la norma oficial mexicana NOM-138-SEMARNAT/SS-2003 y la guía técnica española del Real Decreto 9/ 2005 de 14 de enero.

4.2.1. Referentes internacionales sedimentos

En la Tabla 5 presentan las referencias de contaminantes en base seca para sedimentos de fuentes superficiales de la NOAA, de los cuales se escogieron los niveles de efecto más bajo (LEL) y las guías de sedimentos para la protección de la vida acuática del CCME que corresponden a los de niveles de efectos probables (PEL) para fuentes superficiales.

Tabla 5. Rangos para contaminantes en sedimentos de fuentes superficiales

PARAMETRO	UNIDAD	NOAA	CCME
		LEL	PEL
Naftaleno	ppb	-	391
Acenaftileno	ppb	-	128
Acenaftaleno	ppb	-	88,9
Fluoreno	ppb	190	144
Fenantreno	ppb	560	515
Antraceno	ppb	220	245
Fluoranteno	ppb	750	2355
Pireno	ppb	490	875
Benzo(a) Antraceno	ppb	320	385
Criseno	ppb	340	862
Benzo(b)Fluoranteno	ppb	-	-
Benzo(k)Fluoranteno	ppb	240	-
Benzo(a) Pireno	ppb	370	782
Indeno (1,2,3-cd) Pireno	ppb	200	-
Dibenzo (a, h) antraceno	ppb	60	135
Benzo(ghi) Perilene	ppb	170	-
Arsénico (As)	ppb	6,000	17,000
Plomo (Pb)	ppb	31,000	91,300
Cadmio (Cd)	ppb	600	3,500
Níquel (Ni)	ppb	16,000	-

Fuente: Adaptado de National Oceanic and Atmospheric Administration (2008) y Canadian Council of Ministers of the Environment (2014)

Nota: Screening Quick Reference Tables, Canadian Environmental Quality Guidelines

LEL: Niveles de efecto más bajo **PEL:** Niveles de efectos probables

4.2.2. Referentes internacionales suelos

En la Tabla 6 se presentan los niveles de contaminantes en suelos a partir de los cuales es necesaria una intervención para recuperación de acuerdo a las tablas de referencia de la NOAA, además de las referencias para suelo de uso agrícola del CCME y los límites máximos permisibles (LMP) de contaminación en suelos de uso agrícola por hidrocarburos de las normas española y mexicana.

Tabla 6. Valores de referencia contaminantes en suelos de uso agrícola

PARAMETRO	UNIDAD	NOAA	CCME	Norma mexicana	Norma española
		Valor máximo permitido	Uso agrícola	Uso agrícola	Uso agrícola
Naftaleno	Ppb	-	100	-	1000
Acenaftileno	Ppb	-	-	-	-
Acenaftaleno	Ppb	-	-	-	6000
Fluoreno	Ppb	-	-	-	5000
Fenantreno	Ppb	-	100	-	-
Antraceno	Ppb	-	-	-	45000
Fluoranteno	Ppb	-	-	-	8000
Pireno	Ppb	-	100	-	6000
Benzo(a) Antraceno	Ppb	-	100	2000	200
Criseno	Ppb	-	-	-	20000
Benzo(b) Fluoranteno	Ppb	-	100	2000	200
Benzo(k) Fluoranteno	Ppb	-	100	8000	2000
Benzo(a) Pireno	Ppb	-	100	2000	20
Indeno (1,2,3-cd) Pireno	Ppb	-	100	2000	300
Dibenzo (a, h) antraceno	Ppb	-	100	2000	30
Benzo(ghi) Perilene	Ppb	-	-	-	-
Arsénico (As)	Ppb	55,000	12,000	-	-
Plomo (Pb)	Ppb	530,000	70,000	-	-
Cadmio (Cd)	Ppb	12,000	1,400	-	-
Níquel (Ni)	Ppb	100,000	50,000	-	-

Fuente: Adaptado de National Oceanic and Atmospheric Administration (2008), Canadian Council of Ministers of the Environment (2014), Diario Oficial de la Federación (2005) y Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado (2005)

Nota: Screening Quick Reference Tables. Canadian Environmental Quality Guidelines

5. METODOLOGÍA

Para evaluar las características de los suelos y sedimentos en la zona de estudio se llevaron a cabo las etapas presentadas en la Figura 2.

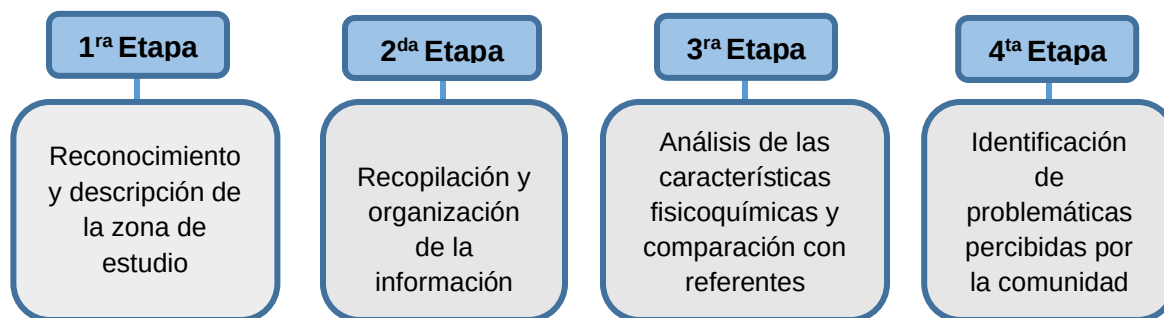


Figura 2. Etapas de la metodología del estudio

5.1. RECONOCIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el municipio de San Andrés de Tumaco, ubicado en el suroccidente del departamento de Nariño. Tumaco presenta una temperatura promedio de 27 °C y según las proyecciones del censo general del DANE para el año 2019 cuentan con una población de 217.079 habitantes, de los cuales 93.428 pertenecen a la zona rural (DANE, 2018). En el estudio “Implementación de acciones que contribuyan a la rehabilitación ecológica de áreas afectadas por hidrocarburos en zona costera y piedemonte del Departamento de Nariño” realizado por Invemar, Univalle y Corponariño en el año 2017, se analizaron 12 veredas del municipio de Tumaco donde se ubicaron puntos de muestreo a lo largo de la cuenca del río Mira perteneciente al Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera, 10 de estas poblaciones se encuentran ubicadas en la ribera de río y 2 en una zona aledaña al río con influencia marítima, las veredas evaluadas fueron: Paldán (PD), Bajo Guabal (BG), Cedral (CD), Descolgadero (DG), Peña Colorada (PC), Bocas de Cajapí (BC), Bajo Jagua (BJ), Alto San Isidro (ASI), Playón (PY), Pueblo Nuevo (PN), Congal (CG) y Chontal (CH), cómo se observa en la Figura 3.

Tumaco pertenece al Andén Pacífico que comprende fisiográficamente el sector occidental del país, desde el Ecuador hasta Panamá y desde el borde costero hasta las estribaciones de la cordillera occidental, esta región está constituida por unidades-roca ígneas volcánicas, plutónicas y sedimentarias como material parental. Se encuentra dividida estructuralmente por bloques y cuencas, el municipio pertenece a la cuenca Tumaco específicamente al grupo pacífico (ENGP) definido como un conjunto de rocas sedimentarias de origen marino que afloran en la parte sur de la costa pacífica, en el departamento de Nariño que se encuentra cubierto por abanicos fluviales generados por el río Telembí. En este grupo abundan las calizas intercaladas con arcillas esquistosas y areniscas de grado fino con niveles de conglomerados calcáreos en la parte inferior (IGAC e INGEOMINAS, 2001). El mineral dominante en la fracción arena de estos suelos es el

cuarzo y en la fracción arcilla la caolinita; además, presentan bajos contenidos de materia orgánica y todos tienen pH muy ácido. Lo anterior implica que en esta región los suelos también son de baja calidad para las labores agropecuarias (Jaramillo, 2002).

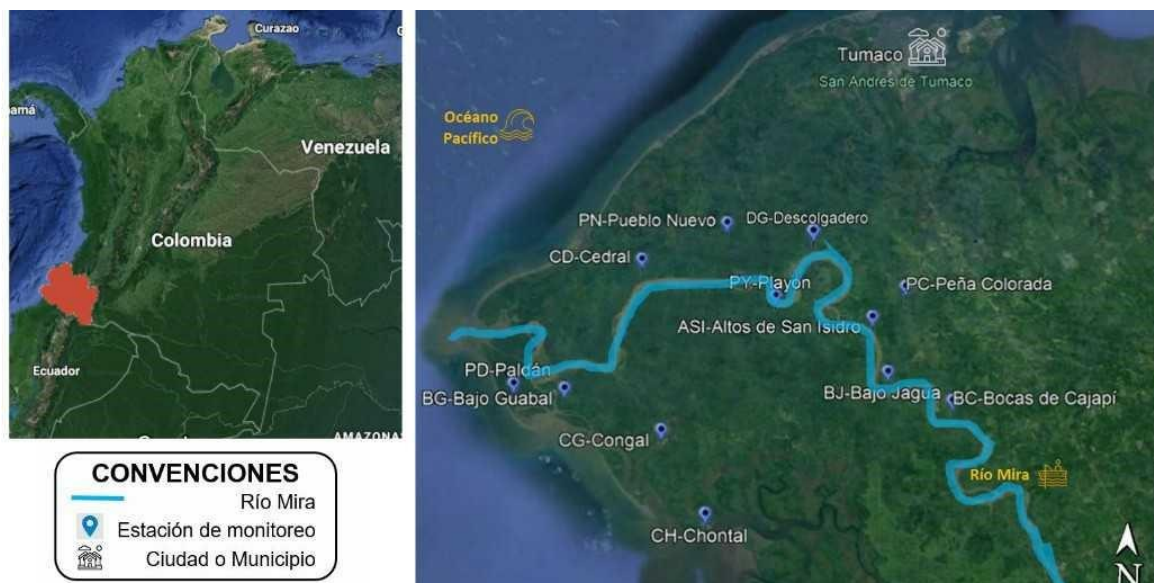


Figura 3. Ubicación geográfica del área de estudio

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth (2019)

La cuenca del Río Mira presenta una superficie total de 11.311 km², al ser una cuenca binacional solo 4.042,3 km² del área total pertenecen a Colombia. El río Mira es navegable por ciertos tramos y en su recorrido se observa variada vegetación entre las que se encuentra cacao, palma de aceite, plátano, maderables y pastos para una ganadería incipiente. El río Mira y sus brazos son el principal integrador y conector de una zona poblada por comunidades afrodescendientes principalmente. La red de drenajes de la subcuenca del río mira está constituida por 36 quebradas menores o esteros, de igual manera al entregar sus aguas al océano pacífico se forman más de cinco brazos con múltiples esteros que desembocan al cauce principal o al mar. A la altura de la vereda Descolgadero se encuentra la bocatoma flotante que permite el abastecimiento de agua al acueducto del municipio de Tumaco, localizada en territorio colectivo del Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera (Arboleda, 2004).

De acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) 2008–2019 los cultivos representativos del sector agrícola en el municipio se ubican en la franja alrededor de la carretera a Pasto en la zona comprendida entre el río Mira, Caunapí y Rosario. Entre los que se encuentran la palma de aceite con una extensión de 35.000 ha aproximadamente, cacao con 9.500 ha, palma de coco con 6.300 ha, plátano o banano con 8.200 ha, árboles frutales 1.500 ha y otros cultivos 2.500 ha. Para un total de 63.000 ha cultivadas, el 42% de un estimado de 150.000 ha con potencial agrícola en el municipio.

El Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera fue titulado como territorio colectivo mediante la Resolución 046 de 2003. Según el POT 2008-2019, está compuesto por 49 veredas con un total de 1.240 familias y un área total de 46.482 hectáreas (Tumaco, 2008). La mayor parte del territorio se encuentra en alturas inferiores a los 1200 m.s.n.m. y presenta una precipitación de 2000 a 3000 mm por año, los tipos de cobertura vegetal que predominan corresponden a bosque denso, principalmente bosque de manglar, sin embargo, en las zonas aledañas al río Mira la cobertura predominante pertenece a bosque degradado, además de mosaico de pastos y cultivos como resultado de más de 60 años de degradación y deforestación por la extracción de madera para comercialización y la explotación del territorio que reduce la conectividad entre parches de bosque existentes (Rainforest Alliance, 2015).

El uso tradicional de la tierra consiste en familias que combinan la extracción de madera con actividades económicas como la agricultura de subsistencia y la pesca, además por el principio de colectividad del territorio se cuenta con zonas de uso comunitario para la extracción de madera. Aunque en el territorio desde antes de la Ley 70 de 1993 se ha presentado la conversión de los bosques a cultivos de palma, las actividades agrícolas actuales se asocian principalmente a cultivos de subsistencia, dejando la mayoría de la cobertura en diferentes estados de degradación (Rainforest Alliance, 2015).

La Junta de Gobierno es el organismo de mayor autoridad en el Consejo Comunitario y se han subdividido en cuatro zonas, descritas a continuación:

Zona 1: Presenta el tema de linderos con las empresas palmicheras y su ocupación económica principal es la agricultura (cacao, palma, banano y frutas). Conformada por las veredas Peña Colorada, Vigueral del Mira, Guachal la Vega, Guachal las Brisas, Guachal Barranco, Vuelta de Cajapí, Boca de Cajapí, Bajo Jagua, Alto San Isidro, Medio San Isidro, Bajo San Isidro, Bella Vista, Descolgadero, Nueva Reforma, Brisas del Acueducto e Inguapí del Guadual.

Zona 2: Vocación principalmente agrícola, seguida por la pesca y la recolección de piangua. Conformada por las veredas Playón, Carlosama, Pueblo Nuevo, Cacagual, Cedral, Teherán, Bajo Teherán, Milagros, Cabo Manglares, Bocana Nueva, Bajo Guabal y Boca de Guabal.

Zona 3: Agricultura y aprovechamiento de los productos del mar. Conformada por las veredas de Nueva Independencia, Nueva Unión Braz, Las Brisas, Las Cargas, Papayal el Firme, Papayal Playa, Colombia Grande Vaquería, El Rompido, Bocagrande, El Bajito Vaquería y El Naranjo.

Zona 4: Frontera con Ecuador y la mayor afectada por el conflicto armado, predomina la pesca y la recolección de piangua y en menor medida la agricultura. Conformada por las veredas de Congal Frontera, Sagumbita Frontera, Playa Bonita, La Barca Frontera,

Chontal Frontera, El Bajo Cumilínche, Candelillas de la Mar Frontera, Puerto Palma, Montealto Frontera, El Ojal Frontera, Campanita Frontera, Campana Frontera, Santo Domingo el Progreso, Santo Domingo Vuelta del Carmen, Sandamia, Viguaral Frontera, Alto Santo Domingo, San Jacinto y El Piñal.

En la Figura 4 se encuentran delimitadas las zonas en las que se ha dividido el CCBMYF.



Figura 4. Zonas del Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera (CCBMYF)

Fuente: IGAC (2018)

5.2. RECOPIACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN PARA DEFINIR ESTADO DE LA ZONA DE ESTUDIO

Se efectuó la búsqueda y selección de la información disponible acerca de las situaciones por las que ha atravesado el municipio y cómo estas han podido repercutir sobre las características de los suelos y sedimentos del río Mira, principal afluente del municipio de Tumaco, además de las zonas aledañas que se hayan visto posiblemente afectadas por los constantes derrames de crudo. Esta información secundaria se obtuvo a partir de la búsqueda en bases de datos y la revisión de fuentes de información físicas y virtuales como revistas y periódicos. Además, se realizó una visita al municipio de Tumaco, donde se

acudió a instituciones gubernamentales de la región como la Alcaldía Municipal de Tumaco y la Corporación Autónoma Regional del departamento de Nariño.

Las visitas a las instituciones del municipio se realizaron en la tercera semana de junio del 2018 permitiendo obtener información sobre las acciones tomadas frente a los últimos atentados que se han efectuado en el oleoducto transandino, además de los constantes derrames que ha atravesado el municipio por situaciones planteadas anteriormente como las válvulas y refinerías ilegales instaladas en la zona. En la visita a la Alcaldía de Tumaco se contó con el apoyo del coordinador del Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres que brindó información sobre el territorio y cómo se abordan este tipo de situaciones por parte de la entidad, además fue posible obtener documentos realizados por el Consejo, entre los que se tienen actas e informes gubernamentales de los últimos atentados. En la Corporación Autónoma Regional de Nariño (Corponariño) sede Tumaco se obtuvieron los informes de las visitas realizadas por la entidad a la zona afectada por el derrame de junio de 2015, así como el seguimiento realizado durante el año 2015 y el primer mes del 2016 por parte del Centro Ambiental de la Costa Pacífica.

5.3. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA ZONA DE ESTUDIO

5.3.1. Características de suelos y sedimentos de la zona de estudio

La recopilación de la información sobre las características de los suelos y sedimentos de la zona de estudio afectada por derrames de hidrocarburos en el municipio de Tumaco se realizó con base en el estudio “Implementación de acciones que contribuyan a la rehabilitación ecológica de áreas afectadas por hidrocarburos en zona costera y piedemonte del Departamento de Nariño” realizado por Invemar, Univalle y Corponariño en el año 2017, en el que se tomaron muestras de suelos y sedimentos en veredas pertenecientes al Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera.

En este estudio se tomaron muestras de los suelos aledaños al río Mira, en 8 veredas pertenecientes al Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera: Peña Colorada, Bocas de Cajapí, Bajo Jagua, Altos de San Isidro, Playón, Pueblo Nuevo, Congal y Chontal. Los parámetros evaluados en suelo fueron: materia orgánica, fósforo total, nitrógeno total, arsénico, cadmio, níquel, plomo, pH, Conductividad Eléctrica, hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos (HPDD), hidrocarburos alifáticos, 16 Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) (naftaleno, acenaftileno, acenaltaleno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a) antraceno, criseno, benzo (b) fluoranteno, benzo (k) fluoranteno, benzo (a) pireno, Indeno (1,2,3-cd), pireno dibenzo(a,h) antraceno benzo(ghi) perilene), relación C/N y textura.

Las muestras de sedimentos del río Mira se colectaron en 10 veredas pertenecientes al Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera: Peña Colorada, Bocas de Cajapí, Bajo Jagua,

Altos de San Isidro, Descolgadero, Playón, Pueblo Nuevo, Cedral, Bajo Guabal y Paldán. Los parámetros evaluados fueron: materia orgánica, fósforo total, nitrógeno total (NTK), arsénico, cadmio, níquel, plomo, hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos (HPDD), hidrocarburos alifáticos y los 16 HAPs evaluados para las muestras de suelo.

En la Tabla 7 se presenta el resumen de las estaciones de monitoreo. Las muestras de suelo se nombraron como “SL”, teniendo en cuenta que para cada estación de muestreo se tomaron 3 muestras, se numeraron de 1 a 3, siendo los suelos identificados con los números 1 y 2 puntos tomados en la zona de ribera del río y los suelos identificados con el número 3 muestras tomadas cerca de una zona habitada. Las muestras de sedimento se nombraron como “SD” con 2 muestras por estación, una de lecho y una de ribera numeradas como 1 y 2 respectivamente, a excepción de la estación Descolgadero (DG) donde se tomaron dos muestras adicionales de ribera en la zona donde se encuentra ubicada la bocatoma de la planta de tratamiento de agua potable de Tumaco a las que se le añadieron las siglas B1 y B2.

Tabla 7. Estaciones de muestreo estudio Invemar, Univalle y Corponariño

ESTACIONES DE MUESTREO	ZONA	SUELOS	SEDIMENTOS	COORDENADAS	
				LATITUD	LONGITUD
Peña Colorada – PC	1	SI1, SI2, SI3	Sd1, Sd2	1°34'10.80" N	78°44'47.00" O
Bocas de Cajapí – BC		SI1, SI2, SI3	Sd1, Sd2	1°35'40.50" N	78°45'21.00" O
Bajo Jagua – BJ		SI1, SI2, SI3	Sd1, Sd2	1°37'5.90" N	78°47'29.50" O
Alto San Isidro – ASI		SI1, SI2, SI3	Sd1, Sd2	1°38'19.00" N	78°48'20.60" O
Descolgadero – DG		-	Sd1, Sd2, Sd2 B1, Sd2 B2	1°40'51.40" N	78°49'37.60" O
Playón – PY	2	SI1, SI2	Sd1, Sd2	1°39'45.60" N	78°51'3.20" O
Pueblo Nuevo – PN		SI1, SI2, SI3	Sd1, Sd2	1°40'9.70" N	78°53'16.70" O
Cedral – CD		-	Sd1, Sd2	1°40'5.70" N	78°55'30.20" O
Bajo Guabal – BG		-	Sd1, Sd2	1°37'30.40" N	78°57'11.30" O
Paldán – PD		-	Sd1, Sd2	1°37'59.80" N	78°58'36.10" O
Congal – CG	4	SI1, SI2, SI3	-	1°35'17.00" N	78°53'51.20" O
Chontal – CH		SI1, SI2, SI3	-	1°32'54.00" N	78°53'27.83" O

Fuente: Adaptado de INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO (2017)

Las muestras de suelo fueron tomadas en el mes de marzo de 2017 con el método de muestreo de identificación (MI) que tiene por objetivo investigar la existencia de contaminación del suelo a través de la obtención de muestras representativas por medio de una distribución casual. Considerando el uso del suelo agrícola y residencial en el área

de estudio las muestras fueron tomadas entre 10cm y 60cm, siendo este un muestreo superficial. Las muestras de sedimentos fueron tomadas en el mes de marzo de 2017 mediante un muestreo puntual en tres puntos de la sección transversal del río, utilizaron una draga Petersen de aproximadamente 35 kilos que puede operar en lagos profundos, ríos con altos caudales o corrientes y es apta para la extracción de limos o sedimentos finos. Tiene como ventaja que penetra fácilmente en todo tipo de lechos, obteniendo una discreta cantidad de muestra. (INVEMAR, UNIVALLE, & CORPONARIÑO, 2017)

Los métodos para el análisis de los parámetros están relacionados en la Tabla 8.

Tabla 8. Métodos para el análisis de los parámetros fisicoquímicos

PARÁMETRO	MÉTODO	REFERENCIA
Materia orgánica	5310B	Standard Methods (APHA, AWWA, & WEF, 2012)
pH	4500 – HB Medición potenciométrica con sonda portátil	Standard Methods (APHA, AWWA, & WEF, 2012)
Conductividad eléctrica	2520- B Medición electrométrica de la Conductividad con electrodo acoplado a sonda	Standard Methods (APHA, AWWA, & WEF, 2012)
Nitrógeno	4500 – BC	Standard Methods (APHA, AWWA, & WEF, 2012)
Fósforo	4500 -- BC	Standard Methods (APHA, AWWA, & WEF, 2012)
HPDD	Extracción soxhlet con diclorometano-acetona (1:1) y cuantificación por espectroscopia de fluorescencia	(UNESCO, 1982)
Hidrocarburos Alifáticos	Extracción soxhlet con diclorometano-acetona (1:1) y Cuantificación por cromatografía de gases acoplada a detector selectivo de masas	(UNEP, 1992)
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	Extracción soxhlet con diclorometano-acetona (1:1) (The SW-846 Compendium N° 3540C) y Cuantificación por cromatografía de gases acoplada a detector selectivo de masas (The SW-846 Compendium N° 8270D)	(EPA, 1996) y (EPA, 2014)
Metales Pesados (Níquel, Cadmio, Plomo, Arsénico)	3111 B	Standard Methods (APHA, AWWA, & WEF, 2012)
Textura	Método de Bouyoucos	-

Con la información recopilada de los resultados obtenidos en las matrices de suelos y sedimentos del estudio “Implementación de acciones que contribuyan a la rehabilitación

ecológica de áreas afectadas por hidrocarburos en zona costera y piedemonte del Departamento de Nariño” para hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos (HPDD) del muestreo realizado en marzo de 2017, en 12 estaciones de monitoreo ubicadas en veredas pertenecientes al Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera se realizó la representación gráfica de los contaminantes, empleando el software ArcGis 10.2.

Para la ubicación de los datos recopilados se importó el mapa base de la zona de estudio en formato shapefile (Límite Departamental) y la capa referente a la hidrografía de Nariño disponible en el Sistema de Información Geográfica para la Planificación y el Ordenamiento Territorial (SIG-OT). Adicional a esta, se requería la capa “Tierras de Comunidades Negras” donde se encontraba delimitada el área del Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera, sin embargo, como no fue posible obtener el archivo shapefile se tomaron 50 puntos con coordenadas geográficas del portal en línea del SIG-OT, se transformaron a coordenadas planas y se ubicaron creando una nueva capa.

Las estaciones de monitoreo se ubicaron con las coordenadas geográficas disponibles en el documento del estudio, transformadas a coordenadas planas, debido a que las estaciones contaban con diferentes puntos de monitoreo y no se tenían las coordenadas de cada uno de estos se siguió como base la imagen presentada en el estudio de puntos de muestreo para cada estación de monitoreo, creando una capa para los mismos, a la que posteriormente se les asignaron los atributos correspondientes a las variables analizadas.

Para la representar gráficamente la concentración de los HPDD en las matrices de suelos, como no se contaba con suficientes puntos que permitieran realizar la interpolación en toda el área perteneciente al Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera, se ubicaron en rangos las concentraciones. Mientras que para la interpolación de los HPDD en las matrices de sedimentos al contar con más puntos de muestreo y un área de influencia menor, es decir, el río Mira, se empleó el método de interpolación geoestadística Kriging, el cual permite generar una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos dispersos, ya sea regular o irregularmente distribuidos.

5.3.2. Comparación con referentes internacionales

La evaluación del grado de contaminación de la zona de estudio del municipio de Tumaco se realizó mediante el uso de algunos valores de referencia internacionales para la calidad de suelos y sedimentos. Para esto se emplearon las tablas de referencia de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, los lineamientos Canadienses de Calidad Ambiental proporcionada por el Consejo de Ministros Canadiense del Medio Ambiente, la norma oficial mexicana NOM-138-SEMARNAT/SS-2003 y la guía técnica española del Real Decreto 9/ 2005 de 14 de enero en el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.

5.3.3. Comparación con estudios de la zona

Los resultados de las características fisicoquímicas de suelos y sedimentos se contrastaron con estudios realizados en la zona. Para el análisis de las muestras de suelos se tuvo en cuenta la caracterización de suelos del Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera realizada por Rainforest Alliance en el proyecto “REDD+ ACAPA-BAJO MIRA Y FRONTERA (ACAPA-BMF)” y la capacidad de uso de suelos del departamento de Nariño realizada por el IGAC en el estudio “Capacidad de uso de las tierras extractado del estudio general de suelos y zonificación de tierras departamento de Nariño”. Mientras que para las características de sedimentos se emplearon los datos del departamento de Nariño obtenidos en el estudio “Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras del caribe y pacífico colombianos” realizado por INVEMAR (2018).

5.4. IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA PERCIBIDA POR LA COMUNIDAD

La identificación de los problemas percibidos por la comunidad perteneciente al Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera se realizó mediante la aplicación de la investigación cualitativa. De acuerdo con Monje (2011) esta metodología se interesa por captar la realidad social a través de los ojos de las personas que están siendo estudiadas, es decir a partir de la percepción que tiene el sujeto de su propio contexto. Dentro de las técnicas para la recolección de la información primaria se encuentran la entrevista abierta y semiestructurada, la cuales permitieron comprender de manera integral las consecuencias de los derrames de hidrocarburos en la zona de estudio.

La población de estudio estuvo conformada por 13 personas pertenecientes al Consejo Comunitario de Bajo Mira y Frontera que desarrollan actividades productivas en la zona, ya que estas personas podían brindar información importante sobre las prácticas productivas propias de la población y las transformaciones o procesos de adaptación que tuvieron que pasar debido a los efectos generados por los derrames de hidrocarburos en el río Mira perteneciente al municipio de Tumaco.

La recolección de la información se realizó por medio de una visita a las oficinas del Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera los días 22 y 23 de junio del año 2018. Esta fue previamente acordada con el representante legal que se encargó de coordinar la logística de los encuentros. En la visita se llevó a cabo una reunión con los miembros de la Junta Directiva de Consejo Comunitario y jornadas de entrevistas divididas en tres etapas, una primera en la que se realizó la entrevista abierta al representante legal y dos jornadas de entrevistas en las que se realizaron 12 entrevistas semiestructuradas. La interlocución fue persona a persona e individualmente, para que las percepciones fueran personales y no interfirieran las opiniones, a excepción de una pareja de esposos que se opusieron a hacer

la entrevista de manera individual. Para el registro de la información se utilizaron grabaciones de audio digitales y cuadernos de anotaciones.

En la técnica de entrevista semiestructurada se usa una lista de áreas hacia las que hay que enfocar las preguntas, es decir, se utiliza una guía de temas. El entrevistador permite que los participantes se expresen con libertad respecto a todos los temas y registra sus preguntas, las cuales se elaboran partiendo de un guion de tópicos o un conjunto de preguntas generales que le sirven de guía para obtener la información requerida (Monje, 2011).

Se identificaron los aspectos que eran necesarios conocer sobre la percepción de la comunidad, para esto se definieron los siguientes tópicos: a) Condición socioeconómica, problemas sociales y económicos asociados a los derrames de hidrocarburos. b) Percepción del derrame, causas y medidas de acción y prevención que deben adoptar en caso de una situación de desastre de derrame de hidrocarburo, c) las consecuencias relacionadas con el derrame en cuanto a la salud y el ambiente. A partir de los temas definidos se buscó que la entrevista brindara una descripción de los mismos, por medio de la realización de preguntas específicas sin acotar y limitar la respuesta, para que el entrevistado pudiera dar su percepción de la problemática y de esta manera comprenderla desde la lógica interna de la comunidad. El cuestionario realizado a la población de estudio se presenta en el Anexo A.

Para el análisis de los datos se realizaron las transcripciones de las entrevistas y se realizó la lectura en profundidad con el programa informático ATLAS.TI (Versión 7.5), herramienta de apoyo para el análisis de información cualitativa usada principalmente en proyectos de investigación social, de mercado y de salud pública (Carvajal, 2012). Además, se determinaron actores, responsables y la participación que han tenido diversas entidades e instituciones, así como las posibles soluciones que plantea la misma comunidad para mejorar y disminuir esta problemática que afecta a la población. Finalmente, se identificaron las relaciones entre las problemáticas percibidas por la comunidad y el estado de los suelos y sedimentos de la zona de estudio.

6. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

6.1. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LOS SUELOS DE LA ZONA DE ESTUDIO

En el estudio realizado por Invemar, Univalle y Corponariño (2017) las muestras de suelo se recolectaron en 8 de las 12 estaciones de monitoreo presentadas en la Tabla 7, estas fueron: Peña Colorada (PC), Bocas de Cajapí (BC), Bajo Jagua (BJ), Alto San Isidro (ASI), Playón (PY), Pueblo Nuevo (PN), Congal (CG), Chontal (CH), en su respectivo orden. Los parámetros evaluados en suelo fueron: materia orgánica, fósforo total, nitrógeno total, arsénico, cadmio, níquel, plomo, pH, Conductividad Eléctrica, relación C/N, textura, hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos, hidrocarburos alifáticos, naftaleno, acenaftileno, acenaltaleno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a) antraceno, criseno, benzo (b) fluoranteno, benzo (k) fluoranteno, benzo (a) pireno, Indeno (1,2,3-cd), pireno dibenzo(a,h) antraceno benzo(ghi) perilene.

En la Figura 5 se observa la ubicación de las estaciones de monitoreo. En cada estación se tomaron 3 muestras, dos de ribera (SI1) y (SI2) y una de zona habitada (SI3), la cual se ubicó cerca a los asentamientos humanos que se encontraban aledaños a cada estación, a excepción de la estación PY donde se tomaron 2 muestras de ribera, para un total de 23 muestras de suelos. De acuerdo a la clasificación de suelos del Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera, realizada por Rainforest Alliance (2015), con base en el “Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Nariño” en el territorio se presentan principalmente dos clases de suelos.

La primera corresponde a la subclase III hs8 que comprende las tierras de clima cálido húmedo y muy húmedo del plano de marea y plano de terraza de la planicie fluvio-marina y de la planicie aluvial respectivamente. Son suelos que se caracterizan por presentar un relieve plano, con pendientes de 0 a 3%, son moderadamente ácidos, presentan un alto contenido de materia orgánica, bajo contenido de fósforo aprovechable y baja retención de humedad. Su uso se da principalmente en cultivos perennes y semiperennes como palma africana, banano, cacao y caña de azúcar, mientras que otros sectores se encuentran en agricultura de subsistencia con cultivos como la palma de coco. En esta clase de suelo se encuentran las veredas de Pueblo Nuevo, Playón, Alto San Isidro, Peña Colorada, Bajo Jagua y Bocas de Cajapí. (IGAC, 2004).

La otra clase de suelo que se presenta en las veredas de estudio pertenece a la subclase VIII h8 que hace parte de la plataforma costera y del plano de marea de la planicie fluvio marina, donde se ubican las estaciones de muestreo Congal y Chontal. Este tipo de suelos se caracterizan por tener un relieve plano - cóncavo, con pendiente de 0 a 1%, son muy superficiales, pobremente drenados, inundables, saturados durante las mareas altas, de moderada a fuertemente ácidos y con alto contenido de carbono orgánico. La cobertura vegetal está constituida por bosques de mangle, explotados en sectores mediante el

sistema de tala rasa, este tipo de suelo es apto únicamente para bosque protector de mangle y no presentan ninguna aptitud agropecuaria (IGAC,2004).

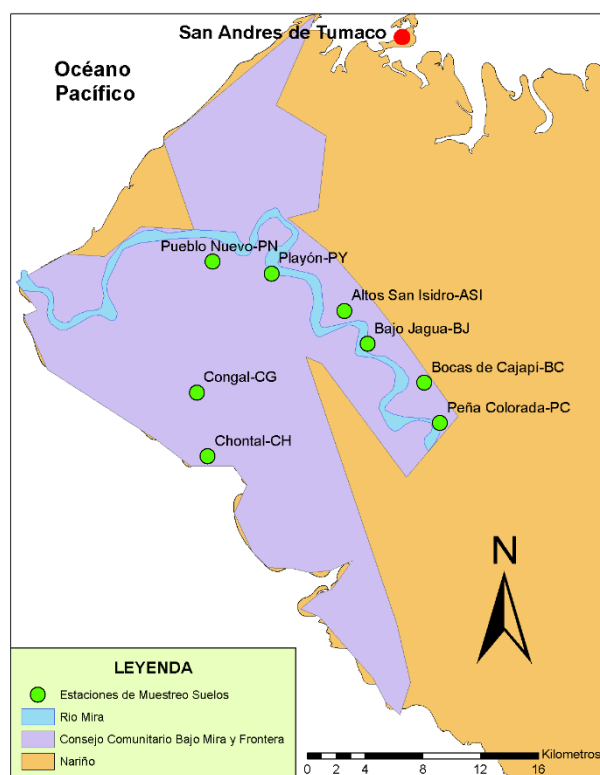


Figura 5. Estaciones de muestreo de suelos en la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO (2017)

Materia Orgánica

Los resultados del porcentaje de materia orgánica obtenidos en los suelos de la zona estudiada del municipio Tumaco se presentan en la Figura 6. Estos valores se encuentran en un rango entre 0,12% y 2,61%. El valor mínimo (0,12%) se obtuvo en la estación de muestreo PC – SI3 de la vereda Peña Colorada y el valor máximo 2,61% en la estación de muestreo CH – SI3 de la vereda Chontal.

La clase de suelos a la que pertenecen las veredas Congal y Chontal se caracterizan por altos contenidos de materia orgánica (aproximadamente 16%), debido al tipo de cobertura vegetal que presenta, sin embargo, las inundaciones de larga duración y su pobre drenaje hacen que no sean suelos aptos para prácticas agrícolas. Los porcentajes que presentaron las muestras de suelos evaluadas de estas veredas se encuentran entre 0,45% y 2,61%, aunque entre estos se encuentra la muestra con el mayor contenido de materia orgánica, estos podrían clasificarse como muy bajos teniendo en cuenta las características de la clase de suelos a la que pertenecen y pueden deberse a usos del suelo no apropiados.

Las demás veredas pertenecen a una clase de suelos que se caracteriza por presentar un porcentaje de materia orgánica de 2,3% y los porcentajes que se presentaron en las muestras analizadas van de 0,12% a 1,77%, los cuales podrían clasificarse en la categoría de bajo contenido de materia orgánica, pues para climas cálidos porcentajes menores al 2% son considerados bajos (ICA, 1992). Aunque esta clase de suelo es apta para los cultivos propios de la región entre las recomendaciones que se deben seguir se encuentra la incorporación de materiales orgánicos, por lo tanto, los bajos contenidos de materia orgánica en las muestras de suelos de zona habitada podrían deberse a prácticas agrícolas no adecuadas para el tipo de suelo.

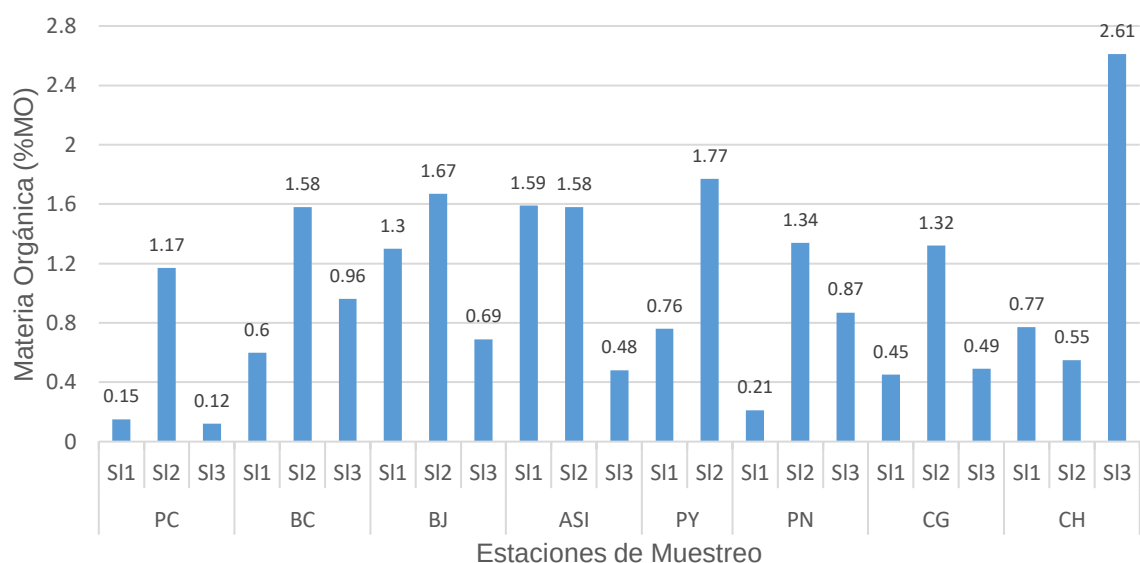


Figura 6. Valores de materia orgánica en muestras de suelo de zona de estudio (%)

Fuente: INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO (2017)

En suelos estudiados por Martinez y Lopez (2001) la materia orgánica aumenta de manera proporcional a la concentración de hidrocarburos, se aumenta hasta un 347% en comparación con suelos sin presencia de hidrocarburos. Se realizaron estudios con diferentes tipos de hidrocarburos como gasolina, diésel y combustóleo, y la materia orgánica aumentó en mayor medida cuando el contaminante era diésel. En suelos de Maicao, Colombia se incrementó el contenido de carbono en la parte más expuesta del suelo (0-30cm) hasta 5 veces del contenido original de carbono, esto lo explican por la capacidad de adsorción del suelo y la carga superficial que tienen los suelos arcillosos. El incremento del doble de CO en la capa de 30cm-60cm indica que hay infiltración de las sustancias contaminantes en el perfil del suelo (Castellanos, Isaza y Torres, 2015).

Aunque no se puede cuantificar el incremento o cambio del contenido de materia orgánica en los puntos de muestreo debido a que no se tienen valores de materia orgánica en los suelos previos al derrame, se esperaría que como mínimo haya incrementado el contenido de MO, teniendo en cuenta la magnitud y las características del contaminante vertido, sin

embargo los porcentajes de materia orgánica en las muestras de suelos analizadas son inferiores a los que se esperarían para la clase de suelo a la que pertenecen, por lo tanto en el contenido de MO no se observa alteración que pueda atribuirse al constante derrame de hidrocarburos al que está expuesto la zona de estudio.

Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

Los resultados obtenidos de la relación C/N en la zona de estudio de los suelos de Tumaco se presentan en la Figura 7. Según lo indicado por Gamarra et al. (2017), el valor de la relación C/N en 6 de los puntos de muestreo se encuentran en el rango que asegura una descomposición fácil de la materia orgánica debido a la rápida mineralización (10 - 14), pues las fuentes de carbono y nitrógeno favorecen la proliferación de los microorganismos descomponedores. Mientras que 2 de los puntos de muestreo presentan relaciones mayores a 30, lo que significa gran dificultad en la descomposición de la materia orgánica, es decir, que en Chontal (CH) probablemente las fuentes de nitrógeno no se encuentren disponibles.

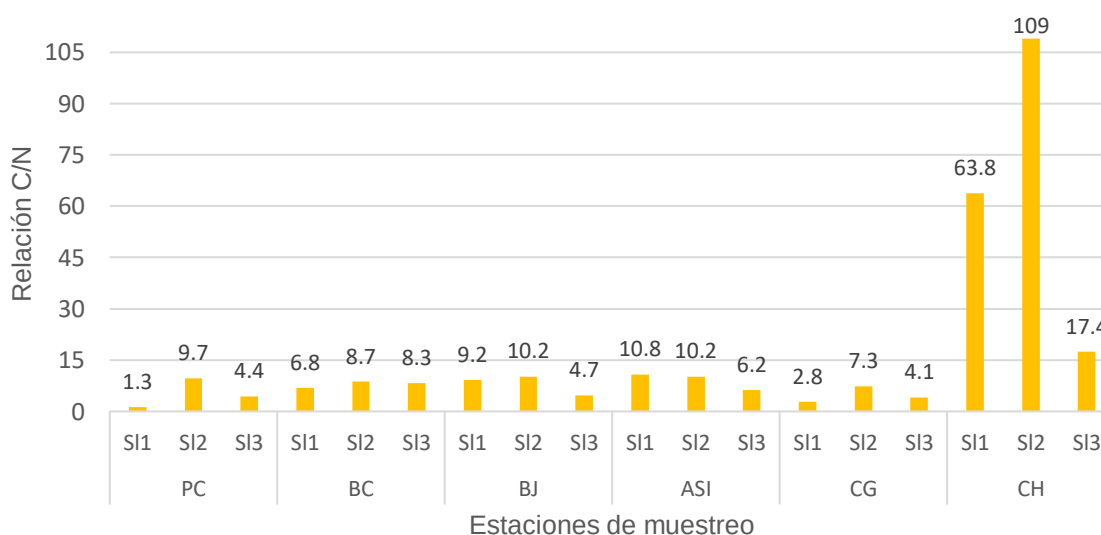


Figura 7. Relación C/N en muestras de suelo de zona de estudio

Fuente: INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO (2017)

Los suelos contaminados con hidrocarburos suelen tener un exceso de fuente de carbono, es decir, la relación C/N es muy alta. Este parámetro se relaciona con la mineralización de los materiales orgánicos, como también, la transformación del nitrógeno orgánico a NH_3 . Esta relación controla la actividad de los microorganismos y la facilidad con que se puede descomponer la materia orgánica que se le aporte al suelo (Jaramillo, 2002). Otro autor indica los siguientes rangos de relación C/N que se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Valores de relación C/N

RELACIÓN C/N	SUELO
< 8,5	Falta de energía. Alta liberación de nitrógeno mineral
8,5-11,5	Suelo equilibrado, Control en la liberación de nitrógeno mineral y en el contenido en carbono del suelo
> 11,5	Suelo con exceso de carbono y exceso de energía.

Según lo presentado en la Figura 7, el 43,5% de los suelos tienen una relación C/N menor a 8,5, esto quiere decir que presentan baja energía y alta liberación de nitrógeno mineral. El 26,1% de los suelos presentan una relación C/N entre 8,5 y 11,5 dicho de otra manera son suelos equilibrados que presentan un control en la liberación de nitrógeno mineral y de contenido de carbono en el suelo. El 30,4% restante son suelos que presentan exceso de carbono y exceso de energía, ya que presentan valores mayores a 11,5 en la relación C/N. En la cantidad de materia orgánica del suelo influyen factores como la temperatura del suelo y el contenido de agua, es decir, se ve afectado también por las condiciones climáticas ya que esto presenta efecto principalmente en la actividad microbiana (FAO, 2017). En el caso de las muestras de suelos de las veredas Congal y Chontal las características de la clase de suelo a la que pertenecen hacen que las tasas de descomposición de la materia orgánica disminuyan, pues las inundaciones frecuentes debidas a las mareas restringen la aireación en el suelo y la actividad de los microorganismos descomponedores.

pH

Las muestras de suelo tomadas en un tramo de la zona afectada por derrames de hidrocarburos en Tumaco arrojan en su mayoría valores de pH que se encuentran ubicados en la categoría de suelo ácido como se observa en la Figura 8. En esta figura se observa que del total de las muestras de suelo analizadas, 3 se catalogaron como suelo neutro cuyo pH se encuentra en el rango entre 6,6 y 7,39 unidades (2 muestras tomadas en Chontal (CH-SI1 y CH-SI2) y 1 muestra tomada en Pueblo Nuevo (PN-SL1)), 3 de las 23 muestras se ubicaron en categorías de Suelo muy fuertemente ácido y Suelo extremadamente ácido que según Jaramillo (2002) son los suelos con pH igual o menor a 5.0 (2 muestras tomadas en Congal (CG-SI1 y CG-SI2) y 1 Muestra tomada en Chontal (CH-SI3)). Las 17 muestras restantes se categorizaron en Suelo ligeramente ácido y Suelo moderadamente ácido, estos son suelos con pH de 5,6 a 6,59 unidades.

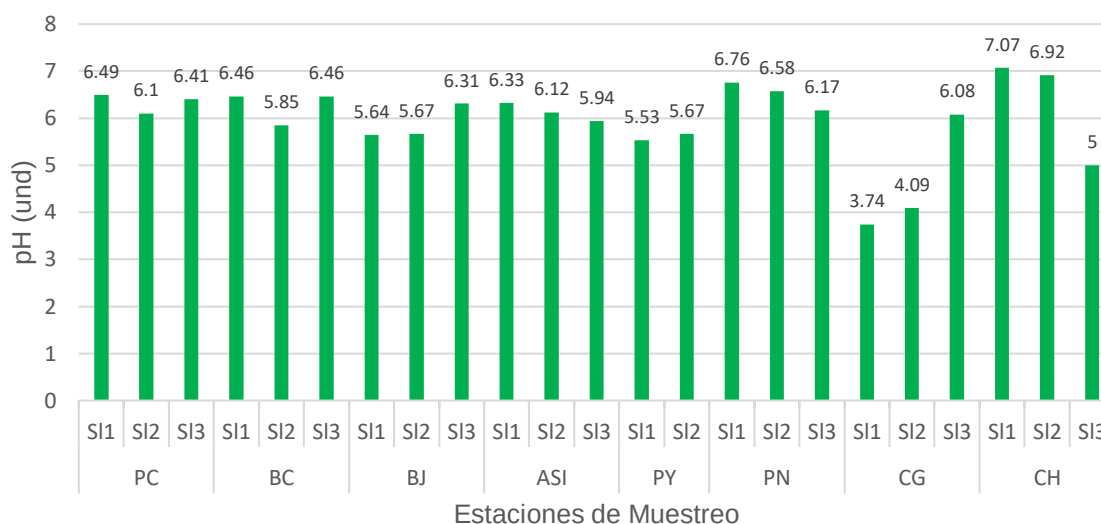


Figura 8. Valores de pH en muestras de suelo de zona de estudio
Fuente: INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO (2017)

En el estudio de suelos realizado en Maicao, La Guajira Castellanos, Isaza y Torres (2015) concluyeron que la contaminación de hidrocarburos en el suelo afecta el pH, ya que al compararse los valores de pH de los suelos afectados por hidrocarburos con suelos que no han sufrido contaminación por derrames observaron que este disminuyó en un 3,5% para profundidades de (0 -30cm) y 4,9% para profundidades de (30cm - 60cm). Zavala et al. (2005) a su vez, identificaron que en el suelo estudiado el pH disminuye de acuerdo con el incremento de HTP y comprueban lo planteado por Li et al. (1997) y Riser-Roberts (1998) quienes plantean que el petróleo disminuye el pH en el suelo. Sin embargo, a pesar de que se observa disminución en este parámetro, los valores de pH se encuentran en el rango de suelos neutros, a diferencia de los resultados obtenidos en Tumaco que tienden en su mayoría a la acidez.

En el caso de las muestras de las veredas Congal y Chontal los valores encontrados corresponden a la clase de suelo a la que pertenecen, pues de acuerdo con el IGAC (2004) estos son de moderada a fuertemente ácidos. Jaramillo (2002), indica que el valor del pH tiende a disminuir cuando aumenta la MO debido a la disociación de grupos funcionales de la materia orgánica que liberan H⁺; aumentando la acidez del suelo. Aunque la estación con el mayor contenido de materia orgánica (CH -SI3) no presentó el menor valor de pH, los rangos en los que se encuentran sí son los esperados para el tipo de suelo y no podrían asociarse a la contaminación por hidrocarburos.

Nutrientes: Nitrógeno y Fósforo

En la Figura 9 se presentan los valores del % NTK en suelos de zona de estudio en Tumaco Nariño, valores obtenidos en el estudio realizado por Invemar, Univalle y Corponariño

(2017). Según la gráfica, los valores obtenidos del %NTK Tumaco estuvieron entre 0,01% y 0,18% valores que indican un bajo contenido de nitrógeno con un comportamiento heterogéneo, lo que afectaría la productividad.

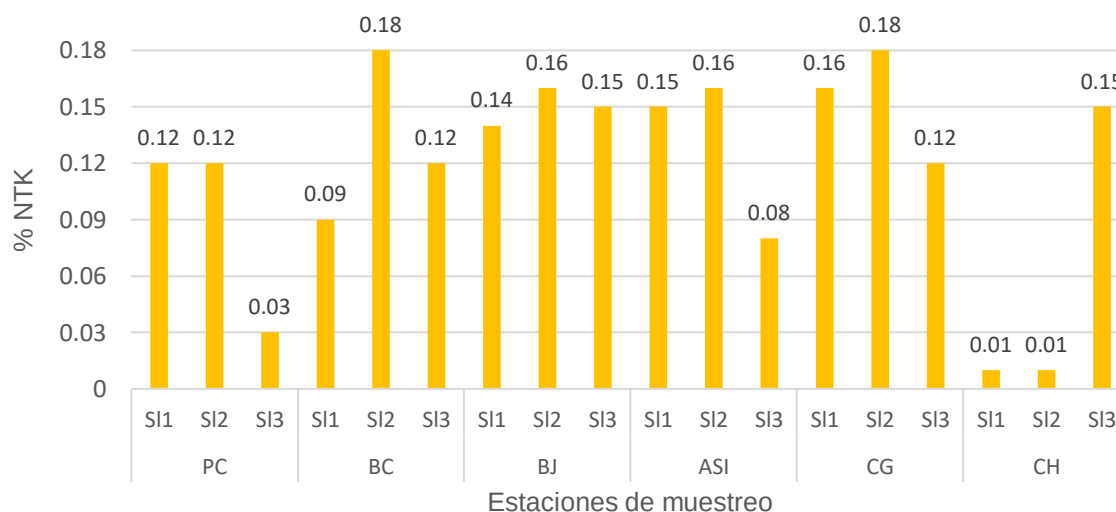


Figura 9. Valores de %NTK en muestras de suelo de zona de estudio

Fuente: INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO (2017)

Según Jaramillo (2002), la disponibilidad de nutrientes en las plantas está controlada por el pH de suelo, la mayor solubilidad de nutrientes como el nitrógeno se presenta en suelos con valores de pH que estén entre 6 y 8 unidades, no se observa esta relación en los suelos de Tumaco. Como se mencionó anteriormente, los suelos identificados con el número 1 y 2 son suelos ubicados en ribera de río, es decir, zonas inundables del río Mira, lo que podría estar causando un lavado de nutrientes, disminuyendo así la concentración de nitrógeno en el suelo, a esto se le agrega el comportamiento de la precipitación de la zona, identificada por Jaramillo (2002) como la región más húmeda.

Según Jaramillo (2002) los suelos que pertenecen al andén pacífico, como los suelos de Tumaco se caracterizan por baja fertilidad, con baja disponibilidad de nutrientes, características que concuerdan con los resultados obtenidos en el estudio, además los suelos en los que no se realizan actividades de fertilización tienen contenidos de nitrógeno que van desde 0,05% hasta 0,2% según (Benintende M. , y otros, 2008)

Aunque de acuerdo con Vallejo, Sandoval, Caragoa y Bastos (2016) en los suelos contaminados con hidrocarburos los elementos como el nitrógeno y el fósforo se encuentran en bajas concentraciones limitando el proceso de biodegradación, sin embargo, los bajos contenidos de nitrógeno en las muestras de suelos podrían atribuirse a prácticas no adecuadas de acuerdo a las recomendaciones para la clase de suelo a la que pertenecen, pues en los suelos de las veredas Peña Colorada, Bocas de Cajapí, Bajo

Jagua y Altos San Isidro aunque cuentan con aptitud agrícola se recomienda la aplicación periódica de fertilizantes ricos en nitrógeno, fósforo y potasio.

En cuanto a los valores de fósforo total para muestras de suelo de la zona de estudio en Tumaco, los valores obtenidos se encuentran por debajo del límite de detección (8.36mgP/kg), en la Tabla 10 se presentan los cuatro puntos de muestreo que superaron dicho límite.

Tabla 10. Resultados de valores de fósforo en muestras de suelo de la zona de estudio

ESTACIONES DE MUESTREO	CONCENTRACIÓN (mgP/Kg)	pH (und)
BJ – SI2	70.8	5.67
CG – SI3	13.1	6.08
CH – SI1	49.4	7.07
CH -SI2	25.7	6.92

Fuente: INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO (2017)

El fósforo, según lo planteado por Jaramillo (2002) se encuentra en mayor disponibilidad a valores entre 5.6 y 6.6 unidades de pH, esto se cumple parcialmente en los suelos de Tumaco en CG-SI3 y BJ-SI2, según lo presentado en la Tabla 10, en estos dos puntos se da el pH ideal para que exista disponibilidad de fósforo. Los resultados obtenidos no corresponden a lo presentado por el IGAC (2009) donde establece que los suelos pertenecientes a esta zona tienen un alto contenido de fósforo.

El anterior comportamiento puede atribuirse a la profundidad de toma de muestra ya que el fósforo al ser inmóvil en el suelo presenta sus concentraciones más altas en las capas más superficiales, la profundidad de toma de muestras fue de 30 cm, las concentraciones más altas suelen encontrarse a los 10 cm. (Múnera & Meza, 2012)

Conductividad Eléctrica (CE)

En la Figura 10 se presentan los valores encontrados de conductividad eléctrica en suelos de la zona de estudio. Teniendo en cuenta que la conductividad eléctrica es el parámetro de medición de sales solubles presentes en el suelo y su capacidad para conducir la corriente eléctrica, entonces, a mayor concentración de sales, mayor conductividad eléctrica, lo que implica que a menor conductividad eléctrica será más fácil el manejo de la fertilización de los suelos (Barbaro, Karlanian y Mata, s.f.).

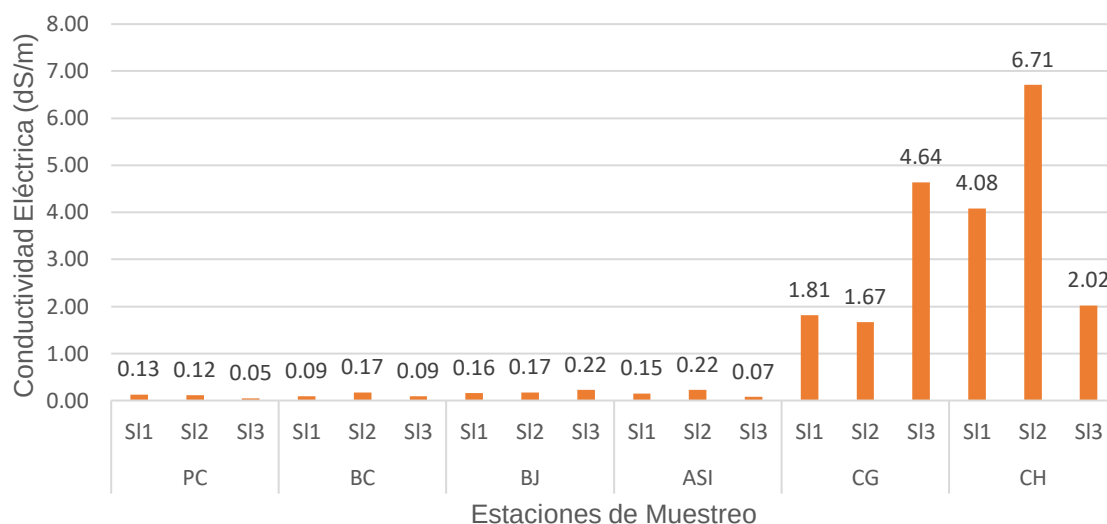


Figura 10. Conductividad eléctrica en muestras de suelo de zona de estudio (dS/m)
Fuente: INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO (2017)

Teniendo en cuenta lo planteado por Gallart (2017), las muestras de suelos de las veredas Congal y Chontal corresponden a suelos entre ligeramente a moderadamente salinos, esto concuerda con las características de la clase a la que pertenecen pues son zonas influenciadas por las mareas que debido a su pobre drenaje y las inundaciones de larga duración presentan una alta concentración de sales y sodio. Esta concentración de sales limita los rendimientos de los cultivos, por esta razón la actividad agrícola no se encuentra entre las aptitudes para esta clase de suelo.

Según Castellanos, Isaza y Torres (2015) en el estudio realizado en Maicao, Colombia no existen cambios significativos en la CE de los suelos contaminados con hidrocarburos. Así mismo, en el estudio realizado por Martinez y Lopez (2001) indican que la conductividad eléctrica tiene una variación irregular y pequeña (entre 0.5 y 1.2 dS/m) debido a que los valores de este parámetro varían ante la presencia de diferentes tipos de hidrocarburos en diferentes concentraciones, al no haber diferencia significativa lo que indica que los hidrocarburos no impiden la solubilización de sales presentes en el suelo.

Metales pesados: Arsénico, Cadmio, Níquel, Plomo

Los valores de Arsénico, Cadmio y Plomo de suelos de la zona de estudio fueron menores a los valores mínimos de detección del método de medición. En la Figura 11 se presentan los valores de níquel, el único metal pesado que superó el límite del método de detección en los suelos del tramo estudiado, estos valores estuvieron en un rango de 11,5 mgNi/Kg a 26,2 mgNi/Kg.

Según lo planteado en los referentes internacionales los niveles propuestos en la tabla 11 son los niveles de Níquel en suelos de uso agrícola, valores a partir de los cuales es necesaria una intervención.

Tabla 11. Niveles de níquel permitidos por referentes internacionales en suelos de uso agrícola

METAL	UNIDAD	NOAA	CCME
Níquel (Ni)	mg/kg	100	50

Fuente: Adaptado de National Oceanic and Atmospheric Administration (2008) y Canadian Council of Ministers of the Environment (2014).

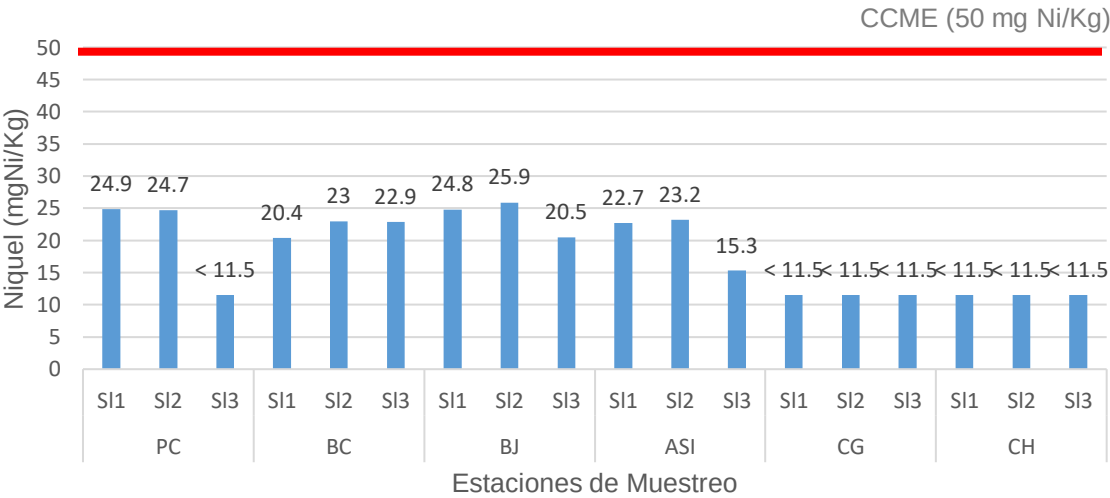


Figura 11. Valores de níquel en muestras de suelo de zona de estudio (mgNi/Kg)
Fuente: INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO (2017)

De acuerdo con la información de las muestras analizadas, ningún punto de muestreo presentó valores por encima de las concentraciones mínimas planteadas en los referentes internacionales, lo que indica que la producción agrícola no se vería afectada por el contenido de níquel y no representarían ninguna afectación para la salud de las que consumen productos cultivados en estos suelos. El contenido de níquel de las muestras de suelos analizadas podría atribuirse a causas naturales, ya que las cuencas de los ríos y afluentes de la región del andén pacífico tienen como característica principal la gran riqueza en minerales entre los que se encuentra el níquel (Defensoria del Pueblo, 2016).

Textura

Los resultados obtenidos para este parámetro en el estudio realizado por Invemar, Univalle y Corponariño (2017) se presentan en la Tabla 12. Según Velasquez (2017), el tipo de suelo arena, limo y arcilla y la cantidad de materia orgánica existente determinan el destino de los hidrocarburos del petróleo y la extensión del daño a las plantas. Los suelos arenosos

se caracterizan por un buen drenaje y tamaño de partícula homogéneo, sin embargo, ante la presencia de aceite, un suelo arenoso saturado por este tipo de derrame tiende a perder parámetros como la permeabilidad, gravedad específica o la compactación, todo esto favorece la porosidad y la permeabilidad haciendo al suelo más liviano, lo que puede causar que los depósitos de agua subterránea se contaminen por la facilidad en el transporte del contaminante ya que tienen más espacios disponibles para la movilidad del contaminante (Serrano , Torrado y Perez, 2013). Las arcillas y los limos por su parte presentan un aumento en la capacidad de compresión en presencia de aceite, haciéndose necesario el uso de factores de corrección, la gravedad específica disminuye en presencia de crudo y también disminuye la permeabilidad de suelo a mayor cantidad de contaminante (Galindo y Rueda, 2012).

Tabla 12. Resultado de textura en muestras de suelo de zona de estudio

Textura	Peña Colorada		Bocas de Cajapí		Bajo Jagua		Altos de San isidro		Playón	Pueblo Nuevo		Congal		Chontal	
	SI1	SI3	SI1	SI3	SI1	SI3	SI1	SI3	SI1	SI1	SI3	SI1	SI3	SI1	SI3
Arena	41	48	9	5	15	11	15	35	53	37	7	61	82	99	71
Limo	54	42	83	87	77	77	78	58	45	58	82	33	16	1	20
Arcilla	5	10	8	8	8	12	7	7	2	5	11	6	2	0	9
	Franco Limosa	Franca	Limosa	Limosa	Franca Limosa	Franca Limosa	Franca Limosa	Franca Limosa	Franca Limosa	Limos	Limosa	Franca Arenosa	Franca Arena	Arenosa	Arenosa Franca

Fuente: INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO (2017)

En el estudio realizado en Maicao por Castellanos, Isaza y Torres (2015) no se observaron cambios significativos en la textura del suelo mediante el análisis de su composición granulométrica (arenas, arcillas y limos). En el estudio realizado en un suelo arcilloso, se identificó que cuando el contaminante es gasolina o diésel, los cambios son poco notables, mientras que con gas combustóleo los valores de arenas aumentan marcadamente convirtiendo un suelo arcilloso en suelo catalogado como migajón arcilloso. La textura se ve modificada debido a la adsorción de diésel y combustóleo por las partículas del suelo mediante interacciones electrostáticas de Van der Waals, puentes de hidrógeno, puentes de agua y puentes catiónicos provocando efectos en la velocidad de sedimentación de las mismas establecidas en la Ley de Stokes, lo cual repercute en la determinación de la densidad del lodo formado por el suelo y agua durante el análisis alterando la lectura del hidrómetro para la determinación de la textura (Martinez y Lopez, 2001).

Teniendo en cuenta las referencias citadas anteriormente, en suelos de Tumaco puede presentarse dos escenarios ya que en suelos de las estaciones de muestreo Chontal y Congal se tiene textura arenosa, la cual podría favorecer la infiltración del contaminante a fuentes de agua subterránea, sin embargo el alto contenido de arenas en los suelos de las veredas Congal y Chontal pudo deberse a que el método de muestreo fue general para

todas las veredas y no se tuvo en cuenta la capacidad de uso del suelo. En las estaciones de muestreo de Bocas de Cajapí, y la estación SI3-PN ubicada en Pueblo Nuevo se presentan suelos de textura Limosa, estos suelos retienen mucho más que los de textura arenosa, aunque la permeabilidad varía mucho según sea la estructura, es decir, la permeabilidad es lenta cuando no se forman agregados y rápida cuando la estructura es grumosa. La muestra tomada en el punto SI3-PC ubicado en Peña Colorada presentó textura franca, estos tipos de suelo son mejores para el crecimiento de la mayoría de las plantas o cultivos, son ligeros, aireados y permeables y de media-alta capacidad de retención de agua.

En estaciones de Bajo Jagua, Altos de San Isidro, Playón, SI1-PC ubicada en Peña Colorada y SI1 – PN ubicada en Pueblo Nuevo los suelos se catalogaron en Franco-Limoso, son suelos que presentan características de las dos clases texturales mencionadas anteriormente y a su vez, fue la clase textural más común entre las muestras de suelo estudiadas.

Hidrocarburos del Petróleo Disueltos y Dispersos (HPDD)

La concentración de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos (HPDD) en los suelos evaluados en el estudio de Invemar, Univalle y Corponariño (2017) en un tramo de la zona afectada por derrames de hidrocarburos en Tumaco se presentan en la Figura 12. Las máximas concentraciones de HPDD se presentaron en la estación BJ-SI2 con un valor de 215 µg/g y está ubicado en la vereda de Bajo Jagua. 6 de las muestras totales presentaron concentraciones por debajo del límite de detección del método, es decir, menores a 0,07 µg/g. En las estaciones de PY y PN no se recolectó muestra.

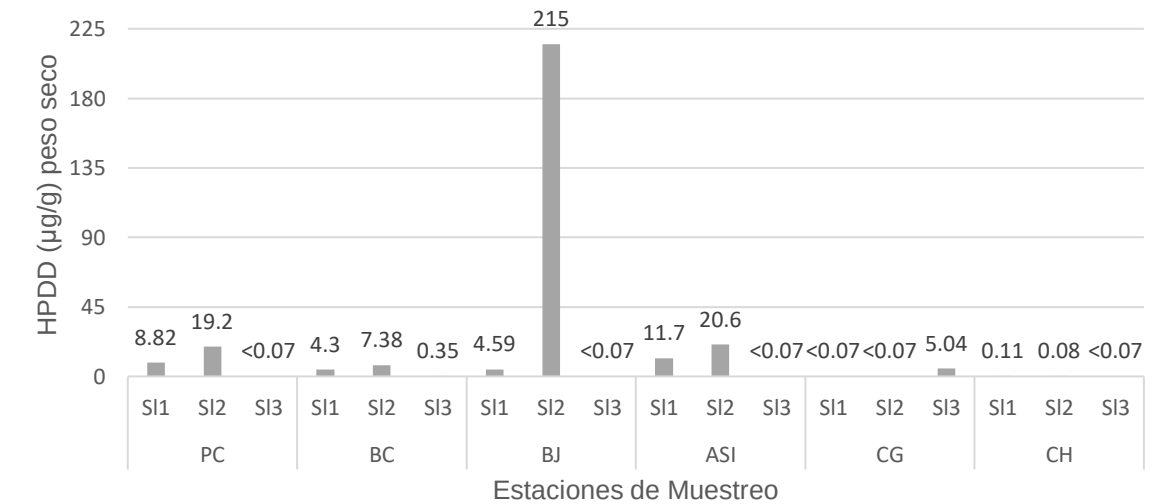


Figura 12. Concentración hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos en muestras de suelo de zona de estudio

Fuente: INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO (2017)

Como se observa en la Figura 13 las estaciones de muestreo que presentan una mayor concentración de HPDD en el suelo son: Peña Colorada (PC), Bajo Jagua (BJ) y Altos de San Isidro (ASI). Se identificó que la cantidad de hidrocarburos en las muestras de las veredas que tenían valores irregulares en los parámetros anteriormente analizados es baja y no se evidencia que exista relación entre la cantidad de hidrocarburos en los suelos y los demás parámetros como la conductividad eléctrica, la relación C/N, pH, entre otros, especialmente en las veredas de Congal y Chontal quienes presentaban valores irregulares y se pensaba era debido a su contenido de HPDD. Se observa que las veredas con mayor cantidad de hidrocarburos son las que se encuentran en la ribera del río en la parte alta y que, a medida que el río se desplaza a su desembocadura la cantidad de HPDD disminuye. Esto podría deberse a la capacidad de retención, ya que los suelos de estas veredas presentan mayor contenido de limos.

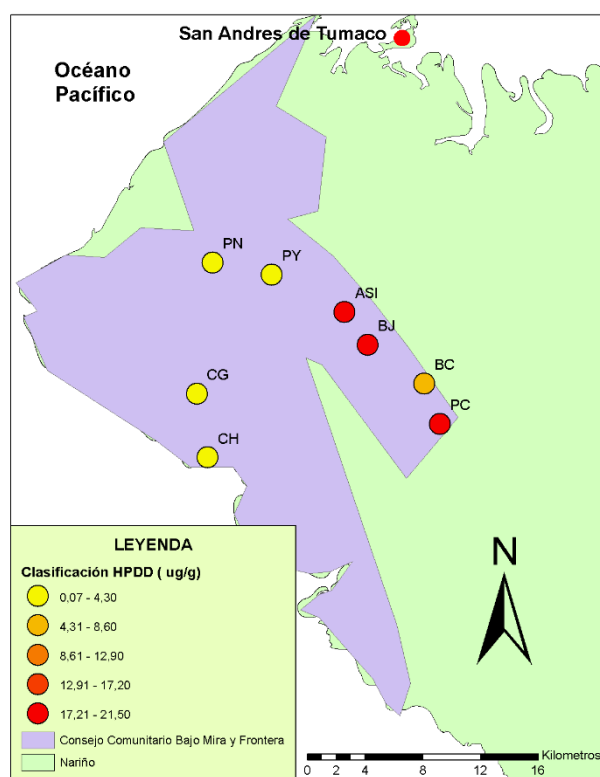


Figura 13. Representación gráfica de la concentración de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos en muestras de suelo de la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO (2017)

Hidrocarburos Alifáticos

La concentración de hidrocarburos alifáticos en el estudio de Invemar, Univalle y Corponariño (2017) en un tramo de la zona afectada por derrames de hidrocarburos en Tumaco (Figura 14) presentó valores entre 0,52 $\mu\text{g/g}$ y 40,40 $\mu\text{g/g}$ en las muestras de

suelo. Las máximas concentraciones de hidrocarburos alifáticos se presentaron en PC-SI2 y en BJ-SI2 con un valor de 40,40 µg/g y 32,00 µg/g respectivamente. Las estaciones con concentraciones por debajo del límite de detección del método (<0,30 µg/g) fueron las estaciones de Playón (PY) y Pueblo Nuevo (PN) donde todas sus muestras presentaron concentraciones menores al límite de detección.

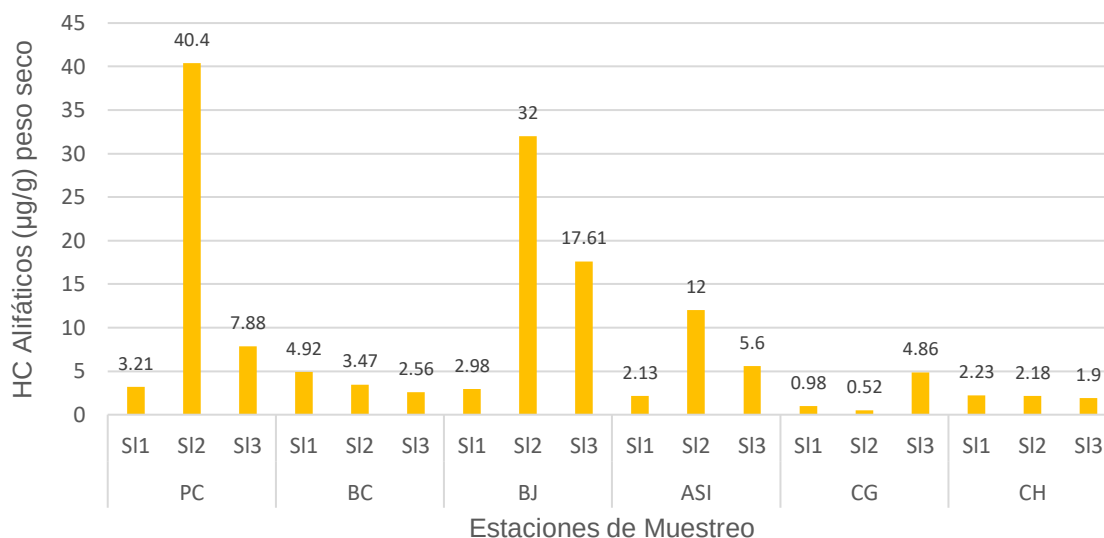


Figura 14. Valores de hidrocarburos alifáticos en muestras de suelo de zona de estudio
Fuente: INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO (2017)

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)

En el estudio realizado por Invemar, Univalle y Corponariño (2017) se midieron HAPs catalogados por la Agencia de Protección ambiental de los Estados Unidos (EPA) como contaminantes prioritarios, estos son: Naftaleno, Acenaftileno, Acenaftaleno, Fluoreno, Fenantreno, Antraceno, Fluoranteno, Pireno, Benzo (a) Antraceno, Criseno, Bezo (b) Fluoranteno, Benso (k) Fluoranteno, Benzo (a) Pireno, Indeno (1,2,3-cd) Pireno, Dibenzo (a,h) antraceno y Benzo (ghi) Perilene. En la Tabla 13 se presentan los límites de detección de HAPs en muestras de suelos de la zona de estudio, según lo presentado en esta tabla y los resultados obtenidos en el estudio todos los suelos serian aptos para uso agrícola teniendo en cuenta los referentes internacionales citados ya que el único valor que superó el límite de detección se tomó en el punto de muestreo de BC – SI1, lo que indica que hay presencia de fenantreno con un valor de 11(ng/g) en peso seco, sin embargo no supera los límites permitidos.

Tabla 13. Límites de detección para HAPs en muestras de suelos de zona de estudio

PARÁMETRO	LÍMITE DE DETECCIÓN (ng/g)
Naftaleno	<7,60
Acenaftileno	<4,50
Acenaftaleno	<5,20
Fluoreno	<6,00
Fenantreno	<7,50
Antraceno	<7,10
Fluoranteno	<6,70
Pireno	<5,00
Benzo(a) Antraceno	<5,50
Criseno	<4,70
Benzo(b) Fluoranteno	<4,70
Benzo(k) Fluoranteno	<5,70
Benzo(a) Pireno	<5,40
Indeno (1,2,3-cd) Pireno	<4,30
Dibenzo(a,h) antraceno	<4,40
Benzo(ghi) Perilene	<4,70

6.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE SEDIMENTOS DE LA ZONA DE ESTUDIO

En el estudio realizado por Invemar, Univalle y Corponariño (2017), se tomaron muestras de ribera y lecho en los sedimentos del río Mira, en 10 de las 12 veredas presentadas en la Tabla 7. Ubicadas en: Peña Colorada (PC), Bocas de Cajapí (BC), Bajo Jagua (BJ), Altos de San Isidro (ASI), Descolgadero (DG), Playón (PY), Pueblo Nuevo (PN), Cedral (CD), Bajo Guabal (BG) y Paldán (PD). Los parámetros evaluados fueron: materia orgánica, fósforo total, nitrógeno total (NTK), arsénico, cadmio, níquel, plomo, hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos (HPDD), hidrocarburos alifáticos, naftaleno, acenaftileno, acenaltaleno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a) antraceno, criseno, benzo (b) fluoranteno, benzo (k) fluoranteno, benzo (a) pireno, Indeno (1,2,3-cd), pireno dibenzo(a,h) antraceno benzo(ghi) perilene.

En la Figura 15 se observa la ubicación de las estaciones de monitoreo, en cada una se recolectó una muestra de lecho (Sd1) y una de ribera (Sd2), para un total de dos muestras por estación, a excepción de la vereda Descolgadero (DG) donde se tomaron dos muestras adicionales de ribera, denominadas Sd2 B1 y Sd2 B2, en la zona donde se encuentra ubicada la bocatoma de la planta de tratamiento de agua potable de Tumaco.

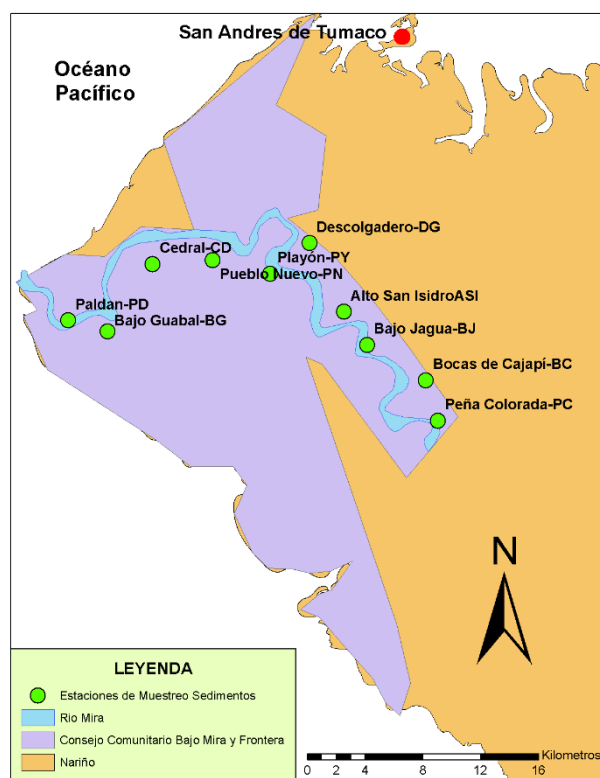


Figura 15. Estaciones de muestreo de sedimentos en la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO (2017)

Materia Orgánica

En la Figura 16 se presenta el contenido de materia orgánica de las muestras de sedimentos tomadas en un tramo de la zona afectada por derrames de hidrocarburos en Tumaco, las cuales presentan un porcentaje de materia orgánica (MO) entre 0,03% y 0,83% para las muestras de sedimentos del lecho del tramo del río Mira evaluado. Mientras que las muestras de sedimentos de la ribera presentan valores que van del 0,10% al 1,62%, presentándose una predominancia de mayores valores en estos últimos. Respecto a las estaciones de monitoreo las que presentaron mayor contenido de MO fueron BJ, ASI, DG y PN ubicadas en la parte media del estudio, siendo PN la estación donde se presentó el porcentaje más alto para la muestra de ribera y ASI para la muestra de lecho.

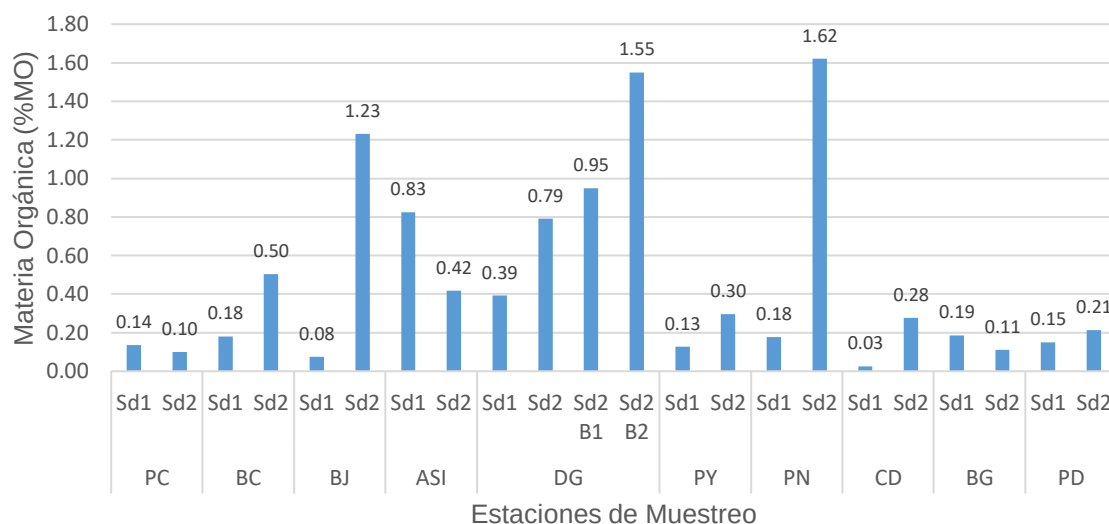


Figura 16. Porcentaje de materia orgánica en muestras de sedimentos de zona de estudio
Fuente: INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO (2017)

Invemar (2018) en el estudio “Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras del caribe y pacífico colombianos” del departamento de Nariño reportaron porcentajes de materia orgánica de 2,25%, 2,23%, 1,78% y 11,94% en mayo del 2017, diciembre del 2016, 2015 y 2014 respectivamente en la estación frente a ríos. Según el estudio estas variaciones pueden estar relacionadas con los aportes de los ríos donde se desarrollan manglares y con el vertimiento de aguas residuales de los asentamientos humanos a las fuentes superficiales. Al comparar los resultados con los obtenidos por el estudio de Invemar, Univalle y Corponariño (2017) se puede observar que los valores son superiores a los reportados en el tramo de la zona afectada por derrame de hidrocarburos y que las estaciones donde se presentaron las mayores concentraciones de materia orgánica no corresponden a las poblaciones donde se presenta el mayor número de casas y familias, de acuerdo con el censo realizado por el Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de la Alcaldía de Tumaco, ya que la estación que cuenta con el mayor número de familias es PC y en esta se reportaron unas de las menores concentraciones de materia orgánica en los sedimentos de lecho y ribera.

Los valores reportados en los estudios realizados en Tumaco son semejantes a los encontrados por Souza, Tinaguchi, Bicego y de Oliveira (2015) en los sedimentos evaluados del río Negro en la región de la Amazonía de Brasil donde el contenido de materia orgánica varió de 0,02% a 11,06%, presentando mayores concentraciones en los puntos de muestreo donde se contaba con gran actividad portuaria o en puntos donde se presentan grandes asentamientos y que eran receptores de las aguas residuales. En el caso de contaminación de fuentes superficiales por hidrocarburos del petróleo Rodríguez et al. (2014), indican que el contenido de materia orgánica de los sedimentos puede verse alterado, porque estas sustancias se adsorben en la materia orgánica particulada, por lo

tanto, los puntos que presentaron los mayores porcentajes al no estar relacionados con las veredas donde se encuentran el mayor número de familias podrían deberse al constante derrame de hidrocarburos que presenta la zona. Aunque también se debe considerar que para movilizarse a los lugares de pesca algunos de los pobladores emplean canoas impulsadas con motor lo que podría aumentar las concentraciones, sin embargo, su origen no se puede definir pues se desconocen las fracciones a las que pertenecen los aportes.

Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

Teniendo en cuenta que el carbono orgánico está relacionado con la materia orgánica, ya que esta contiene en promedio 58% de carbono (Velasquez et al., 2016). Se obtuvo el porcentaje de carbono orgánico total de los sedimentos del tramo de la zona afectada por derrames de hidrocarburos en Tumaco y la relación C/N entre las muestras de sedimentos de lecho y ribera (Tabla 14).

Tabla 14. *Porcentaje carbono orgánico total y relación C/N en muestras de sedimentos de zona de estudio*

ESTACIÓN MONITOREO	MUESTRA	%COT	C/N
PC	Sd1	0,08	6,62
	Sd2	0,06	5,80
BC	Sd1	0,10	4,18
	Sd2	0,29	3,94
BJ	Sd1	0,04	5,51
	Sd2	0,71	6,15
ASI	Sd1	0,48	43,50
	Sd2	0,24	22,04
DG	Sd1	0,23	18,95
	Sd2	0,46	8,50
	Sd2 B1	0,55	7,86
	Sd2 B2	0,90	14,05
PY	Sd1	0,07	12,28
	Sd2	0,17	15,61
PN	Sd1	0,10	20,42
	Sd2	0,94	187,92
CD	Sd1	0,02	1,61
	Sd2	0,16	26,87
BG	Sd1	0,11	17,98
	Sd2	0,06	7,09
PD	Sd1	0,09	9,67
	Sd2	0,12	9,55

Fuente: INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO (2017)

Los valores de la relación C/N en las muestras de sedimentos de lecho variaron entre 1,68 y 43,50, mientras que para las muestras de ribera los valores estuvieron entre 3,94 a 187,92. Los valores más altos de la relación C/N no se dieron en los puntos donde se tuvo el mayor porcentaje de COT a excepción del sedimento de ribera de la estación PN, donde se obtuvo la mayor relación C/N y el porcentaje de COT más alto. Las estaciones con

relación C/N mayor a 20 que según De la Rosa (2007) podrían indicar la incorporación de material terrestre, fueron ASI y PN en las muestras tanto de lecho como de ribera, mientras que CD sólo presentó una relación mayor en la muestra de ribera.

Aunque esta influencia de material terrestre puede deberse a la descarga de aguas residuales de las poblaciones, las estaciones donde se dieron las mayores relaciones no corresponden a las veredas con el mayor número de familias, pues cuentan con 36, 55 y 23 familias respectivamente, por lo que las altas relaciones podrían deberse al constante derrame de hidrocarburos al que se encuentra expuesta la zona o a las actividades agropecuarias que se desarrollan en el territorio, entre las que se incluyen cultivos tradicionales y grandes extensiones de palma de aceite, además de la cría de animales que podrían estar generando aportes que se ven influenciados por las altas precipitaciones de la región.

Nutrientes: Nitrógeno y Fósforo

La concentración de nitrógeno en los sedimentos evaluados por Invemar, Univalle y Corponariño (2017) en un tramo de la zona afectada por derrames de hidrocarburos en Tumaco (Figura 17) varió entre 0,005 y 0,07% para las muestras de lecho y 0,005 a 0,116 % para las muestras de ribera. Las estaciones con mayores concentraciones fueron BC, BJ y DG, siendo BJ la estación donde se presentó la concentración más alta de nitrógeno en la muestra de ribera con 0,116%. Las estaciones que presentaron menores concentraciones corresponden las que se encuentran en la parte baja de la zona de estudio, más próximas a la frontera con Ecuador, estos valores se encuentran entre 0,005 a 0,013%.

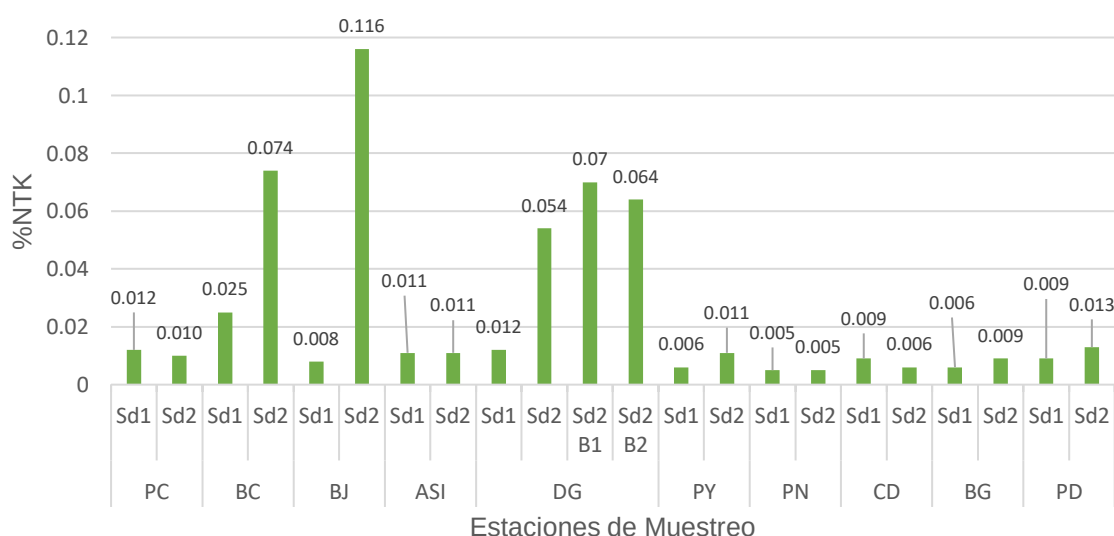


Figura 17. Porcentaje de nitrógeno total en muestras de sedimentos de zona de estudio

Fuente: INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO (2017)

En la región de la Amazonía brasilera expuesta a la contaminación por hidrocarburos, debido a la gran actividad portuaria, además de la presencia de astilleros y estaciones petroleras, las muestras de sedimentos del río Negro evaluadas por Souza et al. (2015) presentaron porcentajes de nitrógeno total de 0,04% al 0,43%, valores superiores a los encontrados en la zona evaluada en Tumaco, la cual de acuerdo con Herrera et al. (2011) podría estar limitada a la degradación de los contaminantes del petróleo, pues se ha demostrado que las fuentes disponibles de nitrógeno y fósforo son necesarias para una degradación efectiva de estos contaminantes, además según Velasquez et al. (2016) nutrientes como el nitrógeno y el fósforo actúan como nutrientes limitantes, por lo tanto en la zona evaluada en Tumaco la producción del hábitat podría verse afectada por la baja disponibilidad de nitrógeno presente en los sedimentos.

En la Figura 18 se puede observar que las muestras de sedimentos tomadas en un tramo de la zona afectada por derrames de hidrocarburos en Tumaco, evaluadas en el estudio de Invemar, Univalle y Corponariño (2017) presentaron una concentración de fósforo total entre 16,3 a 210 mg/Kg para las muestras de sedimento del lecho, mientras que en las muestras de sedimento de ribera los valores variaron entre 44,5 a 320 mg/Kg. Las máximas concentraciones de fósforo total se dieron en la primera y última estación del estudio, sin embargo, el comportamiento de este parámetro fue muy variado entre estaciones. De las 22 muestras tomadas 9 se encontraron por debajo del límite de detección del método (<8,36 mg/Kg), siendo BC la estación donde todas sus muestras obtuvieron concentraciones menores al límite de detección.

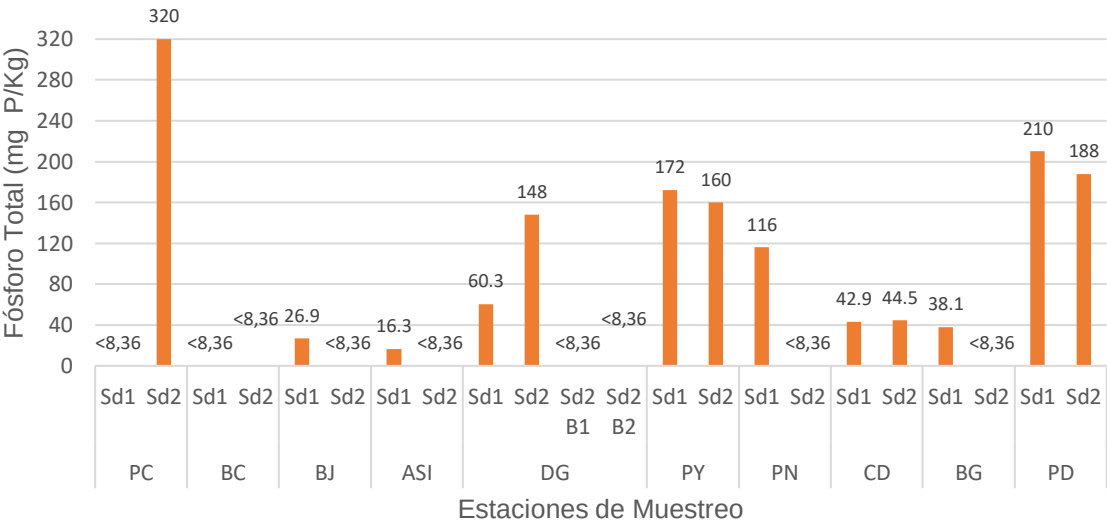


Figura 18. Concentración de fósforo total en muestras de sedimentos de zona de estudio
Fuente: INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO (2017)

Las concentraciones de fósforo total en las muestras de sedimento de lecho y ribera evaluados se encuentran por debajo de las 2000 ppm, de acuerdo con Persaud, Jaagumagi

y Hayton (1994) concentraciones iguales o superiores a estas corresponden a sedimentos con un grado de contaminación muy alto y que podrían afectar la salud de los organismos que habitan en los sedimentos. Las concentraciones entre las que se encontraron las muestras evaluadas corresponden a sedimentos considerados como libres o con un bajo grado de contaminación, que no tendrá efectos en la mayoría de los organismos que los habitan, pues todos los valores fueron inferiores a 600 ppm considerado como el nivel de efecto más bajo por las directrices para la protección y gestión de la calidad de sedimentos superficiales en Ontario.

En la Figura 19 se presenta la relación NT/PT para los sedimentos de lecho y ribera evaluados por Invemar, Univalle y Corponariño (2017) en las estaciones donde las concentraciones se encontraron por encima del límite de detección del método. De acuerdo con Velasquez et al. (2016) esta relación permite estimar la disponibilidad de nutrientes en los organismos, pues la presencia de valores inferiores a 5 podrían indicar una limitación de nitrógeno y valores superiores a 10 una limitación de fósforo.

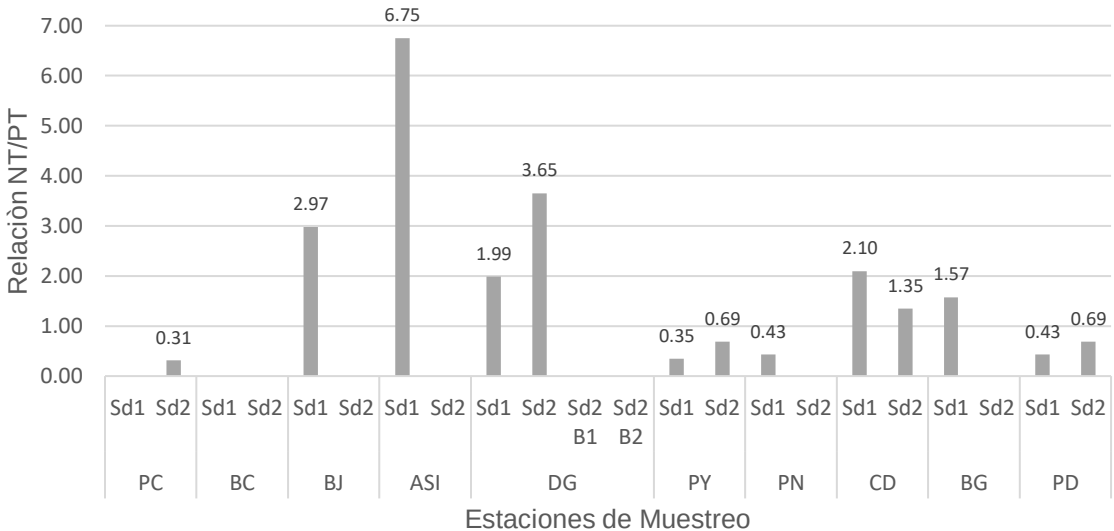


Figura 19. Relación NT/PT en muestras de sedimentos de zona de estudio

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO (2017)

La relación NT/PT en sedimentos del río Mira tomados en un tramo de la zona afectada por derrames de hidrocarburos en Tumaco varió entre 0,31 (Sd2 PC) y 6,75 (Sd1 ASI). Teniendo en cuenta los valores de relación de la disponibilidad de nutrientes, la productividad biológica del tramo del río Mira evaluado está limitado por el nitrógeno para casi todas las estaciones donde se obtuvo la relación, puesto que los valores se encontraron por debajo de 5, a excepción de ASI que presentó un valor de 6,75, lo que indica que no hay limitación de nitrógeno o fósforo es este punto.

Metales pesados: Arsénico, Cadmio, Níquel, Plomo

Invemar, Univalle y Corponariño (2017) analizaron las muestras de sedimentos para determinar las concentraciones de metales pesados, para esto midieron arsénico, cadmio, níquel y plomo, sin embargo, sólo los valores de níquel presentaron concentraciones superiores al límite de detección del método empleado, mientras que las concentraciones de los demás metales estuvieron por debajo de los valores mínimos de detección del método de medición.

Para el arsénico el límite de detección del método fue de 3,75 ppm, para cadmio 2,31 ppm y para plomo 4,8 ppm. De acuerdo con las referencias de contaminantes en base seca para sedimentos de fuentes superficiales presentadas en la Tabla 5, los límites de detección empleados en el estudio se encuentran por debajo de los niveles de efecto más bajo de la NOAA y los de niveles de efectos probables de las guías de sedimentos para la protección de la vida acuática del CCME. En la figura 20 se presentan los resultados para Níquel en muestras de sedimentos.

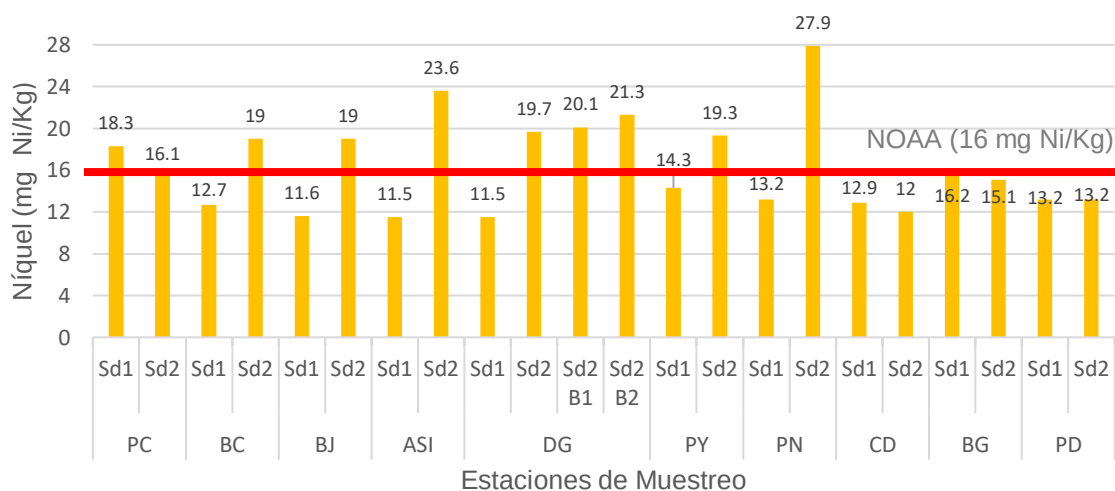


Figura 20. Concentración de níquel en muestras de sedimentos de zona de estudio
Fuente: INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO (2017)

La concentración de níquel en los sedimentos del río Mira tomados en un tramo de la zona afectada por derrames de hidrocarburos en Tumaco (Figura 20) varió en las muestras del lecho entre un mínimo 11,5 mg/Kg en las estaciones ASI y DG y un máximo de 18,3 mg/Kg en la estación PC, mientras que para las muestras de ribera la menor concentración se presentó en la estación CD con un valor de 12 mg/Kg y la mayor en la estación PN con 27,9 mg/Kg. Las concentraciones que estuvieron por debajo de los niveles de efectos más bajos según la NOAA (<16 ppm) se presentaron en casi todas las muestras de lecho a excepción de las muestras de PC y BG, mientras que las muestras de ribera que

presentaron valores menores a este fueron las de CD, BG y PD. Las concentraciones que superaron los niveles de efecto umbral (<18 ppm) se presentaron a lo largo de los puntos de muestreo desde PC hasta PN, donde todas las muestras que superaron la concentración fueron las de ribera a excepción de las muestras de la estación PC que tuvieron un comportamiento contrario. Por lo tanto, es probable que puedan ocurrir efectos adversos en los organismos que habitan los sedimentos.

Valores muy parecidos a los encontrados en el tramo de la zona afectada por el derrame de hidrocarburos evaluado han sido reportados por Invemar (2018) en la estación frente ríos de la Ensenada de Tumaco que presentó concentraciones en el muestreo de diciembre del 2016 para plomo, níquel y cadmio de 10,4, 22,3 y <0,50 ppm respectivamente y para el muestreo de mayo del 2017 de <4,00, 19,5 y <0,50 ppm respectivamente, exceptuando la concentración de plomo del muestreo del 2016 que estuvo por encima del límite de detección del método empleado, sin embargo no sobrepasó el nivel de efecto más bajo. Las mediciones de níquel de este estudio también superaron el nivel de efecto umbral, por lo que recomiendan continuar haciendo monitoreo de metales pesados en la zona y evaluar su biodisponibilidad.

Hidrocarburos del Petróleo Disueltos y Dispersos (HPDD)

En la Figura 21 se presenta la concentración de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos (HPDD) en los sedimentos evaluados en el estudio de Invemar, Univalle y Corponariño (2017) en un tramo de la zona afectada por derrames de hidrocarburos en Tumaco.

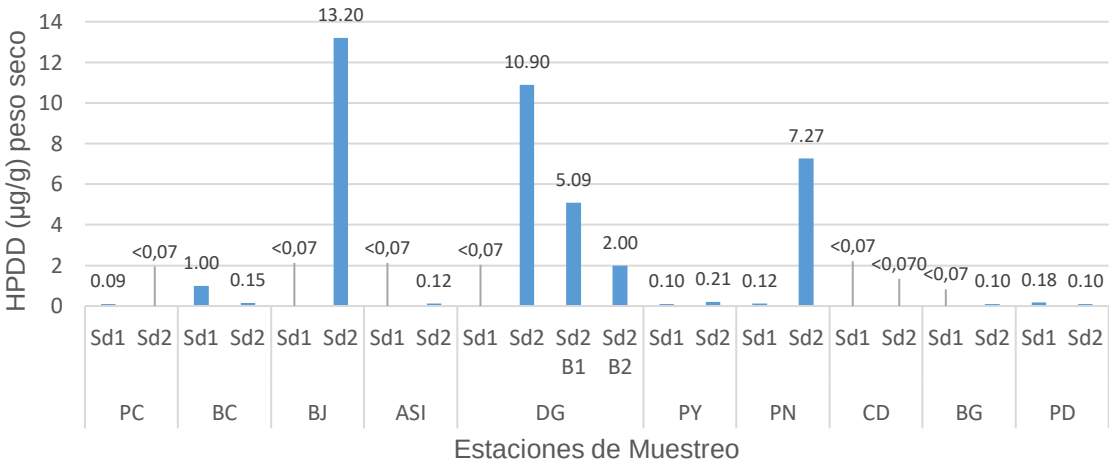


Figura 21. Concentración hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos en muestras de sedimentos de zona de estudio
Fuente: INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO (2017)

En la figura 21 se observa que 7 de las 22 muestras presentaron concentraciones por debajo del límite de detección del método, es decir, menores a 0,07 µg/g. La concentración para las muestras de lecho varió entre 0,09 µg/g y 1,00 µg/g, mientras que las muestras de ribera presentaron valores entre 0,10 µg/g y 13,20 µg/g. Las máximas concentraciones de HPDD se presentaron en las muestras de ribera, con mayores valores en las estaciones BJ, DG y PN con concentraciones de 13,20 µg/g, 10,90 µg/g y 7,27 µg/g respectivamente. La predominancia de concentraciones más altas en las muestras de ribera podría estar relacionado con la acumulación de crudo que se evidenció en los informes de visita en las poblaciones ribereñas, pues en la superficie tiende a presentarse menor velocidad de flujo, lo que podría favorecer la permanencia de depósitos de hidrocarburos en esas zonas.

Comparando los resultados obtenidos por el estudio evaluado con los de Invemar (2018) para el departamento de Nariño se tiene que las mediciones en sedimentos del muestreo de diciembre del 2016 reportaron valores de 0,61 µg/g en la estación frente a ríos de la Ensenada de Tumaco, 7,64 µg/g en la del río Rosario y en la estación frente al río Mira la concentración estuvo por debajo del límite de detección del método (<0,07 µg/g). En mediciones anteriores a las del estudio, las muestras de sedimentos de la estación frente a ríos presentaron una concentración de 0,25 µg/g en el 2016 y 0,33 µg/g en el 2015, mientras que las concentraciones de los sedimentos en la estación del río Rosario fueron de 0,16 µg/g y 3,80 µg/g respectivamente. La estación del río Mira cuenta con otro registro del 2016 donde la concentración en los sedimentos fue de 78,30 µg/g.

En los registros de concentraciones medidas por la REDCAM los valores son similares a los reportados por Invemar, Univalle y Corponariño (2017) a excepción de la estación del río Mira que para el primer muestreo del 2016 obtuvo la máxima concentración entre estaciones y que de acuerdo con el estudio los sedimentos presentarían un grado de contaminación media al encontrarse en un rango de 50 a 200 µg/g, mientras que las demás concentraciones al estar por debajo de 15 µg/g no presentarían contaminación y se encontrarían dentro del rango de niveles naturales encontrados en sedimentos.

En la Figura 22 se presenta la distribución espacial de los hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos (HPDD) en las muestras de sedimentos evaluadas a lo largo del río Mira en la zona perteneciente al Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera. Se puede observar que la distribución que presenta las mayores concentraciones está ubicada en la parte media de la zona de estudio, es decir, entre las estaciones de muestreo DG, PY y ASI. Aunque las muestras de ASI fueron de las que presentaron menores concentraciones su proximidad a BJ hace que la distribución hacia esa zona también presente altas concentraciones de HPDD a excepción de los puntos donde se recolectaron las muestras ubicadas en la primera clase, en la cual se presentan los menores rangos de concentración de HPDD encontrados en las muestras de sedimentos.

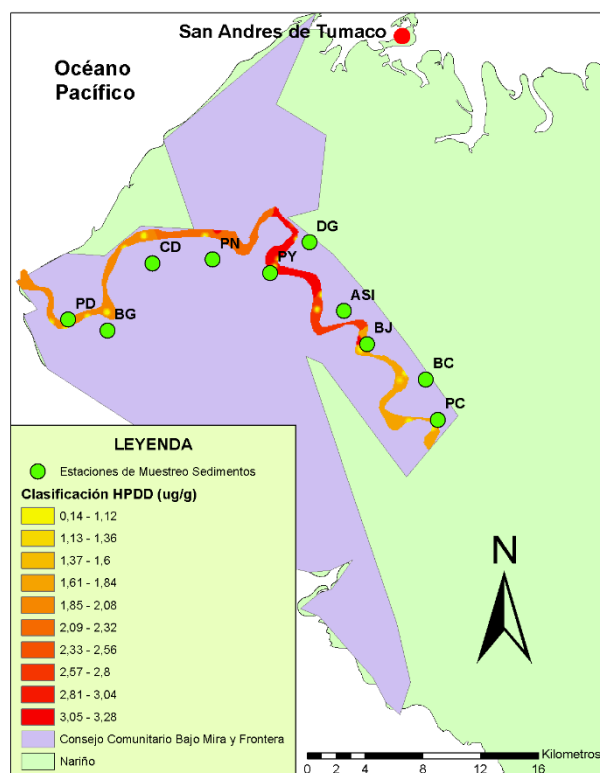


Figura 22. Distribución espacial de la concentración de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos en sedimentos de la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO (2017)

Hidrocarburos Alifáticos

La Figura 23 presenta la concentración de hidrocarburos alifáticos en sedimentos de un tramo de la zona afectada por derrames de hidrocarburos en Tumaco evaluados por Invemar, Univalle y Corponariño (2017). Las concentraciones tuvieron valores entre 0,58 $\mu\text{g/g}$ y 61,26 $\mu\text{g/g}$. La estación con las concentraciones más altas para las muestras lecho y ribera fue BJ, con valores de 35,58 $\mu\text{g/g}$ y 61,26 $\mu\text{g/g}$ respectivamente. Mientras que las concentraciones más bajas se presentaron en las estaciones CD para lecho con 0,58 $\mu\text{g/g}$ y BG para ribera con 0,61 $\mu\text{g/g}$. Las estaciones donde se obtuvieron valores inferiores al límite de detección, es decir, 0,30 $\mu\text{g/g}$ y donde no se puede apreciar una afectación sobre la calidad de los sedimentos debida a la alta presencia de hidrocarburos alifáticos fueron PN y CD para las muestras de ribera y PD para las de lecho y ribera.

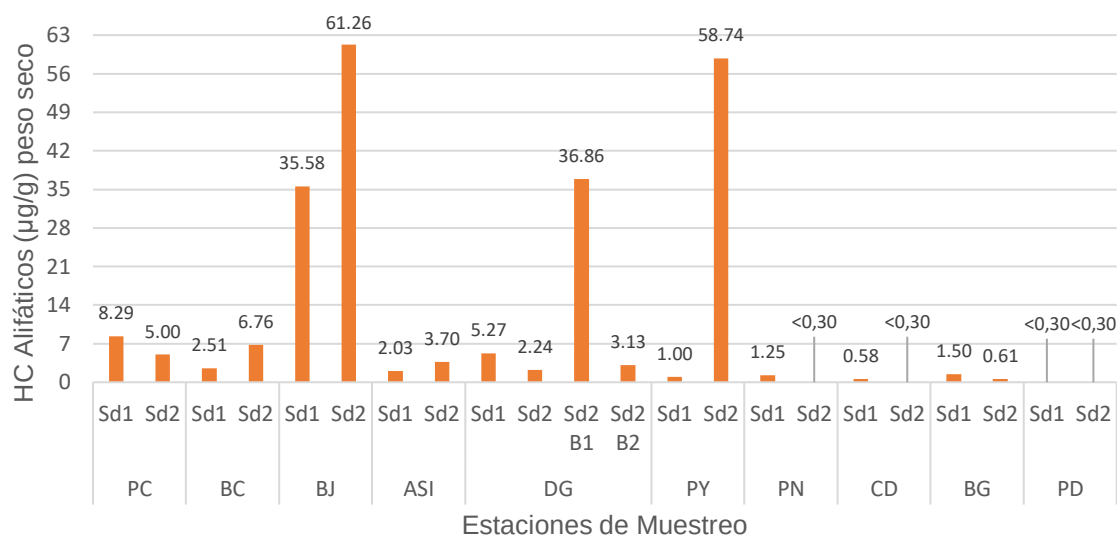


Figura 23. Concentración hidrocarburos alifáticos en muestras de sedimentos de zona de estudio
Fuente: INVEMAR, UNIVALLE y CORPONARIÑO (2017)

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)

En el estudio realizado por Invemar, Univalle y Corponariño (2017) se determinó la concentración en sedimentos de los 16 hidrocarburos aromáticos policíclicos denominados como prioritarios por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), sin embargo, la concentración de todos los contaminantes se encontró por debajo del límite de detección del método empleado. En la Tabla 15 se puede observar el límite de detección de cada uno de los contaminantes evaluados.

Tabla 15. Límites de detección para HAP's en muestras de sedimentos de zona de estudio

16 HAPs	CONCENTRACIÓN (ng/g)
Naftaleno	< 7,60
Acenaftileno	< 4,50
Acenaftaleno	< 5,20
Fluoreno	< 6,00
Fenantreno	< 7,50
Antraceno	< 7,10
Fluoranteno	< 6,70
Pireno	< 5,00
, Benzo (a) Antraceno	< 5,50
Criseno	< 4,70
Benzo (b) Fluoranteno	< 4,70
Benzo (k) Fluoranteno	< 5,70
, Benzo (a) Pireno	< 5,40
Indeno (1,2,3-cd) Pireno	< 4,30
Dibenzo (a,h) antraceno	< 4,40
Benzo (ghi) Perilene	< 4,70

En el municipio de Tumaco Invemar (2018) realizó la medición de los 16 HAPs prioritarios en el muestreo del 2017 para las estaciones frente a ríos de la Ensenada de Tumaco, río Mira, río Rosario y frente a río Mira, sin embargo, al igual que en los resultados obtenidos por Invemar, Univalle y Corponariño (2017) todos los valores de los contaminantes se encontraron por debajo del límite de detección del método, por lo tanto, los sedimentos del municipio de Tumaco, especialmente de la zona de estudio no presentarían concentraciones de HAPs que tengan efectos en la mayoría de los organismos que habitan en los sedimentos o que pongan en riesgo la salud de la población respecto a los riesgos que representan este tipo de contaminantes, ya que todas las muestras evaluadas presentaron valores inferiores a los límites de detección y estos son inferiores a las referencias de contaminantes en base seca para sedimentos de fuentes superficiales de los niveles de efecto más bajo de la NOAA y los de niveles de efectos probables de las guías de sedimentos para la protección de la vida acuática del CCME presentados en la Tabla 5.

De acuerdo con los resultados obtenidos, los aportes de hidrocarburos en un tramo de la zona afectada por derrames de hidrocarburos en Tumaco pueden estar debidos principalmente a hidrocarburos alifáticos, sin embargo, según Calva, Botello y Guadalupe (2005) los orígenes de los compuestos pueden ser diversos y se pueden distinguir entre aportes biogénicos y petrogénicos dependiendo de las cadenas de carbono de los mismos, pues cadenas impares prevalecen en materiales biológicos, mientras que en los petrogénicos hay una preferencia por las cadenas pares. De esta forma si bien la presencia de hidrocarburos alifáticos es predominante en los sedimentos de la zona de estudio su origen no se puede establecer aún, ya que no se cuenta con las concentraciones de las fracciones de hidrocarburos alifáticos, sin embargo, la presencia si pudiese ser consecuencia de los constantes derrames de hidrocarburos que se presentan en la zona.

6.3. DESCRIPCIÓN DE LAS PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS POR LA COMUNIDAD Y SU INFLUENCIA EN LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS

6.3.1. Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera

El Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera tiene como objetivo principal fomentar el respeto, el reconocimiento y el cumplimiento de los derechos étnicos, sociales, culturales y territoriales de la comunidad. Según su representante legal, se encuentra conformado por aproximadamente 3.000 familias, sin embargo, este número varía constantemente debido a situaciones de desplazamiento que se presentan en el sector, cabe resaltar que, aunque se presenten situaciones de este tipo la familia sigue siendo considerada parte del colectivo, debido a esto los datos de los registros oficiales presenta diferencias con relación a los proporcionados por CCBMYF.

La organización del CCBMYF se divide en Juntas Veredales, una por vereda, además cuentan con una Junta de Gobierno con sede principal en el municipio de Tumaco,

conformada por: representante legal, presidente, vicepresidente, secretario, tesorero, fiscal y vocales. De los integrantes la mayoría corresponden al género masculino y solo una labor de la sede es desempeñada por una mujer en el cargo de secretaria. Esta dinámica de ocupación de los cargos corresponde a la distribución de puestos del país, pues aunque se presenta participación de mujeres en puestos administrativos sus cargos no corresponden a los de dirección o toma de decisiones, aspecto que se ve relacionado con el valor obtenido para el Índice de Potenciación de Género (IPG), el cual mide las oportunidades de las mujeres y refleja las desigualdades de acuerdo a tres esferas: participación política, económica y poder sobre los recursos económicos, donde de acuerdo con PNUD (2007) Colombia ha tenido una evolución negativa en el valor pasando de la posición 42 en el 2002 con un IPG de 0,509 al puesto 51 en el 2006 con IPG de 0,506.

El desarrollo productivo de la región gira en torno a la implementación de actividades productivas como la madera, el aceite de palma o de baja transformación como el cacao, el plátano y el coco. La economía rural está insuficientemente diversificada y con bajos niveles de desarrollo, especialmente pesca y agricultura (Concejo Municipal de Tumaco, 2017). La información principal de los 13 entrevistados pertenecientes al Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera se presenta en la Tabla 16.

Tabla 16. Información de las personas entrevistadas

ENTREVISTA	GÉNERO	EDAD	LUGAR DE PROCEDENCIA	ACTIVIDAD PRODUCTIVA
1	M	32	Chontal Frontera (Zona 4)	Pesca – Agricultura
2	M	30	Nueva Independencia (Zona 3)	Agricultor
3	F	38	Peña Colorada (Zona 1)	Agricultor
4	M	41	Bajo Jagua (Zona 1)	Agricultor
5	M	59	Bajo Jagua (Zona 1)	Agricultor
6	F	30	Bajo Guabal (Zona 2)	Agricultor
7	M	39	Bajo Guabal (Zona 2)	Agricultor
8	M	45	Congal – Frontera (Zona 4)	Pesca - Agricultura
9	M	24	Santo Domingo - Frontera (Zona 4)	Comerciante
10	M	67	Bajo Guabal (Zona 2)	Pesca – Agricultura
11	F	29	Inguapí del guadal (Zona 3)	Agricultura
12	M	37	Chontal Frontera (Zona 4)	Pesca y concha
13	M	72	Bocas de Guabal (Zona 2)	Pesca – Agricultura

De las personas entrevistadas pertenecientes al CCBMYF, el 38% (5) se encuentran en edades entre los 24 a 33 años, seguido por el 31% (4) que se encuentra entre los 34 a 43 años, en menor proporción se encuentran las personas entre los 64 a 73 años con un 15% y por último los rangos de los 44 a 53 años y 54 a 63 años con un porcentaje del 7% para cada uno (Figura 24). Esto refleja que la población activa es mayoritariamente joven y no hay un abandono del desarrollo de las prácticas tradicionales de la comunidad, pues solo el entrevistado más joven es que el que desarrolla una actividad productiva que no es propia de la zona a la que pertenece. Respecto al género de los entrevistados se tiene que el 76,9 % pertenece al género masculino y sólo un 23,1% al femenino, evidenciando una

clara predominancia de los hombres en la participación de las actividades del Consejo Comunitario (Figura 25).

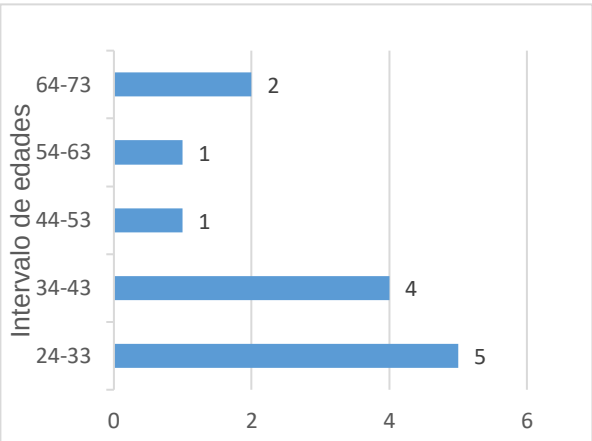


Figura 24. Intervalo de edades de la población de estudio

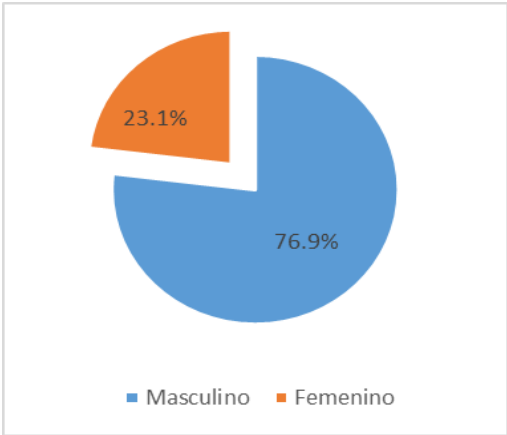


Figura 25. Distribución por género de la población de estudio

En relación al tipo de actividades productivas que desempeñan los entrevistados (Figura 26), se encuentra que más del 50% tienen la agricultura como su principal actividad productiva, seguido de la práctica simultanea de la agricultura y pesca con un 31%, siendo estas las principales actividades productivas que desarrollan las personas pertenecientes al Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera, mientras que un pequeño porcentaje de la población entrevistada se dedican exclusivamente a la pesca (7%) o a otras actividades (7%), esto concuerda con las zonas a las que pertenecen los entrevistados (Figura 27), pues más del 50% se encuentran distribuidos entre la zona 1 y 2 que presentan vocación agrícola y pesquera.

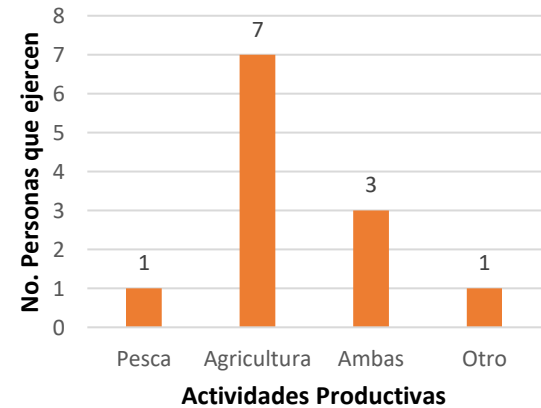


Figura 27. Actividades productivas de la población de estudio

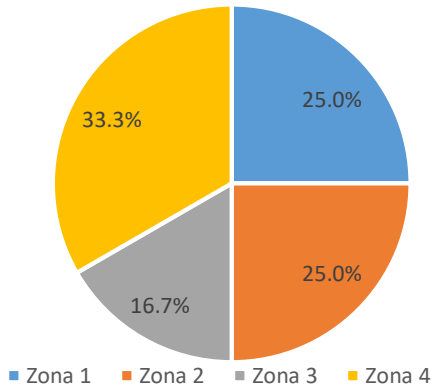


Figura 26. Distribución por zonas del CCBMYF de la población de estudio

6.3.2. Problemáticas percibidas por la comunidad

A partir del análisis del discurso en ATLAS.TI (Versión 7.5) se identificaron los aspectos que representaban mayores inconvenientes y que se repetían constantemente por la población entrevistada, estos se agruparon dentro del código “Problemáticas” obteniendo las categorías presentadas en la Tabla 17.

Tabla 17. Problemáticas identificadas a partir del análisis cualitativo

PROBLEMÁTICAS	Dificultades de la producción
	Contaminación del río y los suelos
	Disminución en la producción de cultivos
	Disminución en la producción de peces y mariscos
	Afectaciones a la salud
	Responsabilidades
	Apoyo Institucional

- Dificultades de la producción

Para las comunidades negras como el Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera que deben enfrentar retos como la planificación del uso de los recursos naturales en sus territorios, las afectaciones de estos y las posibles repercusiones que causen dificultades en las actividades productivas y de sustento de la comunidad conllevan consigo grandes desafíos para la población, esto se puede ver reflejado en las percepciones que tienen los entrevistados sobre los constantes derrames de crudo, especialmente el derrame del 2015 que consideran como el que les ha causado más afectaciones en la producción, en primer lugar por la pérdida de cultivos y de especies acuáticas en el momento del derrame, pero también porque consideran que a partir de estos es que se han ocasionado cambios en la producción. Al respecto, uno de los entrevistados menciona:

“...afectó más o menos un 70%. Hay familias que se dedicaban exclusivamente a la pesca y hoy por hoy tuvieron que abandonar sus artes porque ya no eran rentables para sobrevivir, incluso eso causó desplazamientos. Muchos que se dedicaban a eso y esa era la única fuente de ingresos, les tocó irse a otro lugar para pasarla mejor, igual el que abandonó las casas, sus pequeños cultivos. Muchos allá tienen la facilidad que se dedican a las dos cosas, la agricultura y pesca. Pero para las personas que se dedican más a la pesca, la parte agrícola es solo para la seguridad alimentaria, para auto consumo”.

La afectación al recurso hídrico también es una de las dificultades de la producción que mencionan los entrevistados. Por ejemplo, en el caso de personas que se dedican a actividades agrícolas la mayoría manifiestan que el agua cuando viene con crudo no puede ser usada para riego, por lo que deben esperar a que se presenten lluvias y esto ocasiona

que se marchiten las plantas, sin embargo, algunos entrevistados mencionan que las lluvias causan afectación en las actividades de pesca:

“Cada vez que llueve fuertemente esos pozos artesanales que hacen para almacenar el petróleo se inundan y eso desemboca al río Mira y hace que el pescado se nos aleje, que se pierda, que se muera”

Debido a la pérdida, daños y disminución en las actividades productivas que atribuyen principalmente a los derrames de crudo los entrevistados enuncian cambios en las formas de producción, como que ahora deben utilizar trampas para la recolección de cangrejos o que debe recurrir a productos para que se den frutas o hierbas que antes “solas nacían”, por lo que consideran que ha disminuido la fertilidad, ya que el suelo ha perdido nutrientes y esto ocasiona que los productos ya no sean tan buenos por los cambios que el crudo ha producido en los terrenos.

- Contaminación del río y los suelos

Los Consejos Comunitarios tienen funciones otorgadas por la legislación nacional con el fin de conservar, proteger, preservar, controlar y vigilar los recursos naturales, esta es una de las condiciones para mantener el derecho de colectividad. Una de las consagraciones de la Ley 70 de 1993 es que los Consejos Comunitarios deben velar por la conservación y protección de los derechos de la propiedad colectiva (Cuesta y Hinestroza, 2017). Sin embargo, en situaciones como las que afronta el CCBMYF Acosta, Benavides y Sierra (2015) manifiestan que la generación de conflictos socioambientales, por la interrelación de actores en una sociedad, en áreas urbanas o rurales, involucra directamente al Estado como responsable del bienestar de los diferentes sectores de la sociedad.

La población del CCBMYF debe convivir con el constante derrame de crudo que afecta su principal fuente hídrica, el río Mira. Al consultarle a los entrevistados sobre las fuentes de contaminación del río y los suelos todos tuvieron entre sus opciones el derrame de crudo, sin embargo, este suceso es más atribuido a la contaminación del río. Por lo que se podría decir que esta es la principal fuente que la población del CCBMYF atribuye, como puede evidenciar la respuesta de uno de los entrevistados:

“Pues hubo el derrame de crudo y eso fue...mejor dicho...la mortandad de los peces, la baja producción. La gente también pesca mucho, entonces ya uno iba y había poquitos, y en los esteros de las quebradas uno veía los peces muertos, llenos de petróleo, todo eso. En el ámbito social las mujeres también van a lavar su ropa al río, ya los niños no se podían bañar en el río y así; varias cosas que ha influido lo del derrame de crudo...”

Otras de las fuentes que atribuyen a la contaminación del agua es la utilización de mercurio en la extracción de oro, residuos sólidos y la disposición de animales muertos en el río. Respecto a la contaminación del suelo, si bien el derrame de crudo se encuentra entre las fuentes de contaminación del recurso algunos de los entrevistados también manifiestan

que la erradicación de cultivos con glifosato les ha causado grandes afectaciones, porque, aunque se encuentren prohibidas las aspersiones aéreas se implementó una forma de erradicación manual en la que igual aplicaban el herbicida en el suelo. Además de estas fuentes, algunos de los entrevistados sugieren que la contaminación del suelo de igual manera puede estar relacionada con la mala disposición de los residuos sólidos.

- **Disminución en la producción de cultivos**

Las fincas del pacífico colombiano se caracterizan por presentar diversos sistemas agroforestales, los más destacados son los huertos caseros mixtos, cacaotales con plátano, frutales y maderables, charrales, además de las plantaciones de palma de aceite, cocotero y borojó (Ballesteros, Saya y Ordóñez, 2008). Estos cultivos se evidencian en los mencionados por los encuestados y en los cuales la población manifiesta tener afectaciones como la disminución y pérdida, además de dificultades en las cosechas siguientes. Al respecto, uno de los entrevistados menciona:

“El plátano es como muy susceptible al tema del crudo porque digamos es como el que más se me muere, se apesta el plátano...crece muy lento. Antes, los racimos eran más desarrollados, más grandes, ahora son racimos más pequeños. Digamos se siembra el plátano y puede ser de la primera cohorte y digamos en la primera siempre bota un racimito más grandecito y de ahí para allá digamos los racimitos son pequeños y el plátano es delgado. Anteriormente pues era el plátano, los racimos grandes y el plátano bien desarrollado, bien gruesos, digamos que si se siente esa merma en la producción”.

Después del derrame del 2015 es que la población entrevistada menciona haber presentado la mayor disminución en las cosechas, especialmente los pobladores que se ubican próximos al río, pues en sus cultivos llegó la mancha de crudo y a pesar de que algunos expresan haber desechado cultivos como la caña sienten que ahora no se desarrolla en la misma cantidad de antes. En cultivos como el plátano y el cacao si bien los entrevistados manifiestan no haber perdido las plantaciones si consideran que la calidad y cantidad en la producción ha disminuido, uno de ellos comenta haber mermado la producción de su finca en al menos un 70% y otros que ahora toda la producción de cacao no sale con la misma calidad, lo que les ha generado grandes pérdidas.

Una actividad muy común practicada por las comunidades negras es el sistema de charrales, el cual consiste en áreas de regeneración natural que se abandonan por un periodo y en el que la vegetación favorecerá la producción de los cultivos cuando el terreno se ponga en uso nuevamente, aunque este sistema no es muy utilizado actualmente pues Ballesteros, Saya y Ordóñez (2008) encontraron que sólo el 5% de las fincas del CCBMYF cuentan con el sistema agroforestal uno de los entrevistados manifestó: *“antes uno dejaba un lote de tierra para volverlo a sembrar, dejaba que la hierba creciera para volver a sembrar, uno hacia el corte y ya quedaba listo para cosechar pero ahora no por la contaminación que tiene por el crudo”*, por lo que el derrame de crudo además de afectar

posiblemente los cultivos también podría repercutir en las formas de producción empleadas por los habitantes del CCBMYF.

- Disminución en la producción de peces y mariscos

La mayoría de los Consejos Comunitarios del pacífico se ubican en áreas rurales ribereñas de las cuencas, por lo que el recurso hídrico proporciona una de las principales fuentes de sustento para las comunidades. En el caso del CCBMYF en todas las zonas en las que se encuentra dividido políticamente la pesca constituye al menos una de las actividades productivas de la población, de allí que sea una de las más importantes y que sus afectaciones repercutan drásticamente a nivel social y económico.

Todos los entrevistados atribuyen a los derrames de crudo la disminución en la producción de peces y mariscos, por ejemplo, en la producción de cangrejo semanal comentan que han pasado de recolectar entre 200 y 300 a sólo 20 o en la pesca se ha pasado de 60 kilos a máximo 10 kilos, afectando también la seguridad alimentaria de las familias, ya que además de la venta de allí se destina para autoconsumo. Otro caso es el de las personas que se dedican exclusivamente a la pesca, recolección de concha, cangrejos, camarón, piangua y jaiba que manifiestan son los más afectados a causa de la problemática. Eso se puede ver reflejado en la percepción de uno de los entrevistados:

“Sí, pues antes por ejemplo cuando iba a pescar uno llegaba y decía...no, vamos a tal parte y chao tras mallo y cuadraba el día, agarraba producción y últimamente ya no, uno a como se va llega, pierde la base, la gasolina. En la pesca hay días que a uno le va bien o le va mal, pero antes, aunque sea uno la base se la defiende, pero ahorita entonces no, uno va a la suerte y a veces a como se va llega y en la concha también. En la concha antes había personas que se sacaban 200-300 conchas... ahora es 100-120 y eso quiere decir que ha escaseado bastante”.

Respecto a las afectaciones económicas algunos de los entrevistados manifiestan que esta actividad ya no es rentable y que ha ocasionado cambios en la economía, además consideran que las personas ya no pueden dedicarse sólo a este tipo de actividades y que necesitan recurrir a otras para sobrevivir, se comenta el caso de personas de la zona de frontera que han recurrido a trabajar entre semana en Ecuador y los fines de semana se regresan a las fincas para ver a sus familias.

- Afectaciones a la salud

Como se ha mencionado anteriormente uno de los efectos más notorios de los derrames de hidrocarburos son los efectos en la salud de las personas, principalmente en poblaciones vulnerables como lo son los ancianos y los niños. Al llegar el contaminante a las fuentes hídricas, se puede tener contacto con este al ingerirlo, o al tener contacto directo con él en la piel. El río Mira es la principal fuente de abastecimiento de agua de Tumaco y de sus veredas aledañas, el Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera, al no tener sistema

de acueducto capta el agua para el consumo directamente desde el río sin ningún tipo de tratamiento. A pesar de las campañas realizadas promoviendo el no consumo del agua sin tratamiento, para esta población es difícil ya que nunca han tenido buenas prácticas como hervir el agua, filtrarla, entre otros.

“el agua allá pues no tenemos como tratarla y de igual forma, toca consumirla para bañarse y para tomarla, a veces se hierve, otras personas la consumen así”

La enfermedad que más se le ha presentado a las personas son las enfermedades de la piel, han salido brotes, ronchas, manchas, incluso caída de cabello, esto se presenta especialmente en jóvenes y niños. También las mujeres se vieron expuestas a esto, generando infecciones vaginales ya que ese es la misma agua que se utiliza para bañarse, preparación de alimentos, consumo y demás.

“Hubo niños que se enfermaron porque la gente hace consumo de esa misma agua que estaba llena de crudo, la apartaban con las manos y la que estaba un poquito más clara les daban y esa era para tomar y se enfermaban de diarrea y otros problemas “.

Además de las enfermedades de la piel se presentaron enfermedades respiratorias, que incluso causaron que muchas personas tuvieran que desplazarse de sus hogares debido a esto. Entre los síntomas más comunes presentados en la población afectada están: fiebre, gripa que no se cura con el tiempo o que es reincidente.

“En ese entonces estaba haciendo solecito y cuando el sol pegaba con fuerza el petróleo se evapora y afectaba la respiración de muchas personas, muchas personas no podían respirar.”

Las personas entrevistadas pertenecientes al Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera, coincidieron en que además de las enfermedades anteriormente descritas se presentaron enfermedades relacionadas al consumo de agua contaminada con hidrocarburos, como diarrea o gastritis

“Cuando uno consume agua directamente del río porque el agua está contaminada con crudo, y así comienzan a quejarse de dolor de estómago de gastritis, incluso ahora poco se murió una chica con cáncer en el estómago”

Lo manifestado por la comunidad del CCBMYF no es alejado a lo encontrado en la bibliografía sobre lo ocasionado por los derrames de hidrocarburos, lo que causa mayor preocupación es que aún se sigan viendo efectos las personas, esto empeora debido a los constantes derrames que ocurren en esta zona no sólo por atentados sino por las llamadas refinerías y válvulas ilegales ubicadas a lo largo del río, causando a las personas del Consejo Comunitario la constante exposición a agua contaminada con hidrocarburos. Por esta razón algunos de los entrevistados mencionan la importancia de la realización de brigadas de salud y análisis permanentes al agua de consumo.

La percepción de la comunidad respecto a las condiciones de salud, concuerda con los reportado por la alcaldía de Tumaco en el año 2018, donde identificaron enfermedades de interés en salud pública como: Enfermedades diarreicas aguas, Infecciones respiratorias agudas, accidentes ofídicos y enfermedades transmitidas por vectores, sin embargo, se expone que existen otros factores que pueden causar estas enfermedades como: inundaciones, no existe control prenatal, no hay esquema de vacunación en menores de 5 años, entre otros factores que pueden causar afectaciones en salud en la comunidad, por lo que no podría atribuirse las enfermedades al derrame de hidrocarburos. A partir de este informe, desde el consejo municipal para la gestión del riesgo de desastre se hicieron recomendaciones como la elaboración inmediata del plan de emergencia para zona, establecer plan de respuestas para eventos de emergencias, realizar censo a la población del bajo Mira y Frontera, sin embargo, para el momento de la visita no se tenía evidencia de ninguna de las actividades mencionadas anteriormente. (Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastre, 2018)

- Responsabilidades

Las relaciones que se presentan alrededor de la causa de los derrames de crudo en la zona del CCBMYF hacen que se generen conflictos entre los entrevistados al atribuir responsabilidades. Ellos identifican dos actores principalmente, Ecopetrol y los grupos al margen de ley, sin embargo, al consultar sobre el que consideran ser el responsable la mayoría señalan a Ecopetrol debido a que es el dueño del oleoducto. Esto se percibe en la opinión de uno de los entrevistados:

“yo considero que esa responsabilidad se le debe atribuir a la empresa directamente...porque la empresa debe tener totalmente el control de digamos, de su producción y de la actividad que se realiza, hoy en día digamos existen digamos profesionales en tema y la misma ley y la misma resolución en tema de la evaluación de riesgos, riesgos laborales y profesionales y creo que uno también a veces dice bueno, un riesgo laboral y el riesgo de la salud pero a nivel de los trabajadores de la empresa pero no miran de ahí para allá que efecto está causando digamos las acciones de la empresa al resto del país y el resto del mundo...y no le interesa más si causa daños ambientales o daños sociales, no les interesa más nada...”

Además de estos actores, algunos de los entrevistados también identifican como responsables a las autoridades ambientales y al estado, pues consideran que estos deben ser los encargados de garantizar la seguridad de la empresa y de los habitantes. Respecto a los grupos al margen de la ley la opinión de algunos es que la responsabilidad no debe ser atribuida totalmente a estos pues sus acciones parten de falta de garantías y de la búsqueda de suplir necesidades que no han sido brindadas a la población, por lo que consideran el dialogo como una herramienta que pueda brindar alguna solución a la problemática.

- **Apoyo Institucional**

Se les cuestionó a las personas entrevistadas si consideraban que las entidades o instituciones correspondientes habían actuado adecuadamente frente al derrame de hidrocarburos ocurrido en junio de 2015, se mencionaron no sólo las entidades privadas sino las públicas de las cuales se esperaba mucho más apoyo a la comunidad afectada, pues para ellos se mostraron indiferentes con el paso del tiempo.

“Nos hemos quejado en todas las instituciones y ninguno ha hecho caso sobre eso, incluso tenemos una demanda puesta a Ecopetrol porque no buscan otra solución, sino que demandar al causante; porque lo que ellos siempre nos decían que por daños de terceros ellos no respondían”

Al conversar con las personas entrevistadas se identificó que no hay conocimiento de las entidades a las cuales acudir en caso de desastres. Sólo se han apoyado en los líderes del Consejo Comunitario quienes son los que se desenvuelven solicitando el apoyo.

“Primero que todo fue a Ecopetrol, Alcaldía, la Cruz Roja, la Defensoría del Pueblo, Gobernación; pero no la única que nos colaboró un poquito fue la Cruz Roja con víveres a las personas que viven al nivel del mar”

“Principalmente hemos ido como a la Alcaldía es que como acá el ente que más cerca tenemos, pero en realidad todavía no hemos obtenido alguna ayuda o alguna solución por parte de ellos.”

“Por lo menos nosotros como habitantes del río Mira tenemos la esperanza en el Consejo Comunitario, más que todo en ellos y en la Junta de Gobierno que están pendiente de llegar a instituciones para pedir ayuda para combatir el daño que se ha hecho.”

Las personas sienten que las instituciones no hicieron lo suficiente cuando ocurrió el desastre y tampoco brindaron el apoyo necesario tiempo después de lo ocurrido, ya que actualmente no se tiene respuesta respecto a quien asumirá la responsabilidad de los daños causados a las personas habitantes del Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera, así como no se ha remediado el ecosistema ni las tierras que son el sustento de estas personas que vieron afectada drásticamente su economía.

Algunos reconocen la presencia de instituciones como Ecopetrol y Corponariño, pero expresan que no ha sido algo constante, además que sólo hacen presencia un momento y no ejecutan acciones de reparación. También coinciden en que hizo falta mayor capacitación previa al desastre con el fin de prevenir y disminuir las afectaciones causadas por el derrame de hidrocarburos pero que ya se han realizado capacitaciones en este tema.

“Se capacitó por medio de Corponariño para un plan de contingencia, al momento que se dé el derrame ya la gente sabe que hacer e impedir que pase a mayores, porque si se derrama aquí en el río y acá rápido hacen compuertas o colocan barreras para que no pase evitan que llegue a la parte del mar y haga un desastre fuerte.”

Finalmente, las personas de la comunidad necesitan que las entidades correspondientes asuman su responsabilidad en los derrames de hidrocarburos y se les remedie de alguna manera su situación, ya que se encuentran sin cómo realizar sus actividades económicas normales debido a los daños causados.

6.3.3. Relación entre percepción de la comunidad y el estado de suelos y sedimentos

Las dificultades percibidas por la población entrevistada y las zonas a las que pertenecen pueden estar relacionadas con las características fisicoquímicas de los suelos y sedimentos de la zona de estudio. Por ejemplo, las estaciones donde se obtuvieron las relaciones C/N más altas en suelos y sedimentos pertenecen a las zonas 1, 2 y 4, sin embargo, en esta última solo una vereda presentó altas relaciones. Teniendo en cuenta la vocación de las zonas 1 y 2, la dificultad en la disponibilidad de nitrógeno al estar afectando a las veredas que cuentan con la agricultura como principal actividad económica si estaría presentando afectaciones para la comunidad y estas podrían deberse a la contaminación por hidrocarburos o a las prácticas de la población porque aunque estos suelos presentan aptitudes agrícolas, entre las recomendaciones para la clase se encuentran la aplicación periódica de fertilizantes ricos en nitrógeno, fósforo y potasio. Pues tal como manifiestan los entrevistados de estas zonas, no es sólo la pérdida de cultivos o de especies acuáticas al momento del derrame, sino los cambios que ha venido presentando la producción. Además de las altas relaciones C/N los sedimentos de las veredas de la zona 2 presentaron una relación NT/PT que evidencia dificultades en la disponibilidad del nitrógeno, factor que no sólo puede afectar la producción del hábitat, sino que también repercute en los procesos de degradación de los contaminantes.

En las visitas realizadas después del derrame del 2015 por parte de Corponariño se identificaron afectaciones al recurso hídrico, encontrando cambios en las propiedades del agua por el crudo, declarando en los informes que el agua no era apta para el riego de cultivos agrícolas y cría de peces, además que en los cultivos agrícolas ubicados en partes bajas se verían repercusiones cuando se presentaran crecidas por las fuertes lluvias. Respecto a las afectaciones a la fauna acuática y silvestre reportaron la muerte de los organismos por asfixia, infecciones en las especies, imposibilidad para la reproducción y propagación de fauna y flora, lo que no permite que haya actividad en el ecosistema y que podría haber ocasionado la disminución en la producción descritas por los entrevistados.

Los puntos de muestreo de suelos de las veredas pertenecientes a la zona 4 presentaron los menores valores de pH, según la literatura encontrada todos los suelos afectados por

derrames de hidrocarburos tienden a disminuir su pH, sin embargo, de acuerdo con la clasificación del IGAC (2004) los suelos de esta zona presentan valores de pH moderada a fuertemente ácido. En esta zona aproximadamente un 30% de la población practica la agricultura y aunque se obtuvieron valores de conductividad eléctrica que hacen que aumente la posibilidad de que se presenten dificultades en la producción agrícola y el rendimiento se vea afectado debido a la salinidad del suelo, tal como lo expresa uno de los entrevistados al considerar que la producción ha disminuido hasta un 70%, esto no puede atribuirse a la contaminación por hidrocarburos sino a las características propias de la clase de suelo de la zona, la cual presenta una alta concentración de sales y es apta únicamente para bosque protector de mangle.

Aunque después de las actividades de recolección y disposición del crudo vertido se reporta la recolección de 172 toneladas de material vegetal impregnado, por los 4.700 metros de barrera instalados, las visitas de control y seguimiento en las que se vinculó personal técnico de la Seccional Costa Pacífica y la Sede Central Pasto, además del acompañamiento de Invemar, Dimar, Ecopetrol, MINAMBIENTE, ANLA, Parques Nacionales y personas de la comunidad, realizadas durante el mes de julio de 2015, reportan la presencia de crudo sobre el río Mira y en los cauces de los esteros Tabacal, La Cobra y la zona de Terán, observando presencia de crudo en toda la zona de restauración de mangle de la playa Bajito Vaquería, áreas pertenecientes a la zona 3 que cuenta con el aprovechamiento de los frutos del mar como su principal actividad de sustento.

Además en las visitas también se reportó la presencia de crudo antes de la barcaza de captación del acueducto de Tumaco, en los taludes de los esteros y quebradas a ambos márgenes del río Mira, puntos en los que se instalaron barreras que fueron removidas por las crecientes del río Mira, donde hay presencia de asentamientos humanos que se surten de agua del río para sus actividades diarias y que cuentan con cultivos de cacao y plátano principalmente, los cuales se encontraban afectados. También se presenció crudo en la vegetación de la vereda Terán perteneciente a la zona 2, en la que los entrevistados dedicados a la agricultura atribuyen las dificultades en la producción de los cultivos al derrame del 2015.

La concentración de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos en suelos y sedimentos, obtenidas dos años después del derrame del 2015, presenta uno de los mayores valores en suelos de ribera de la vereda Bajo Jagua, lo que concuerda con los sedimentos tomados a la ribera del río que obtuvo el mayor valor para HPDD entre las 10 estaciones de muestreo de sedimentos, además en esta estación, perteneciente a la zona 1, también se presentaron las concentraciones más altas para hidrocarburos alifáticos. Observando los mapas de representación gráfica y distribución espacial se identifica que los mayores valores de hidrocarburos se encuentran en la zona media del CCBMYF, es decir, en los puntos de muestreo ubicados en las zonas 1 y 2, donde los entrevistados reportan la persistencia de dificultades años después del derrame y se evidencia que a pesar del paso del tiempo aún se encuentran concentraciones de HPDDs en la zona,

aunque estas concentraciones también podrían deberse a aportes por la utilización de lanchas a motor en la pesca se debe tener en cuenta que estas zonas son de vocación agrícola principalmente.

La evaluación de metales pesados en los suelos y sedimentos de un tramo de la zona afectada por el derrame de hidrocarburos en el río Mira sólo presentó valores por encima de los métodos de detección empleados para níquel. De acuerdo con las muestras de suelos analizadas ninguna de las concentraciones de este metal fue superior a los límites dados por los referentes internacionales evaluados para suelos de uso agrícola, por lo tanto, las afectaciones percibidas por la comunidad en la pérdida y disminución de cultivos no podrían asociarse a la presencia de metales pesados en los puntos muestreados, sin embargo, para las muestras de sedimentos de lecho y ribera se presentaron puntos donde las concentraciones superan los niveles de efecto umbral, por lo que es probable que ocurran efectos biológicos adversos y que se pueda presentar acumulación de este metal en las especies aprovechadas por los habitantes que tienen como actividad económica la pesca y recolección de moluscos.

Aunque instituciones como la Corponariño están encargadas del acompañamiento a las visitas de control y monitoreo en situaciones de desastre como el derrame de hidrocarburos y que la zona rural del municipio de Tumaco se encuentra constantemente expuesta a este tipo de desastres, fue la magnitud del derrame del 21 de junio de 2015 la que ocasionó que se llevara a cabo la implementación de acciones de seguimiento y acompañamiento a los afectados. Según el informe de visita presentado por las instituciones, se activó oportunamente el Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres con reuniones diarias para la planificación de actividades para la atención de la emergencia y la consecución de recursos necesarios, sin embargo, en la visita realizada a la entidad no se tiene evidencia de estas reuniones ni de la ejecución de dichas actividades programadas.

En los informes de seguimiento de julio de 2015 se encuentran reportes de zonas que debían ser priorizadas para limpieza y se designa el establecimiento de un plan de acción para las mismas. Además, se reporta la presencia de crudo debida a otro atentado, sin embargo, en las últimas visitas de las que se tiene registro (septiembre del 2015) no se cuenta con evidencia de la ejecución y puesta en marcha del plan de acción, ni con las actividades de limpieza para el último derrame. Aun cuando se tiene evidencia de las visitas de seguimiento y control, la comunidad percibe que el apoyo institucional recibido por el derrame de junio del 2015 fue deficiente, pues aún no se ha dado respuesta al proceso contra la empresa CENIT TRANSPORTE Y LOGÍSTICA DE HIDROCARBURO S.A.S por parte de la ANLA, por no haber implementado adecuadamente el Plan de Emergencia del Oleoducto Trasandino. Además, hasta la fecha no se han realizado acciones de remediación a los ecosistemas afectados y aunque en los reportes finales de seguimiento se propuso la creación de un Plan de control y monitoreo de la calidad de las aguas continentales, se hizo la investigación y no se encuentra evidencia de su existencia o no está disponible.

7. CONCLUSIONES

Las características de los suelos y sedimentos de un tramo de la zona afectada por el derrame de hidrocarburos, es decir, los últimos 50 km del río Mira antes de desembocar en el Océano Pacífico, presentaron picos en el porcentaje de materia orgánica, relación C/N, conductividad eléctrica y pH en las muestras de la estación de la vereda Chontal, sin embargo aquí la concentración de Hidrocarburos del Petróleo Disueltos y Dispersos (HPDD) e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's) no superó los límites de detección del método empleado, contrario a lo que se evidenció en la estación de la vereda Bajo Jagua, que registró el pico en la concentración de HPDD y fue la única en la que se tuvo presencia de HAP's.

La evaluación de los contaminantes en las muestras de suelos y sedimentos de la zona de estudio sólo presentó valores que superaron las concentraciones máximas planteadas por referentes internacionales para níquel en sedimentos. Estos valores se obtuvieron en el 41% de las muestras, de las cuales el 36% del total de muestras corresponde a zona ribereña. El resto de los contaminantes se encuentran dentro de los rangos que de acuerdo con los referentes internacionales no presentarían afectaciones para la población ni los organismos que los habitan. Sin embargo, se debe tener en cuenta que las cuencas de los ríos y afluentes de la región del andén pacífico tienen como característica principal la gran riqueza en minerales entre los que se encuentra el níquel.

La concentración de HPDD e Hidrocarburos Alifáticos presentaron picos en las muestras de suelos y sedimentos de la estación de la vereda Bajo Jagua, sin embargo, no se cuenta con valores de referencia nacionales o internacionales que regulen las concentraciones de HPDD ni de hidrocarburos alifáticos en agua, suelos o sedimentos, por lo que no se tiene certeza si estas concentraciones pueden tener efectos crónicos en los organismos vivientes en suelos y sedimentos o a sus características fisicoquímicas.

Los resultados para la concentración de los 16 hidrocarburos aromáticos policíclicos denominados como prioritarios por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) en suelos y sedimentos se encontraron por debajo del límite de detección del método para la mayoría de muestras a excepción de una muestra de suelo en la estación de la vereda Bocas de Cajapí, sin embargo, la concentración presentada no supera los límites establecidos en los referentes internacionales para sedimentos superficiales y suelos de uso agrícola, lo que podría indicar que la calidad de suelos y sedimentos de la zona de estudio no presentaría una notoria afectación por el contenido de HAP's.

La percepción de la población entrevistada respecto al efecto del derrame de hidrocarburos en los suelos y sedimentos de la zona evaluada se enfatiza principalmente en la disminución de la producción de cultivos, peces y mariscos, que constituyen unas de las principales actividades de sustento de las personas. Además, la comunidad manifiesta que

han presentado transformaciones en las prácticas empleadas para las actividades productivas, las cuales atribuyen a los efectos de los derrames de hidrocarburos, como es el caso de la implementación de trampas para la recolección de mariscos y la renovación de cultivos debido a las dificultades que presenta en la calidad de las cosechas siguientes.

Las afectaciones a la salud que se identificaron según lo percibido por la comunidad corresponden a irritaciones en la piel, rasquiña, enfermedades en los ojos, respiratorias y gastrointestinales las cuales según la literatura pueden estar relacionadas a los derrames de hidrocarburos. La comunidad comenta que la presencia institucional ha sido prácticamente inexistente y no se tienen registros de brigadas de salud realizadas, ni siquiera de las capacitaciones de emergencias, a pesar de que algunas personas entrevistadas confirmaron que se han realizado y que asistieron a algunas de estas.

Es posible que el tiempo en el que se tomaron los datos haya afectado los resultados del estudio, esto pudo influir en las concentraciones del contaminante y la variación de los parámetros posiblemente debido a la atenuación natural, teniendo en cuenta que la zona de estudio presenta altas precipitaciones y se puede dar el lavado de los contaminantes. Podría decirse que el efecto que tuvo el derrame en los suelos y sedimentos estudiados fue inmediato y los ecosistemas han tardado en recuperarse, por esta razón la comunidad tiene la percepción de que la calidad de los suelos y sedimentos se vio afectada por los derrames.

8. RECOMENDACIONES

Debido a que el único contaminante que superó los niveles de efecto umbral de los referentes internacionales fue el níquel, se considera importante realizar el monitoreo constante de los contaminantes asociados a derrames de hidrocarburos que pueden incidir en la salud de las personas en la zona de estudio y evaluar su biodisponibilidad.

Para definir el estado de los suelos de la zona de estudio y su aptitud para uso agrícola se debe realizar un estudio aumentando la densidad de puntos de muestreo e incluir las veredas que cuenten con clases de suelos aptas para las prácticas agrícolas de la población del CCBMYF, además de analizar macro y micronutrientes que permitan evaluar la fertilidad de los suelos.

Se recomienda hacer seguimiento a la condición de la salud de la población por medio de brigadas periódicas por parte de entidades gubernamentales, en las que se podrían implementar actividades para que la población conozca la forma adecuada de actuar ante este tipo de desastres, para asegurar buena salud, higiene y saneamiento. Además, se recalca la importancia de contar con los formatos de registros de asistencia, evidencia fotográfica, actas de reunión y demás herramientas que permitan tener trazabilidad de las actividades llevadas a cabo.

Al consultarle a los entrevistados sobre otras fuentes de contaminación que afectan el suelo y el agua en la zona de estudio se mencionó la inadecuada disposición de residuos sólidos. Las personas son conscientes de esto, sin embargo, no realizan acciones en su día a día o actividades encaminadas a disminuir el nivel de contaminación que puedan estar afectando los suelos y las fuentes hídricas. Se debe mejorar el servicio de recolección de residuos, así como capacitar a la comunidad sobre la importancia de la reducción en la generación de residuos sólidos, la buena disposición y las buenas prácticas como el reciclaje. Esto debe acompañarse de actividades de seguimiento y control de los niveles de contaminación por residuos sólidos.

Se debe revisar el Plan de Contingencias y la respuesta a emergencias que tiene el municipio y la operadora de hidrocarburos en caso de situaciones de desastre como un derrame de hidrocarburos, ya que son de común ocurrencia en la Costa Pacífica Nariñense. En la creación de estos planes se debe involucrar a representantes de la comunidad, ya que por medio de la participación comunitaria se pueden llegar a ideas que aporten y permitan reaccionar de manera más rápida frente a una situación de emergencia.

Teniendo en cuenta que la mayoría de derrames de hidrocarburos son causados por terceros (Atentados, válvulas ilegales, refinerías ilegales), en su mayoría son grupos al margen de la ley, se recomienda analizar el trasfondo social que tienen estos ataques, con el fin de disminuirlos, así como el control público que se está ejerciendo actualmente en la

zona y que permite que estas situaciones continúen presentándose desde hace más de 30 años no sólo en el departamento de Nariño, sino que en todo el país.

Cabe resaltar que las personas del Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera necesitan de manera urgente el acceso a agua potable ya que actualmente no cuentan con este servicio primordial para asegurar la salud de las personas. Según las personas entrevistadas captan agua directamente del río para suplir necesidades básicas como preparación de alimentos, aseo personal y recreación, lo que puede tener relación con los casos de enfermedades mencionados por la comunidad. Es necesario explorar alternativas económicas y viables para el suministro de agua potable temporal mientras se desarrolla una solución definitiva. Así mismo, debe realizarse monitoreo a la calidad del agua para consumo humano, asegurando que las personas del Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera tengan acceso a agua que cumpla con los parámetros mínimos de calidad.

Uno de los mayores inconvenientes a la hora de realizar la comparación de resultados de suelos y sedimentos de la zona de estudio es la falta de normativa o requisitos legales en Colombia que regulen la contaminación por hidrocarburos a causa de derrames, por lo que se recomienda establecer lineamientos donde se indiquen los niveles máximos permitidos por contaminante y las acciones que se deben tomar para descontaminar suelos y sedimentos en caso de derrames de hidrocarburos.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, C., Benavides, J., & Sierra, C. (2015). Análisis Cualitativo del Deterioro de la Calidad del Agua y la Infección por *Helicobacter pilory* en una Comunidad de Alto Riesgo de Cáncer de Estómago. 4. Cauca, Colombia: SALUD COLECTIVA.
- Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (2005). Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, Por el que Se Establece la Relación de Actividades Potencialmente Contaminantes del Suelo y los Criterios y Estándares para la Declaración de Suelos Contaminados. 15(Actualización 09/11/2017). Gobierno de España. Obtenido de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2005/01/14/9/con>
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. ANLA. (2017 de Noviembre de 2017). *Inicio de un procedimiento sancionatorio ambiental*.
- Ballesteros, W., Saya, O., & Ordóñez, H. (2008). Sistemas Agroforestales Tradicionales en el Consejo Comunitario del Bajo Mira y Frontera en Tumaco, Nariño, Colombia. 46. Tumaco, Nariño, Colombia: Agroforestería en las Américas.
- Barbaro, L., Karlanian, M., & Mata, D. (s.f.). *Importancia del pH y la conductividad eléctrica (CE) en los sustratos para plantas*. Argentina: Ministerio de agricultura, Ganadería y Pesca. .
- Benavides, J., Quintero, G., Guevara, A., Jaimes, D., Guitiérrez, S., & Miranda, J. (2006). Biorremediación de Suelos Contaminados con Hidrocarburos Derivados del Petroleo. *NOVA - Publicación Científica*, 4(5), 82-90.
- Bravo Pazmino, H. (1998). Diversidad Cultural y Manglares del Pacífico Colombiano. En H. Sanchez Paez, & R. Alvarez León (Edits.). Santa Fé de Bogotá D.C., Colombia.
- Calva, L. G., Botello, A., & Guadalupe, P. (2005). Composición de Hidrocarburos Alifáticos en Sedimentos de la Laguna Sontecomapan, Ver. México. Veracruz, México.
- Canadian Council of Ministers of the Environment. (2014). Canadian Environmental Quality Guidelines. (CCME, Ed.) Obtenido de https://www.ccme.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/
- Carvajal, D. (2012). La investigación cualitativa frente al uso de software para análisis cualitativo: Perspectivas, cambios metodológicos y retos. *III Encuentro Latinoamericano de Metodología de las Ciencias Sociales (ELMeCS)*. Manizales, Colombia.

- Castellanos, M. L., Isaza, R. J., & Torres, J. M. (2015). Evaluación de los hidrocarburos totales del petróleo (TPH) sobre los suelos urbanos den Maicao, Colombia. *Revista Colombiana de Química*, 44(3), 11-17. doi:http://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v44n3.55605
- Castle, D., Montgomery, M., & Kirchman, D. (2006). Effects of Naphthalene on Microbial Community Composition in the Delaware Estuary. *FEMS Microbiology Ecology*, 56(1), 55-63.
- Cavazos Arroyo, J., Perez Armendáriz , B., & Mauricio Gutierrez, A. (2014). Afectaciones y Consecuencias de los Derames de Hidrocarburos en Suelos Agrícolas de Acatzingo, Puebla, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 11(4).
- Concejo Municipal de Tumaco. (Agosto de 2017). Plan de Desarrollo Municipal 2017 - 2019. San Andrés de Tumaco, Colombia.
- Cooperación Autónoma Regional de Nariño. (2015). *Informe de inspección ocular y monitoreo, realizado en el río Mira, por contaminación por derrames de hidrocarburos*. San Andrés de Tumaco.
- Cooperación Autónoma Regional de Nariño. (2015). *Visita zonas afectadas con crudo, atentados terroristas oleoducto trasandino*. San Andrés de Tumaco.
- Cuesta, J. L., & Hinestroza, L. (2017). Análisis Jurídico de las Funciones de los Consejos Comunitarios en Territorios Colectivos de Comunidades Negras. Colombia: Justicia.
- DANE, D. A. (2018). *Proyección Municipios 2005 - 2020*. Bogotá D.C.
- De la Rosa, J. M. (2007). Aislamiento y Caracterización de Formas de Materia Orgánica Refractaria en Sedimentos Marinos. Implicaciones Ambientales. Sevilla, España.
- Decreto 2190 de 1995. (14 de Diciembre de 1995). *Diario Oficial No. 24.147*. Santa Fé de Bogotá, D.C.
- Decreto No. 0714 de 2012. (10 de Abril de 2012). Santa Fé de Bogotá DC.
- Decreto No. 321 de 1999. (17 de Febrero de 1999). Santa Fé de Bogotá DC .
- Decreto No. 3930. (25 de Octubre de 2010). Santa Fé de Bogotá DC.
- Decreto Número 1760 de 2003. (26 de Junio de 2003). Santa Fé de Bogotá DC.

- Diario Oficial de la Federación. (2005). Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SS-2003, Límites Máximos Permisibles de Hidrocarburos en Suelos y las Especificaciones para su Caracterización y Remediación . (S. d. Mexicanos, Ed.) Distrito Federal, México. Obtenido de [http://www.ordenjuridico.gob.mx/Federal/PE/APF/APC/SEMARNAT/Normas/Oficiales/29032005\(1\).pdf](http://www.ordenjuridico.gob.mx/Federal/PE/APF/APC/SEMARNAT/Normas/Oficiales/29032005(1).pdf)
- Dias, R. (2011). Biorremediación de Suelos Contaminados con Hidrocarburos en Clima Frio y Templado. Ensayo y Evaluación de Distintas Estrategias. (C. d. Industriales-CINDEFI, Ed.) La Plata, Argentina.
- Dirección General Marítima. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico. (29 de Abril de 2011). <http://www.cccp.org.co>. Obtenido de <http://www.cccp.org.co/index.php/component/content/article/49>
- Dirección General Marítima. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico. (2015). *Derrame de hidrocarburos en Tumaco fue simulado usando un modelo hidrodinámico durante investigación de la DIMAR-CCCP*. Obtenido de www.cccp.org.co: <http://www.cccp.org.co/index.php/component/content/article/91-minerales-hidrocarburos/1002-derrame-de-hidrocarburos-en-tumaco-fue-simulado-usando-un-modelo-hidrodinamico-durante-investigacion-de-la-dimar-cccp>
- Ecopetrol. (2015). Una tragedia contada en números. *Revista E+. Ecopetrol*(12). Obtenido de <https://www.ecopetrol.com.co/especiales/revista-emas08/cifras.html>
- FAO. (2017). *Carbono orgánico del suelo: El potencial oculto*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Galindo Ortiz, N. J., & Rueda, C. A. (2012). Caracterización mecánica de suelos arcillosos afectados por derrames superficiales de hidrocarburos en concentración por porcentaje en peso: 5, 10, 15 y 30. Bucaramanga, Santander, Colombia.
- Gallart Martinez, F. (Noviembre de 2017). La conductividad eléctrica del suelo como indicador de la capacidad de uso de los suelos de la zona norte del Parque Natural Albufera de Valencia. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Gamarra, C. C., Diaz, M. I., Vera, M., Galeano, M. d., & Cabrera, A. J. (2017). Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(46), 26. doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i46.134>

- Greenpeace. (9 de Enero de 2012). <https://www.greenpeace.org/>. Obtenido de <https://www.greenpeace.org/mexico/publicacion/982/impactos-ambientales-del-petroleo/>
- Herrera, J., Ruíz, A., Yúnuen, C., Zavala, J. d., Campos, S., Sabido, M., Garcia, R. (2011). Estudio de Materia Orgánica y Nutrientes de Suelos Contaminados con Hidrocarburos a Tratamientos Diferentes. (U. TECNOCENCIA, Ed.)
- Ibarra, T. P. (20 de Abril de 2018). En Colombia se han derramado 3,7 millones de barriles de crudo. *El Tiempo*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/cifras-de-derrames-de-crudo-en-colombia-en-los-ultimos-anos-207664>
- ICA. (1992). Fertilización en Diversos Cultivos. 25(Manual de asistencia técnica). Bogotá D.C., Colombia.
- IGAC. (2004). Capacidad de Uso de las Tierras Extractado del Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras Departamento de Nariño.
- IGAC, I. G. (2018). Mapa Digital de Comunidades Negras. Bogotá D. C., Colombia.
- IGAC., INGEOMINAS. (2001). Investigación Integrada del Andén Pacífico Colombiano. Tomo I. Geología. Bogotá D.C., Colombia.
- INVEMAR. (2016). *Diagnóstico y Evaluación de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras en el Caribe y Pacífico Colombianos-Departamento de Nariño*. Santa Marta: Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. Red de Vigilancia para la Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia (REDCAM),. Santa Marta, Colombia: Serie de Publicaciones Periódicas del INVEMAR No. 4.
- INVEMAR. (2018). Diagnóstico y Evaluación de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras en el Caribe y Pacífico Colombianos. 4. (M. Bayrona Arenas, & O. Garcés Ordóñez, Edits.) Santa Marta, Colombia: Serie de Publicaciones Periódicas del INVEMAR.
- INVEMAR, UNIVALLE, & CORPONARIÑO. (2017). *Implementación de acciones que contribuyan a la rehabilitación ecológica de áreas afectadas por hidrocarburos en zona costera y piedemonte del departamento de Nariño*. Informe técnico final. , Santa Marta.
- Issa Tejada, L. F. (2015). Efectos del terrorismo en los oleoductos de Colombia (2000 - 2015). Bogotá D.C, Colombia.

- Jaramillo, D. F. (2002). *Introducción a la Ciencia del Suelo*. Medellín.
- Jimenez Buitrago, D. L. (2006). Estudio de Impacto Ambiental Generado por un Derrame de Hidrocarburos Sobre una Zona Estuarina, Aledaña al Terminal de ECOPETROL en Tumaco. *Tesis de Pregrado*. Bogotá D.C, Colombia: Universidad de la Salle.
- Ke, L., Wong, T., Wong, Y. S., & Tam, N. (2002). Fate of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PHA) Contamination in a Mangrove Swamp in Hong Kong Following an Oil Spill. *Marine Pollution Bulletin*, 45, 339-347.
- Ley 885 de 2004. (9 de junio de 2004). *Diario Oficial No. 45.574*. Santa Fé de Bogotá DC.
- Martinez, V., & Lopez, F. (2001). Efecto de hidrocarburos en las propiedades físicas y químicas de suelo arcilloso. *Terra* 19, 9-17.
- Ministerio para la Transición Ecológica. (2007). Guía Técnica de la Aplicación RD 9/2005 , de 14 de Enero, por el que se Establece la Relación de Actividades Potencialmente Contaminantes del Suelo y los Criterios y Estandares para la Declaración de Suelos Contaminados. (D. G. Ambiental, Ed.) Gobierno de España.
- Monaldi, F. (2015). *La Economía Política del Petróleo y el Gas en América Latina*. Obtenido de Plataforma Democrática: <http://www.plataformademocratica.org/Archivos/La%20Economia%20Politica%20Del%20Petroleo%20y%20El%20Gas%20En%20America%20Latina.pdf>
- Monje, C. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa: Guía Didáctica*. Neiva, Huila, Colombia: Universidad Surcolombiana.
- Naciones Unidas, Oficina para la Coordinación de Asuntos Humanitarios. (Octubre de 2015). *Colombia - Informe Final MIRA: Derrame de crudo en ríos Mira y Caunapí Tumaco (Nariño) 07/07/2015 Actualización al 15-20/10/2015*. Obtenido de Humanitarian Response: https://www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/assessments/151029_actualizacion_informe_final_atentados_ríos_caunapi_y_mir_a.pdf
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2008). Screening Quick Reference Tables. United States Department of Commerce. Obtenido de <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/9327>

- Noragueda, C. (2015). *Historia de los Derrames de Petróleo*. Obtenido de <https://hipertextual.com/2015/04/historia-de-los-derrames-de-petroleo>
- Olmedo, F. (2017). *Los 10 Derrames de Petróleo más Grandes de la Historia*. Obtenido de BiodiSol: <http://www.biodisol.com/contaminacion-ambiental/los-10-derrames-de-petroleo-mas-grandes-de-la-historia-contaminacion-ambiental-medio-ambiente/>
- Ortínez, O., Ize, I., & Gavilán, A. (2003). La Restauración de Suelos Contaminados con Hidrocarburos en México. (S. d. Naturales, Ed.) *Gaceta Ecológica*, 83-92.
- Persaud, D., Jaagumagi, R., & Hayton, A. (1994). Guidelines for the Protection and Management of Aquatic Sediment Quality in Ontario. Ontario, Canada.
- PNUD. (2007). El Observatorio, Colombia. Colombia.
- Quintero, L., Agudelo, E., Quintana, Y., Cardona, S., & Osorio, A. (2010). Determinación de Indicadores para la Calidad de Agua, Sedimentos y Suelos Marinos y Costeros en Puertos Colombianos. (U. N. Colombia, Ed.) *Gestión y Ambiente*, 13(3), 51-64.
- Rainforest Alliance. (2015). Proyecto REDD+ACAPA-Bajo Mira y Frontera (ACAPA-BMF). Versión 5.8. Nariño, Colombia.
- Reeves, G. (2005). *Understanding and Monitoring Hydrocarbons in Water*. (A. LTD., Productor) Obtenido de ARJAY Engineering.
- Restrepo Lopez, J. C. (2006). Aporte de caudales de los ríos Baudó, San Juan, Patía y Mira a la cuenca pacífica colombiana. *Boletín Científico CCCP*, 17-32.
- Revista Semana. (2019). Voladuras: Una cruda arma de guerra. *Revista Semana*. Obtenido de <http://especiales.sostenibilidad.semana.com/voladuras-de-oleoductos-en-colombia/index.html>
- Rodríguez, D., Saravia, A., Pacheco, O., & Piedra, G. (2014). Evaluación de los Niveles de Hidrocarburos en Sedimentos Marinos, su Posible Origen y Efectos Sobre la Actividad de Acuicultura entre Punta Morales y Costa de Pajáros en el Golfo de Nicoya. *Revista Geográfica de América Central No. 53*, 113-134.
- Rojas, N., & Silva, N. (2003). Distribución Espacial de Textura, Carbono y Nitrógeno en Sedimentos Recientes en Canales y Fiordos Chilenos, Golfo Corcovado (43°50' s) a Golfo Elefantes (4°30' s), Chile. Valparaíso, Chile.

- Rumiche P., F. A., & Indacochea B., J. E. (2007). Estudios de Caso de Fallas y Accidentes en Gasoductos y Oleoductos. Illinois, Chicago, Estados Unidos.
- Santa Ríos, A. (2006). *Evaluación de la Contaminación por Hidrocarburos Aromáticos Totales en Aguas y Sedimentos Marinos en la Bahía de Buenaventura Sector Isla Cascajal*. Bogotá: Universidad de La Salle.
- Secretaría de Salud Estados Unidos Mexicanos. (2008). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. (C. d. Mexicanos, Ed.) Gobierno de México. Obtenido de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/l280188.html>
- Semana, R. (2018). El triste panorama que dejó el derrame de petróleo en el pozo La Lizama. *Revista Semana*. Obtenido de <https://www.semana.com/nacion/articulo/derrame-de-petroleo-pozo-la-lizama-ecopetrol/562150>
- Serrano , M. F., Torrado, L. M., & Perez, D. D. (2013). Impacto de derrames de petróleo sobre las propiedades mecánicas de suelos arenosos. *Revista Científica "General José María Cordova"*, 11(12), 233-244.
- Souza, M., Tinaguchi, S., Bicego, M., & de Oliveira, L. A. (2015). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Superficial Sediments of the Negro River in the Amazon Region of Brazil. Manaus, Brazil.
- Teixeira da Silva, S. M., Beretta, M., & Tavares, T. (2014). Diagnóstico da Contaminação por Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos nos. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)*, 2(2), 193-204. doi:10.17565/gesta.v2i2.10449
- Tumaco, A. M. (2008.). Plan de Ordenamiento Territorial 2008 - 2019. . San Andrés de Tumaco. , Nariño, Colombia.
- Vallejo, V. E., Sandoval, J. J., Caragoa, S. C., & Bastos, J. (2016). Evaluación del efecto de la bioestimulación sobre la biorremediación de hidrocarburos en suelos contaminados con alquitrán en Soacha, Cundinamarca - Colombia. *Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos*, 4(65), 354-361.
- Vázquez, B. (2009). Variación en las Propiedades Físicas e Hidráulicas de un Suelo Restaurado a través de un Proceso de Lavado con Surfactantes. Cholula, Puebla, México.

- Velasquez Arias, J. A. (2017). Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(1).
- Velasquez, J., Márquez, A., Fermín, I., Lopez, F., Hernández, D., & Senior, W. (2016). Características Geoquímicas de los Sedimentos Superficiales de la Laguna La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. Cumaná, Venezuela.
- Wasserman, J. C., Magalhães Botelho, A. L., Silveira Bispo, M. d., Carlos Crapez, M. A., Sobrinho da Silva, F., & Filgueiras, C. M. (2006). Hydrocarbons and Bacterial Activity in Mangrove Sediments from Guanabará Bay, Brazil. *Geochemica Brasiliensis*, 20(1), 14-25.
- Yu, Y., Liu, Y., & Wu, L. (2013). Sorption and degradation of pharmaceuticals and personal care products (PP-cPs) in soils. *Environmental Science Pollution Restoration*, 4261-4267.
- Zamora, A., Ramos, J., & Arias, M. (2012). Efecto de la Contaminación por Hidrocarburos sobre Algunas Propiedades Químicas y Microbiológicas de un Suelo de Sabana. *Bioagro*, 24(1), 5-12.
- Zavala Cruz, J., Gavi Reyes, F., Adams Schroeder, R., Ferrera Cerrato, R., Palma Lopez, D., Vaquera Huerta, H., & Dominguez Ezquivel, J. (2005). Derrames de Petroleo en suelos y adaptación de pastos tropicales en el Activo Cinco Presidentes, Tabasco, México. *Terra Latinoamericana*, 23(3), 293-302.

ANEXOS

Anexo A. Cuestionario realizado a la población de estudio

1. ¿Cuánto tiempo lleva siendo parte del Consejo Comunitario?
2. ¿Cuál es la principal actividad económica de su comunidad?
3. ¿Cuál es su principal actividad económica?
4. ¿Usted siente que la producción de (producto) ha cambiado? ¿Cómo siente usted que ha cambiado la producción?
5. ¿Cuáles cree usted que son las dificultades que se pueden observar en la producción?
6. ¿Cuáles cree usted que pueden ser las fuentes de contaminación de la tierra y el agua en la zona rural del municipio de Tumaco?
7. ¿Cree usted que existe relación entre el suceso del derrame de hidrocarburos en el agua y la disminución en la producción de (producto)?
8. ¿A quién considere usted que se le debe atribuir la responsabilidad de estos derrames? ¿Le parece a usted que estas personas/instituciones han respondido adecuadamente?
9. ¿Cuáles son las personas e instituciones que usted conoce que pueden ayudar resolver estos problemas? (En caso de sí) ¿A qué institución acudió para poderle dar solución al problema?
10. ¿Cuáles actividades que usted conoce que se pueden llevar a cabo para solucionar estos problemas?
11. ¿Qué acciones considera usted que se deberían llevar a cabo dentro de la comunidad para ayudar a resolver esta problemática?

Anexo B. Resultados de parámetros en suelos

Parámetros	Unidades	PC			BC			BJ			ASI			PY		PN			CG			CH		
		SI1	SI2	SI3	SI1	SI2	SI3	SI1	SI2	SI3	SI1	SI2	SI3	SI1	SI2	SI1	SI2	SI3	SI1	SI2	SI3	SI1	SI2	SI3
Materia Orgánica	% MO	0,15	1,17	0,12	0,6	1,58	0,96	1,3	1,67	0,69	1,59	1,58	0,48	0,76	1,77	0,21	1,34	0,87	0,45	1,32	0,49	0,77	0,55	2,61
pH	Unidades	6,49	6,1	6,41	6,46	5,85	6,46	5,64	5,67	6,31	6,33	6,12	5,94	5,53	5,67	6,76	6,58	6,17	3,74	4,09	6,08	7,07	6,92	5
Conductividad eléctrica	uS/cm	127	118	49,1	94,1	169	94	160	168	222	153	223	74	440	200	54	104	62,7	1810	1670	4640	4081	6710	2020
HPDD	(ug/g) peso seco	8,82	19,2	<0,07	4,3	7,38	0,35	4,59	215	<0,07	11,7	20,6	<0,07	*	*	*	*	*	<0,07	<0,07	5,04	0,11	0,08	<0,07
Hidrocarburos Alifáticos	(ug/g) peso seco	3,21	40,4	7,88	4,92	3,47	2,56	2,98	32	17,61	2,13	12	5,6	*	*	*	*	*	0,98	0,52	4,86	2,23	2,18	1,9
Naftaleno	(ng/g) peso seco	<7,60	<7,60	<7,60	<7,60	<7,60	<7,60	<7,60	<7,60	<7,60	<7,60	<7,60	<7,60	*	*	*	*	*	<7,60	<7,60	<7,60	<7,60	<7,60	<7,60
Acenaftileno	(ng/g) peso seco	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	*	*	*	*	*	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50
Acenaftaleno	(ng/g) peso seco	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	*	*	*	*	*	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20
Fluoreno	(ng/g) peso seco	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	*	*	*	*	*	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00
Fenantreno	(ng/g) peso seco	<7,50	<7,50	<7,50	11	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	*	*	*	*	*	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50
Antraceno	(ng/g) peso seco	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	*	*	*	*	*	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10
Fluoranteno	(ng/g) peso seco	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	*	*	*	*	*	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70
Pireno	(ng/g) peso seco	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	*	*	*	*	*	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Benzo(a) Antraceno	(ng/g) peso seco	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	*	*	*	*	*	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50
Criseno	(ng/g) peso seco	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	*	*	*	*	*	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70
Benzo(b)Fluorante no	(ng/g) peso seco	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	*	*	*	*	*	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70
Benzo(k)Fluorante no	(ng/g) peso seco	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	*	*	*	*	*	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70
Benzo(a) Antraceno	(ng/g) peso seco	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	16,73	<5,40	*	*	*	*	*	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40
Criseno	(ng/g) peso seco	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	*	*	*	*	*	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30
Benzo(b)Fluorante no	(ng/g) peso seco	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	*	*	*	*	*	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40
Benzo(k)Fluorante no	(ng/g) peso seco	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	*	*	*	*	*	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70
C/N	-	1,3	9,7	4,4	6,8	8,7	8,3	9,2	10,2	4,7	10,8	10,2	6,2	13,1	11,9	15,2	12,5	7,4	2,8	7,3	4,1	63,8	109	17,4

Anexo C. Resultados de parámetros en sedimentos

Parámetros	Unidades	PC		BC		BJ		ASI		DG				PY		PN		CD		BG		PD	
		Sd1	Sd2	Sd1	Sd2	Sd1	Sd2	Sd1	Sd2	Sd1	Sd2	Sd2 B1	Sd2 B2	Sd1	Sd2	Sd1	Sd2	Sd1	Sd2	Sd1	Sd2	Sd1	Sd2
Materia Orgánica	% MO	0,14	0,10	0,18	0,50	0,08	1,23	0,83	0,42	0,39	0,79	0,95	1,55	0,13	0,30	0,18	1,62	0,03	0,28	0,19	0,11	0,15	0,21
Fósforo Total	mg P/Kg	<8,36	320,00	<8,36	<8,36	26,90	<8,36	16,30	<8,36	60,30	148,00	<8,36	<8,36	172,00	160,00	116,00	<8,36	42,90	44,50	38,10	<8,36	210,00	188,00
NTK	% NTK	0,01	0,01	0,03	0,07	0,01	0,12	0,01	0,01	0,01	0,05	0,07	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Arsénico	mg As/Kg	<3,75	<3,75	<3,75	<3,75	<3,75	<3,75	<3,75	<3,75	<3,75	<3,75	<3,75	<3,75	<3,75	<3,75	<3,75	<3,75	<3,75	<3,75	<3,75	<3,75	<3,75	<3,75
Cadmio	mg Cd/Kg	1,66	0,03	<2,31	<2,31	<2,31	<2,31	<2,31	<2,31	<2,31	<2,31	<2,31	<2,31	<2,31	<2,31	<2,31	<2,31	<2,31	<2,31	<2,31	<2,31	<2,31	<2,31
Níquel	mg Ni/Kg	18,30	16,10	12,70	19,00	11,60	19,00	11,50	23,60	11,50	19,70	20,10	21,30	14,30	19,30	13,20	27,90	12,90	12,00	16,20	15,10	13,20	13,20
Plomo "NA"	mg Pb/Kg	<4,80	<4,80	<4,80	<4,80	<4,80	<4,80	<4,80	<4,80	<4,80	<4,80	<4,80	<4,80	<4,80	<4,80	<4,80	<4,80	<4,80	<4,80	<4,80	<4,80	<4,80	<4,80
HPDD	(ug/g) peso seco	0,09	<0,07	1,00	0,15	<0,07	13,20	<0,07	0,12	<0,07	10,90	5,09	2,00	0,10	0,21	0,12	7,27	<0,07	<0,08	<0,09	0,10	0,18	0,10
Hidrocarburos Alifáticos	(ug/g) peso seco	8,29	5,00	2,51	6,76	35,58	61,26	2,03	3,70	5,27	2,24	36,86	3,13	1,00	58,70	1,25	*	0,58	*	1,50	0,61	*	*
Naftaleno	(ng/g) peso seco	<7,6	<7,6	<7,6	<7,6	<7,6	<7,6	<7,6	<7,6	<7,6	<7,6	<7,6	<7,6	<7,6	<7,6	<7,6	<7,6	<7,6	<7,6	<7,6	<7,6	<7,6	<7,6
Acenaftileno	(ng/g) peso seco	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50	<4,50
Acenaftaleno	(ng/g) peso seco	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20	<5,20
Fluoreno	(ng/g) peso seco	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00	<6,00
Fenantreno	(ng/g) peso seco	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50	<7,50
Antraceno	(ng/g) peso seco	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10	<7,10
Fluoranteno	(ng/g) peso seco	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70	<6,70
Pireno	(ng/g) peso seco	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Benzo(a) Antraceno	(ng/g) peso seco	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50	<5,50
Criseno	(ng/g) peso seco	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70
Benzo(b)Fluorante no	(ng/g) peso seco	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70
Benzo(k)Fluorante no	(ng/g) peso seco	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70	<5,70

Anexo C. (Continuación)

Parámetros	Unidades	PC		BC		BJ		ASI		DG				PY		PN		CD		BG		PD	
		Sd1	Sd2	Sd1	Sd2	Sd1	Sd2	Sd1	Sd2	Sd1	Sd2	Sd2 B1	Sd2 B2	Sd1	Sd2	Sd1	Sd2	Sd1	Sd2	Sd1	Sd2	Sd1	Sd2
Benzo(a) Pireno	(ng/g) peso seco	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40	<5,40
Indeno (1,2,3-cd) Pireno	(ng/g) peso seco	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30	<4,30
Dibenzo (a, h) antraceno	(ng/g) peso seco	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40	<4,40
Benzo(ghi) Perilene	(ng/g) peso seco	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70	<4,70