

# Análisis de Derrames de Petróleo en el Campo Ancón Mediante Sistemas de Información Geográfica

Mayorga-Mayorga, Henry Santiago<sup>1</sup> \* ; Reyes-Bueno, Fabián<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería en Geología y Petróleos, Quito, Ecuador

<sup>2</sup>Universidad Técnica Particular de Loja, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Loja, Ecuador

**Resumen:** La industria petrolera en el Ecuador inició en 1911 con la perforación del pozo exploratorio ANC001, ubicado en el bloque Gustavo Galindo Velasco (conocido como Campo Ancón); convirtiéndose en el primer campo petrolero con más de 100 años de producción. Esta industria ha traído beneficios económicos para el país, sin embargo, está atada a actividades que impactan sobre el medio ambiente como los derrames de petróleo. En esta investigación se analizan las operaciones que la empresa operadora efectúa, se determinan zonas con mayor probabilidad a la ocurrencia de derrames, se analizan causas y efectos, se identifican zonas vulnerables y se propone una alternativa para reducir los tiempos de respuesta. La herramienta empleada como metodología es Sistemas de Información Geográfica, software que ayuda al gerenciamiento de la prevención y control de los derrames, mediante mapas. Como resultados, se identificaron 297 derrames y 6 áreas con alta probabilidad a estos eventos. La mayoría de ellos se dan por falta de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos e instalaciones y el uso de mecanismos de extracción de crudo operados manualmente. Finalmente, con la alternativa sugerida usando rutas óptimas, se logra mejorar el tiempo de respuesta en un promedio de 20 minutos.

**Palabras claves:** derrames de hidrocarburos, petróleo, riesgo Ambiental, GIS.

## Analysis of Oil Spills in the Ancon Field Using Geographic Information Systems

**Abstract:** The oil industry in Ecuador started in 1911 with the drilling of an exploratory well ANC001, located in the Gustavo Galindo Velasco block (known as Ancon Field); becoming the first oil field with more than 100 years of production. The development of this industry has brought economic benefits for the development of the country; however, it is tied to activities that have caused serious impacts on the environment such as oil spills. In this investigation, operations carried out by the operating company are analyzed, areas with a higher probability of the occurrence of spills are determined, causes and effects are analyzed, vulnerable areas are identified and alternatives are proposed to reduce response times. The tool used as methodology is Geographic Information Systems, software that helps to manage the prevention and control of spills, through the generation of maps. As results, 297 spills and 6 areas with high probability of these events were identified. Most of them are due to the lack of preventive and effective maintenance of the equipment and facilities and the use of manually operated crude oil extraction mechanisms. Finally, with the suggested alternative using optimal routes, the response time can be improved by an average of 20 minutes.

**Keywords:** oil spills, environmental risk, oil, SIG.

### 1. INTRODUCCIÓN

El Ecuador posee una gran diversidad biológica, alto grado de endemismo de especies y una variedad de ecosistemas y recursos genéticos que lo definen como un país megadiverso (Revelo, 2002). Debido a la importancia ecológica que representa en el contexto mundial y por la necesidad del aprovechamiento de los recursos naturales en nuestra economía, se requiere la implementación de un marco institucional y jurídico adecuado; así como proyectos que

promuevan la explotación sustentable de los mismos (Cossio et al., 2016).

El desarrollo industrial impulsa mejoras en la calidad de vida de la población y una activación a nivel productivo de la sociedad; sin embargo, trae asociado posibles modificaciones que ocasionan el desequilibrio de los ecosistemas, contaminación y problemas socio-ambientales (Suárez y Molina, 2014). Una industria de gran impacto sobre el medio ambiente es la petrolera. A lo largo de la historia del país, se

\*mayorgamhs@hotmail.com

Recibido: 26/04/2021

Aceptado: 04/01/2022

Publicado: 01/02/2022

10.33333/rp.vol49n1.05

CC 4.0

han suscitado varios casos de desastres ambientales relacionados con la industria petrolera, especialmente derrames de hidrocarburos (Bravo, 2007).

Los derrames de petróleo provocan una seria afectación en el suelo, poniendo en riesgo la flora, fauna y microorganismos presentes; reduce su fertilidad y crecimiento de plantas para la sobrevivencia de animales. Además, representa un peligro latente para las personas que se radican dentro de su área de influencia ya que impacta sobre su salud, sistemas de producción y estilo de vida (Cavazos et al., 2014).

La explotación petrolera en el Ecuador inició en el Bloque Gustavo Galindo Velasco conocido como Campo Ancón en 1911. Desde allí, esta industria se ha ido expandiendo y se ha convertido en la principal fuente de ingresos económicos para el país. En la actualidad, la falta de liquidez generada por los bajos precios de los hidrocarburos a nivel internacional, evidencia la dependencia de nuestra economía al aprovechamiento de este recurso (Guillaume, 2002).

La empresa operadora actual Pacifpetrol S.A. inició su operación en el año 2002 en el Bloque Gustavo Galindo Velasco, dedicada a la exploración y explotación de crudo, tiene como prioridad la protección de la integridad de la vida humana y del ecosistema en toda su zona de influencia (Velastegui y Veloz, 2007).

Luego de cien años de producción petrolera en este bloque, las condiciones mecánicas de los pozos e infraestructura petrolera (como líneas de flujo y oleoductos); así como los procedimientos manuales empleados resultan obsoletos por la falta de mantenimiento y la falta de instalación de nuevas tecnologías, lo que ha ocasionado la generación de varios casos de desastres ambientales relacionados con sus actividades, en especial la ocurrencia de derrames de hidrocarburos (Espinel, 2017).

El Campo Ancón se encuentra rodeado de población urbana, misma que resulta vulnerable a impactos generados por derrames de petróleo. Además, se debe considerar el gran impacto ambiental al que se encuentra expuesto el ecosistema de la zona de análisis en caso de suscitarse estos eventos (Velastegui y Veloz, 2007).

Por ello, la empresa operadora ha invertido muchos recursos humanos, técnicos y financieros para tratar de solventar la problemática de los derrames, sin encontrar una salida clara (Espinel, 2017). Ante esta situación, se ha planteado la presente investigación como tema de estudio que se convertirá en una herramienta clave para afrontarlos de una forma inmediata, organizada y efectiva frente a estas emergencias.

Este trabajo de investigación pretende caracterizar las causas y efectos de los derrames de hidrocarburos ocurridos en el Bloque Gustavo Galindo Velasco e identificar las operaciones de exploración, producción y transporte de hidrocarburos que contribuyen a la generación de derrames. Además, se pretende identificar zonas más propensas y áreas vulnerables frente a nuevos siniestros. Finalmente, se presenta una alternativa para reducir los tiempos de respuesta ante derrames de petróleo en este campo.

Los resultados logrados en el presente proyecto serán de gran importancia para la operadora como para las empresas (estatales y privadas) involucradas en la industria petrolera debido a la falta de estudios similares en la zona de análisis. Además, esta investigación promoverá la conservación biológica y la prevención de la contaminación del suelo y agua, aspectos relevantes que se deben garantizar dentro de la legislación ambiental ecuatoriana.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Área de Estudio

El bloque Gustavo Galindo Velasco (Bloque 2) se encuentra ubicado en la península de Santa Elena, aproximadamente a 130 km. al oeste de la ciudad de Guayaquil (Figura 1). En él se han perforado, desde principios del siglo pasado, aproximadamente 2882 pozos, incluyendo los primeros pozos productores del Ecuador. El bloque comprende 1200 km<sup>2</sup> de los cuales 480 km<sup>2</sup> corresponde a la extensión costa afuera (40%).

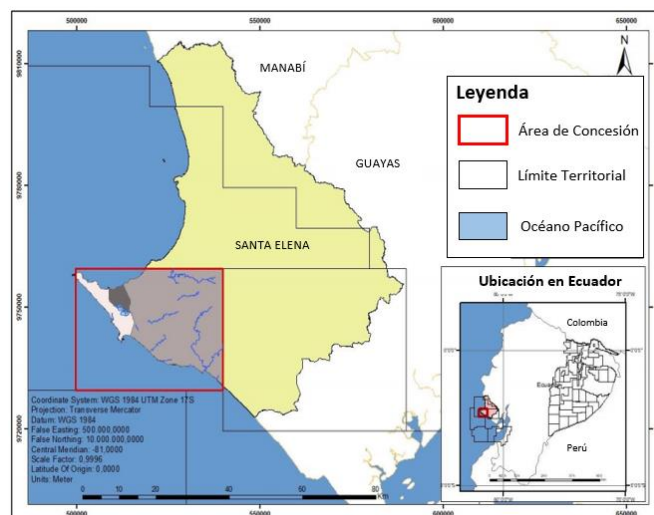


Figura 1. Mapa de ubicación del Campo Ancón

### 2.2 Adquisición de Datos

Para la identificación y registro de los derrames de hidrocarburos suscitados, se solicitó la base de datos histórica de los derrames de hidrocarburos ocurridos en el Bloque Gustavo Galindo Velasco a la empresa operadora. La información contenida dentro de la matriz de derrames fue número de evento, fecha de ocurrencia, ubicación geográfica, causa, consecuencias, área y tipo de vegetación afectada, infraestructura petrolera asociada, volumen de hidrocarburo derramado, volumen de suelo afectado, descripción detallada del suceso, medidas de remediación y acciones correctivas para evitar futuros eventos.

Los datos geográficos de los pozos e instalaciones petroleras (plataformas, tanques de recolección de crudo, tanques de almacenamiento, base de operaciones, centro de procesamiento de producción, centro de transferencia de crudo, oleoductos y piscinas de tratamiento de residuos sólidos) ubicados en el Bloque 2 se obtuvo de los departamentos de Geología y Medio Ambiente de la compañía

operadora. Igualmente, se nos facilitó los *shapefiles* de los límites del campo, áreas de división del bloque y rutas principales de las unidades de extracción y recolección de petróleo.

La información socio-económica de casas, escuelas, hospitales y población se descargó del portal web del Instituto Geográfico Militar (IGM). Mientras que las variables ambientales de áreas protegidas, ríos, lagos y océanos cercanos a la zona de estudio se obtuvo del Sistema Nacional de Información (SNI).

### 2.3 Procesamiento de Información

Con respecto a los derrames ocurridos, se tabularon todos los datos en Excel en una matriz de los incidentes ocurridos conforme lo establece la legislación ambiental ecuatoriana. A continuación, se realizaron tablas dinámicas y gráficos (pastel y en barras) para determinar las principales causas y efectos ocasionados por los derrames en el periodo de tiempo analizado.

Completada la fase de recopilación de datos geográficos, se realizó el procesamiento de los mismos y la carga de información en el programa de Sistemas de Información Geográfica ArcGIS versión 10.3.

Para la determinación de las áreas propensas a nuevos derrames de petróleo, se realizaron *buffers* de impacto a cada derrame, considerando un radio de afectación de 100 metros. Esto se realizó con el objetivo de identificar zonas con patrones de ocurrencia en las cuales han ocurrido varios derrames y así poder delimitar estas zonas. Se delimitaron las áreas proclives a la ocurrencia de derrames, mediante la herramienta de trazado y dibujo de un nuevo *shapefile* de tipo polígono.

Para la determinación de las zonas más vulnerables a los derrames de petróleo y cuya conservación es prioritario, se sobrepusieron las capas variables socio-económicas (casas, escuelas, hospitales y población) y *shapefiles* de parámetros ambientales (áreas protegidas, ríos, lagos y océanos) con los *shapefiles* de derrames e instalaciones petroleras.

Se solicitó a la empresa operadora y al Ministerio de Ambiente del Ecuador, el plan de contingencias ante derrames de petróleo del bloque Gustavo Galindo Velasco. En este documento, se analizaron los equipos, procedimientos, personal y recursos de contingencia para optimizar los tiempos de respuesta. Se revisaron los tiempos de respuesta que se establecen en el plan de contingencias de derrames del bloque considerando la ubicación de los equipos de contención de derrames y el tiempo de actuación del personal. Se analizaron las rutas óptimas en ArcGIS ubicando puntos estratégicos para la colocación de los equipos de contención de derrames en los cuales se pueden llegar a las zonas proclives a la ocurrencia de derrames en menores tiempos. Se lo presentó en un mapa. Finalmente, se emitieron las recomendaciones al plan para reducir los tiempos de respuesta con el fin de minimizar el impacto ambiental que futuros derrames puedan ocasionar.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Operaciones e infraestructura petrolera en el Bloque Gustavo Galindo Velasco

El ciclo de producción petrolera en el Bloque Gustavo Galindo Velasco comienza con la planificación del departamento de Ingeniería, ahí se establece la lista de los pozos a intervenir diariamente y la producción de crudo a recolectar de los tanques. Esta plantilla diaria se envía a los operadores de Producción, quienes distribuyen geográficamente sus visitas en las unidades de extracción y recolección para cumplir con la meta de producción de ese día.

La producción de petróleo es extraída por dos métodos: sistemas de levantamiento móviles y fijos. El sistema fijo es el mecanismo de producción por Bombeo Mecánico, cuya unidad está interconectada desde el pozo, llevando la producción del subsuelo hacia superficie por medio de tuberías y bomba. Esta producción se transporta hacia los tanques de almacenamiento ubicados a unos 300 metros en un arreglo de un conjunto de pozos, esto sin intervención humana. El 55% de la producción diaria del bloque se extrae por medio de balancines (Bombeo Mecánico). Otros sistemas de levantamiento fijos usados en el Bloque Gustavo Galindo Velasco son *Gas Lift*, *Plunger Lift* y Flujo Natural, cuya producción está igualmente interconectada. Sin embargo, el porcentaje de producción que se extraen por estos métodos es relativamente pequeña con apenas el 2% del total.

Cuando se llena la capacidad de los tanques de almacenamiento, unidades de recolección de crudo llevan la producción contenida hacia la Casa Bomba; que es el centro de procesamiento de producción del Bloque. En este lugar, se realiza una separación simple de los hidrocarburos ya que debido al alto grado API (crudo liviano), la separación del agua y crudo solamente se realiza por decantación física.

Mientras que el 40% de producción de crudo restante es extraída mediante sistemas de levantamiento de crudo móviles, es decir por *Swab* (SW) y Herramienta Local (HL). Ambos son métodos manuales que consisten en camiones pequeños adaptados para recuperar el petróleo por medio del pistoneo de los operadores en superficie; es decir son operados con intervención humana. Estas unidades de extracción de petróleo recorren el campo y visitan los pozos, recuperando el potencial de cada uno. Las visitas a cada pozo, tanto de sistemas móviles como fijos, no son diarias, sino que depende del potencial y ciclo de cada uno. Existen pozos visitados con frecuencia mensual, semanal y diaria.

Una vez cubierta la capacidad de recolección de cada unidad de extracción, estos mismos camiones transportan la producción hacia Casa Bomba. La fiscalización del volumen de producción por parte de los entes gubernamentales se realiza en los tanques de almacenamiento de 20.000 barriles. Un diagrama esquemático del proceso de producción y recolección de crudo en el Bloque Gustavo Galindo Velasco se presenta en la Figura 2.

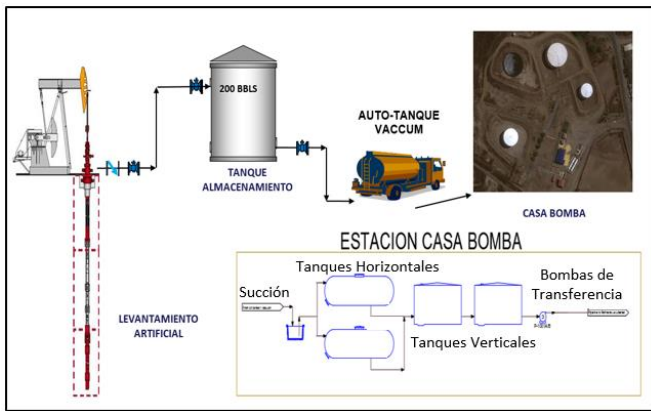


Figura 2. Diagrama de Procesos manejados por la empresa operadora

En la Figura 3, se puede observar la ubicación geográfica de las instalaciones petroleras existentes en el Bloque 2. En total existen: 2879 pozos perforados (activos en 2018 fueron 1338 pozos), 133 tanques de almacenamiento, aproximadamente 85 km de oleoductos y líneas de flujo, Casa Bomba y la Base de Operaciones.

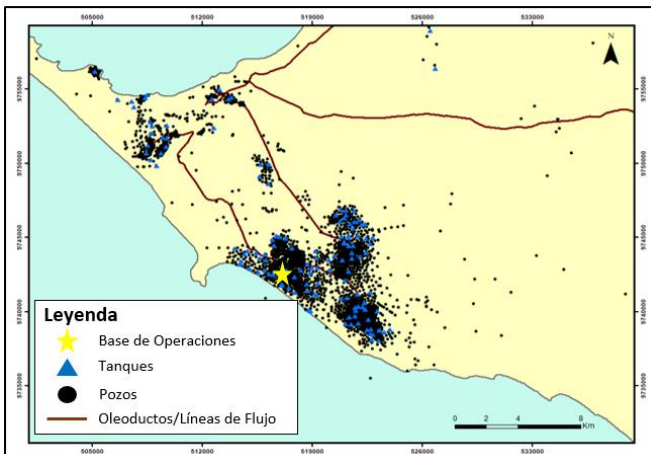


Figura 3. Instalaciones petroleras en la zona de estudio

### 3.2 Derrames de petróleo ocurridos en el Campo Ancón

Durante el período 2014 – 2018, en el Bloque Gustavo Galindo Velasco sucedieron un total de 297 derrames de hidrocarburos. La distribución del número de derrames por año se la presenta en la Figura 4. Los meses en los que suceden el mayor número de derrames corresponde a marzo, abril (temporada de lluvias) y en julio. Hay una tendencia a que los últimos meses del año hay un incremento significativo de incidentes, especialmente en diciembre que es una época festiva.

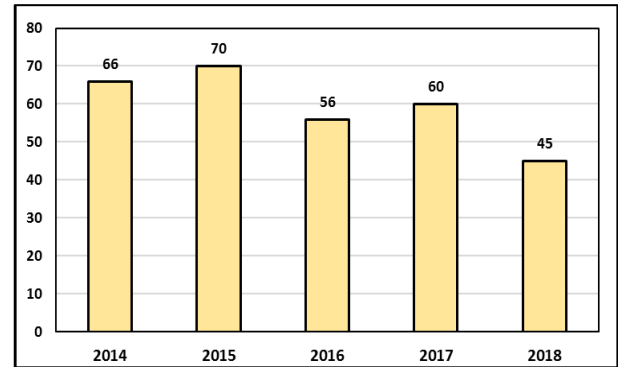


Figura 4. Número de derrames de petróleo ocurridos durante el período 2014-2018 por año

Con respecto al volumen derramado, la empresa operadora hace una distinción entre un incidente grave cuando el derrame supera los 5 barriles, mientras que un incidente es catalogado como moderado cuando el derrame es menor que 5 barriles. Del total de derrames ocurridos en la zona de estudio, el 98% corresponde a derrames menor a 5 barriles y un 2% son considerados incidentes graves.

En la Figura 5 se presenta la ubicación geográfica de los 297 derrames de hidrocarburos ocurridos. De ellos, la mayor parte ocurrieron en el cantón Santa Elena (73%), un 20% en Salinas y el 7% del total ocurrieron en La Libertad.

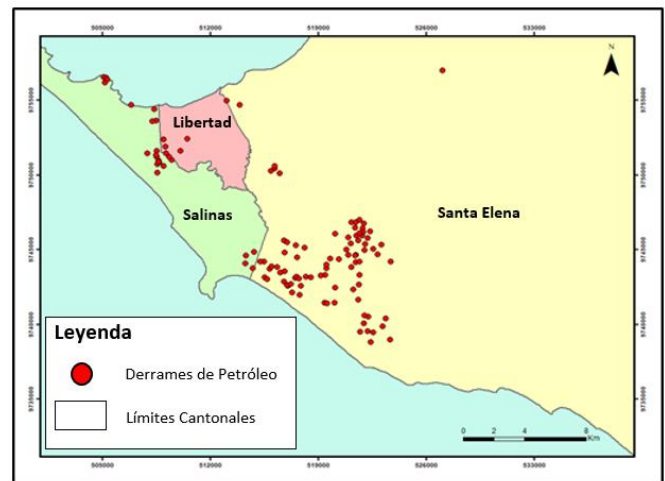


Figura 5. Ubicación geográfica de los derrames ocurridos

### 3.3 Causas de los derrames de petróleo ocurridos en el Bloque 2

Las principales causas de los derrames de hidrocarburos en el Bloque Gustavo Galindo Velasco son falla humana (47%), falla mecánica (34%), eventos cuya causa no ha sido establecida (14%) y otros (5%) que se asocian a condiciones climáticas y problemas de corrosión en los equipos, como se presenta en la Figura 6.

Con respecto a fallas humanas, un hecho importante es la profundidad del pozo. Se verificó que la mayor cantidad de derrames suceden en pozos profundos y medios (92%); cuya profundidad es mayor a 1000 pies. Esto se debe a que a mayor profundidad del pozo es más complicada su intervención y por ende mayor probabilidad a una mala práctica operativa.



Un aspecto importante asociado a fallas mecánicas para la ocurrencia de derrames en la zona de estudio, es la antigüedad de los pozos petroleros (condiciones mecánicas de tuberías, cabezales, herramientas, etc). La mayor cantidad de pozos en los que ocurrieron los derrames, fueron perforados entre 1920-1960 (82%). Muchos de ellos tienen casi 100 años de vida operativa y de producción.

La mayor cantidad de derrames de hidrocarburos suceden en los pozos petroleros con un 68%. El 14% del total de derrames suceden en oleoductos y líneas de flujo. En estaciones de producción y tanques de almacenamiento, suceden un 7% de derrames. Finalmente, el 4% del total se producen durante el transporte de fluidos de producción en tanqueros; como se visualiza en la Figura 6.

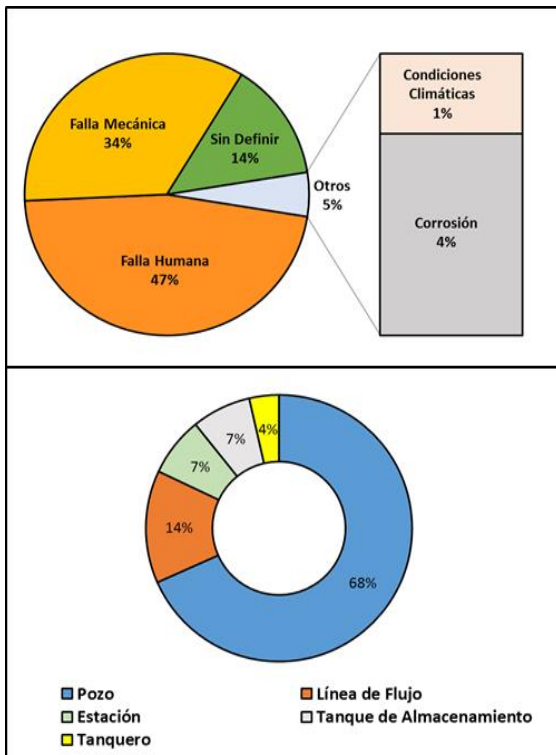


Figura 6. Causas de los derrames de hidrocarburos (superior) e instalaciones petroleras en las que se originaron (inferior)

### 3.4 Efectos generados por los derrames de petróleo

El efecto generado por los 297 derrames de hidrocarburos suscitados en el Bloque Gustavo Galindo Velasco en el periodo 2014 – 2018, dan como resultado un total de 1514 m<sup>3</sup> de suelo contaminado. En la Figura 7, se realiza una comparación entre el número de derrames con respecto al volumen de suelo contaminado. En el 2018, a pesar que el número de derrames totales es menor, existen 384 m<sup>3</sup> de suelo afectado. Esto se debe a que en este año ocurrió la mayor cantidad de incidentes ambientales de categoría grave.

Con el objetivo de remediar el suelo afectado por los derrames de hidrocarburos, la empresa operadora implementa planes de acción para intervenir de manera oportuna ante estas emergencias. Sin embargo, este tipo de sucesos traen consigo afectaciones al medio ambiente y su remediación incrementa los costos de operación de la empresa.

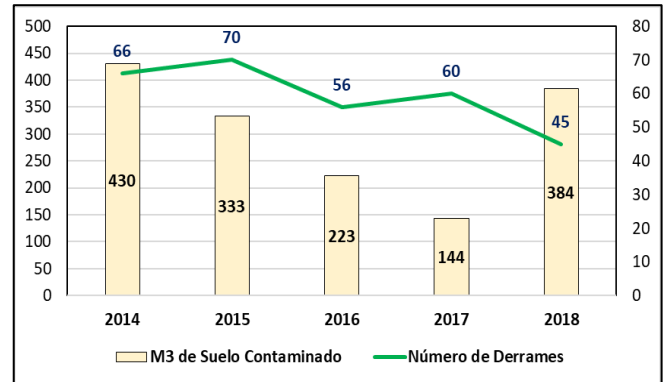


Figura 7. Volumen de suelo contaminado por los derrames

### 3.5 Zonas de alta probabilidad de ocurrencia de futuros derrames

Se realizaron *buffers* alrededor de cada derrame con un radio de impacto de 100 metros, simulando un área de afectación circular promedio de los derrames históricos. Como resultado se identificaron 6 áreas con alta probabilidad a la ocurrencia de derrames, representadas en la Figura 8. Estas 6 zonas proclives a derrames ocupan un área total de 109 km<sup>2</sup>, es decir representan el 16% del territorio continental del Bloque Gustavo Galindo Velasco. Además, al estar cerca del Océano Pacífico, representan un peligro muy alto.

Se determinó que cerca del 70% del total de derrames de hidrocarburos, sucedieron en los pozos y que existe un patrón de ocurrencia de derrames en zonas de mayor acumulación de pozos. Esto responde a que los pozos son las principales instalaciones petroleras que son intervenidas diariamente con métodos manuales operados por el ser humano y que se asocian a la generación de vertidos de hidrocarburos por su intervención misma y por la falta de un mantenimiento correctivo y preventivo de los equipos e infraestructura. Sumados al hecho de que, al ser el primer campo petrolero del país con más de 100 años de producción, muchos de los componentes han sobrepasado su vida útil.

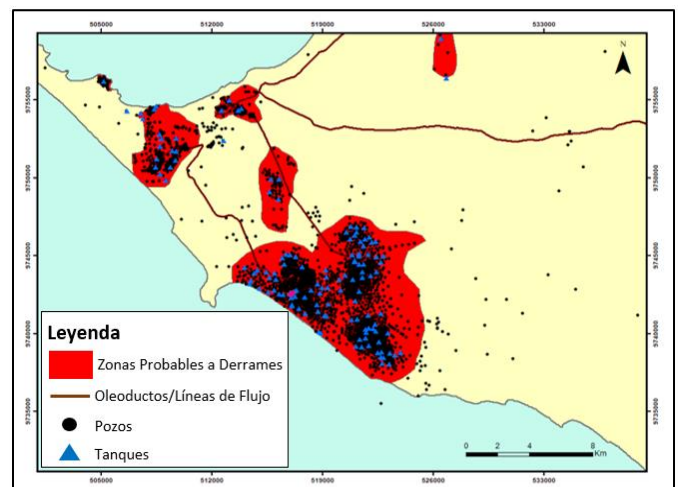


Figura 8. Zonas proclives a la ocurrencia de derrames

### 3.6 Áreas de conservación prioritaria ante los derrames

En la zona de estudio se identificó la presencia de variables ambientales y sociales, cuya conservación es prioritaria en el caso de la ocurrencia de un derrame (Figura 9); mismos que se detallan a continuación.

Dentro del territorio adjudicado para la operación petrolera del Bloque Gustavo Galindo Velasco, se encuentra una Reserva que pertenece al Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP). Corresponde a la Reserva de Producción de Fauna Puntilla de Santa Elena, cuya área ofrece hábitats y condiciones óptimas, tales como refugio, alimento, y buenas condiciones ambientales para una gran riqueza de especies de flora y fauna. Comprende 52.231 hectáreas de área marina y 203 hectáreas en tierra. Este ambiente encierra diversos ecosistemas como: arrecifes rocosos, playas de arena, playas mixtas (arena y roca), acantilados, matorral seco y matorral seco espinoso (Moscoco, 2015).

La fauna es rica y variada, con presencia de animales endémicos de la zona. Sobresalen la variedad de ecosistemas que propician la presencia de una abundante diversidad de animales. La vegetación se caracteriza por su enorme heterogeneidad que sirve de alimento y otras fuentes de uso para la población.

La provincia de Santa Elena alberga una población estimada de 308.000 habitantes fijos y unas 200.000 personas en épocas de alto turismo; según datos oficiales del último censo realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Igualmente, se identificó la presencia de 20 poblados a lo largo de la provincia con alta densidad de gente, cuya supervivencia podría ser afectada ante la ocurrencia de derrames.

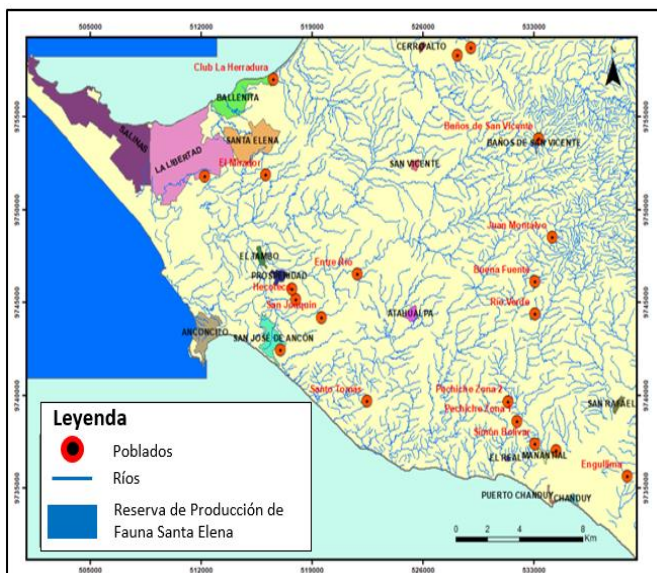


Figura 9. Zonas vulnerables a la ocurrencia de derrames

Se determinó la ubicación de varios ríos en los cantones de La Libertad, Santa Elena y Salinas, muchos de los cuales desembocan en el Océano Pacífico. Esta provincia está conformada por 44 unidades hidrográficas, siendo las cuencas de los ríos Javita y Zapotal las más grandes e importantes. En

ellas se provee agua de consumo humano para la población rural y urbana, así como agua destinada para riego en actividades agrícolas y ganaderas (Koupermann, 2014).

Se verificó que todos estos aspectos socio-ambientales previamente mencionados, podrían tener serias afectaciones en el caso de ocurrir derrames de hidrocarburos ya que las condiciones ambientales y climáticas favorecerían a un rápido esparcimiento de los compuestos químicos vertidos.

En consecuencia, el nivel de riesgo ante la ocurrencia de un derrame de hidrocarburos en el Bloque Gustavo Galindo Velasco es muy alto por las nefastas consecuencias que puede provocar sobre el medio ambiente y la población cercana, si no se toman las medidas para minimizar su impacto.

### 3.7 Mapa de rutas óptimas y tiempos de respuesta ante la ocurrencia de un derrame

En el Campo Ancón existen vías de tipo primaria, secundaria, caminos vecinales y rutas locales. Se observó que, para llegar a las zonas proclives a derrames (zonas en las que existen la mayor probabilidad de que se generen derrames), se podría viajar a través de las vías primarias y secundarias; esto para reducir el tiempo de respuesta en estas zonas.

Considerando que los equipos para la contención de derrames son vehículos pesados de carga cuyos límites de velocidad según la Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador en carreteras es 70 km/h y en zonas urbanas 50 km/h; se usó una velocidad promedio de 60 km/h para objeto de este análisis.

Para la determinación de las rutas óptimas se usó la herramienta Rutas de ArcGIS considerando las rutas de menor longitud y que se puedan alcanzar los puntos más lejanos en las zonas proclives a derrames. Además, se propuso que dentro de este análisis espacial se tenga como prioridad a las vías de primer y segundo orden para el transporte de los vehículos de contención de derrames.

La empresa operadora posee los equipos de contención de derrames y los vehículos pesados para atender estas emergencias se encuentran ubicados en la Base de Operaciones. A partir de este punto, se presenta en la Figura 10 las rutas óptimas para llegar a un determinado derrame de hidrocarburos en las zonas con alta probabilidad de ocurrencia.

Considerando una velocidad promedio de 60 km/h y la distancia de las rutas óptimas por las cuatro alternativas de rutas presentadas en la Figura 10, el tiempo de respuesta promedio calculado con esta propuesta es 20 minutos.

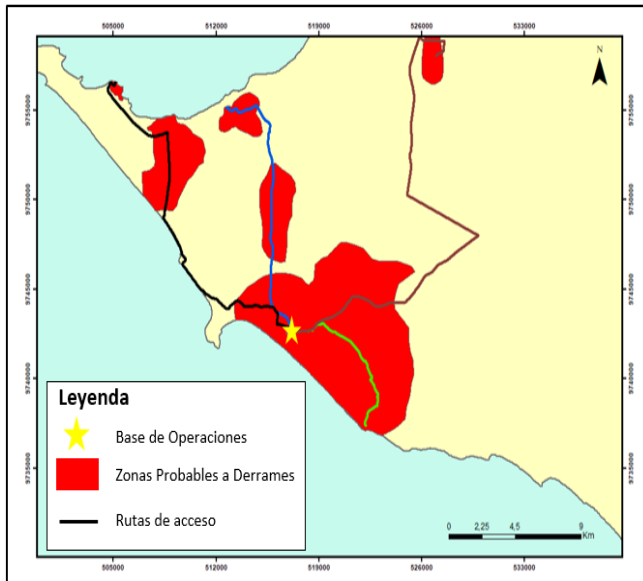


Figura 10. Rutas óptimas para alcanzar los derrames de zonas proclives

#### 4. CONCLUSIONES

El Campo Ancón es el primer bloque petrolero del Ecuador con más de 100 años de producción. La antigüedad de sus instalaciones petroleras combinado con la operación manual de la mayor parte de sus procesos diarios, lo convierten en una zona con alta probabilidad a la ocurrencia de derrames de hidrocarburos.

La zona de estudio presenta variables socio-ambientales altamente vulnerables a la ocurrencia de derrames de petróleo, que sumado a condiciones ambientales y climáticas favorecerían un rápido esparcimiento de los compuestos químicos vertidos. Por ello, se debería analizar la propuesta de rutas óptimas propuestas en esta investigación para reducir los tiempos de respuesta del plan de contingencias ante derrames.

Se recomienda realizar un estudio de pre-factibilidad técnica y económica para el cambio del equipamiento y componentes que han sobrepasado su vida útil y realizar un mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos de forma constante y más recurrente.

#### REFERENCIAS

- Bravo, E. (2007). Los impactos de la explotación petrolera en ecosistemas tropicales y la biodiversidad. *Acción ecológica*, 24(1), 35-42. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Cavazos, J., Pérez, B., & Gutiérrez, A. (2014). *Afectaciones y consecuencias de los derrames de hidrocarburos en suelo agrícolas de Acatzingo* (Tesis de Pregrado). Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Puebla, México.
- Cossio, N., Radice, M., Murillo, M., & Manjarrez, N. (2016). Biocomercio y biodiversidad en el Ecuador. *Revista Científica Ecociencia*, 3(6), 1-27. Quito: Universidad Estatal Amazónica. <https://doi.org/10.21855/ecociencia.36.15>
- Espinel, C. (2017). *Plan de Contingencia para derrames de hidrocarburos transportados por líneas de flujo en el Campo Gustavo Galindo* (Tesis de Pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.
- Guillaume, F. (2002). Sobre Bonanzas y Dependencia: Petróleo y Enfermedad Holandesa en el Ecuador. *Íconos. Revista de FLACSO-Ecuador*, 13, 102-110. Quito: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. <https://doi.org/10.17141/iconos.13.2002.628>
- Koupermann, J. (2014). *Determinación y mapeo de las áreas potencialmente incorporables al desarrollo sustentable, a partir de la implementación del Plan Hidráulico en la provincia de Santa Elena* (Tesis de Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Moscoso, M. (2015). *Diversidad y abundancia de peces arrecifales en Bajos 43 y 48 de la Reserva de Producción Faunística Marino Costera Puntilla de Santa Elena* (Tesis de Pregrado). Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad.
- Revelo, L. (2002). *La conservación y uso sustentable de la biodiversidad en el Ecuador*. Quito: Instituto de Altos Estudios Nacionales.
- Suárez, S., & Molina, E. (2014). El desarrollo industrial y su impacto en el medio ambiente. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, vol.52, n.3, pp.357-363. La Habana.
- Velastegui, L., & Veloz, C. (2007). *Elaboración del plan de contingencias para las operaciones hidrocarburiíferas desarrolladas en el Campo Gustavo Galindo Velasco* (Tesis de Pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.

## BIOGRAFÍAS



**Henry Santiago Mayorga Mayorga**, nació en Quero-Ecuador el 5 de septiembre de 1993. Culminó sus estudios secundarios en el Colegio Bolívar de Ambato. Se graduó de Ingeniero en Petróleos en la Escuela Politécnica Nacional a inicios del 2017. Culminó también una segunda carrera de pregrado en la Universidad Técnica Particular de Loja como Ingeniero en Gestión Ambiental. Actualmente labora como Ingeniero de Reservorios en Grupo Petrogas y está estudiando un MBA en el Tecnológico de Monterrey.



**Fabián Reyes Bueno**, PhD en Ingeniería para el desarrollo rural por la Universidad de Santiago de Compostela-España. Ingeniero Forestal por la Universidad Nacional de Loja. Docente universitario en la UTPL de la materia de Cartografía, Sistemas de Información Geográfica, y, Ordenación Territorial. Experiencia de 19 años en Sistemas de Información Geográfica, Temas de interés: SIG, Planificación y ordenación territorial, administración de tierras, catastro y valoración de tierras.