
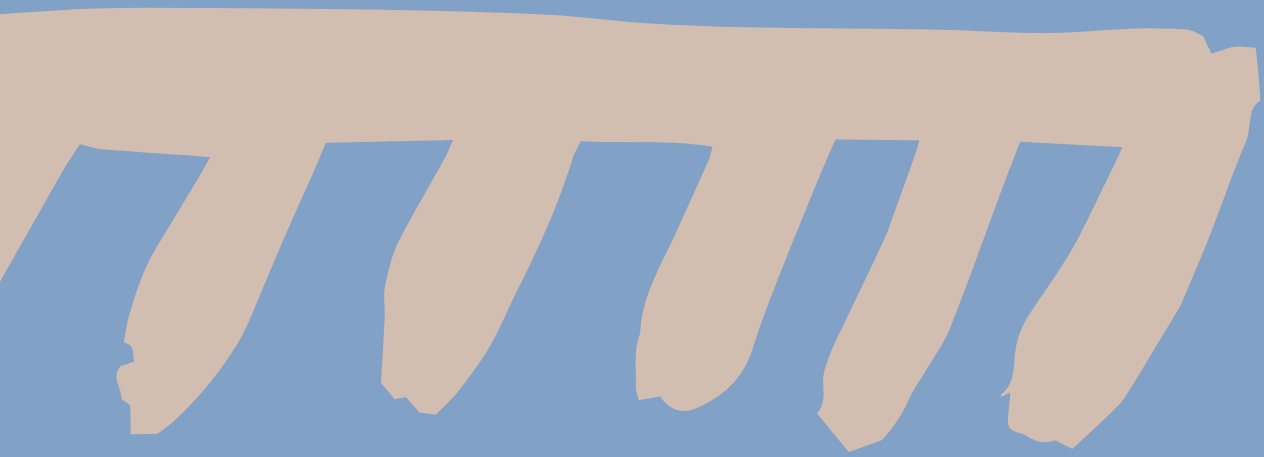




# Neo-colonialismo petrolero en la Selva Ecuatoriana

Impactos socioambientales de 24 años de actividad extractiva de la empresa Repsol en el Parque Nacional Yasuní

  
medicusmundi



# Neo-colonialismo petrolero en la Selva Ecuatoriana

## Impactos socioambientales de 24 años de actividad extractiva de la empresa Repsol en el Parque Nacional Yasuní

### Equipo investigador:

Cinta Eugenio<sup>a</sup>, Jacid Montoya-Torres<sup>a,f\*</sup>, Ortzzi Akizu-Gardoki<sup>a</sup>, Leire Urkidi<sup>b,c</sup>, Unai Villalba-Eguiluz<sup>d,g</sup>, Carlos Larrea<sup>e</sup>, Sylvia Pappuccio<sup>e</sup>, Angélica Calle<sup>e</sup>, Dania Quirola<sup>e</sup>

### Afiliaciones de las personas investigadoras:

<sup>a</sup> Life Cycle Thinking Group, Department of Graphic Design and Engineering Projects. University of the Basque Country (UPV/EHU), Plaza Ingeniero Torres Quevedo 1, 48013 Bilbao, Biscay, Basque Country.

<sup>b</sup> Ekopol: Transition Pathways Research Group. University of the Basque Country (UPV/EHU), Barrio Sarriena, s/n, 48940 Leioa, Biscay, Basque Country.

<sup>c</sup> Department of Geography, Prehistory and Archeology. University of the Basque Country (UPV/EHU), Tomás y Valiente, s/n, 01006 Vitoria-Gasteiz, Basque Country, Basque Country.

<sup>d</sup> Hegoa Institute for International Cooperation and Development Studies, Avda. Lehendakari Agirre, 81, 48015 Bilbao, Basque Country.

<sup>e</sup> Universidad Andina Simón Bolívar (UASB), Área de Ambiente y Sustentabilidad. Ecuador, Quito.

<sup>f</sup> GLP: Grupo de Investigación en Producción, Universidad Católica de Colombia, Diagonal 46A # 15B - 10 Bloque O Piso 4, Bogotá D.C. 111311, Colombia.

<sup>g</sup> Applied Economics Department, University of the Basque Country, UPV/EHU, C/ Comandante Izaola, 23, 01006, Vitoria-Gasteiz, Basque Country.

### Artículo científico original:

Eugenio, C., Montoya-Torres, J., Akizu-Gardoki, O., Urkidi, L., Villalba-Eguiluz, U., Larrea, C., Pappuccio, S., Calle, A., Quirola, D. (2024). Environmental impacts of oil extraction in the Yasuní Reserve of the Amazonian Forest: combined qualitative and Life-Cycle Assessment. *Journal of Total Science of The Total Environment*. Volume 950, 10 November 2024, 175189

### Autorización de uso:

Se autoriza su reproducción total o parcial para uso no comercial, siempre que se haga referencia al documento.

ISBN: 978-84-09-66040-7

Depósito legal: LG G 630-2024

Ilustraciones y maquetación: Komunika, Aiaraldea Koop. Elk.



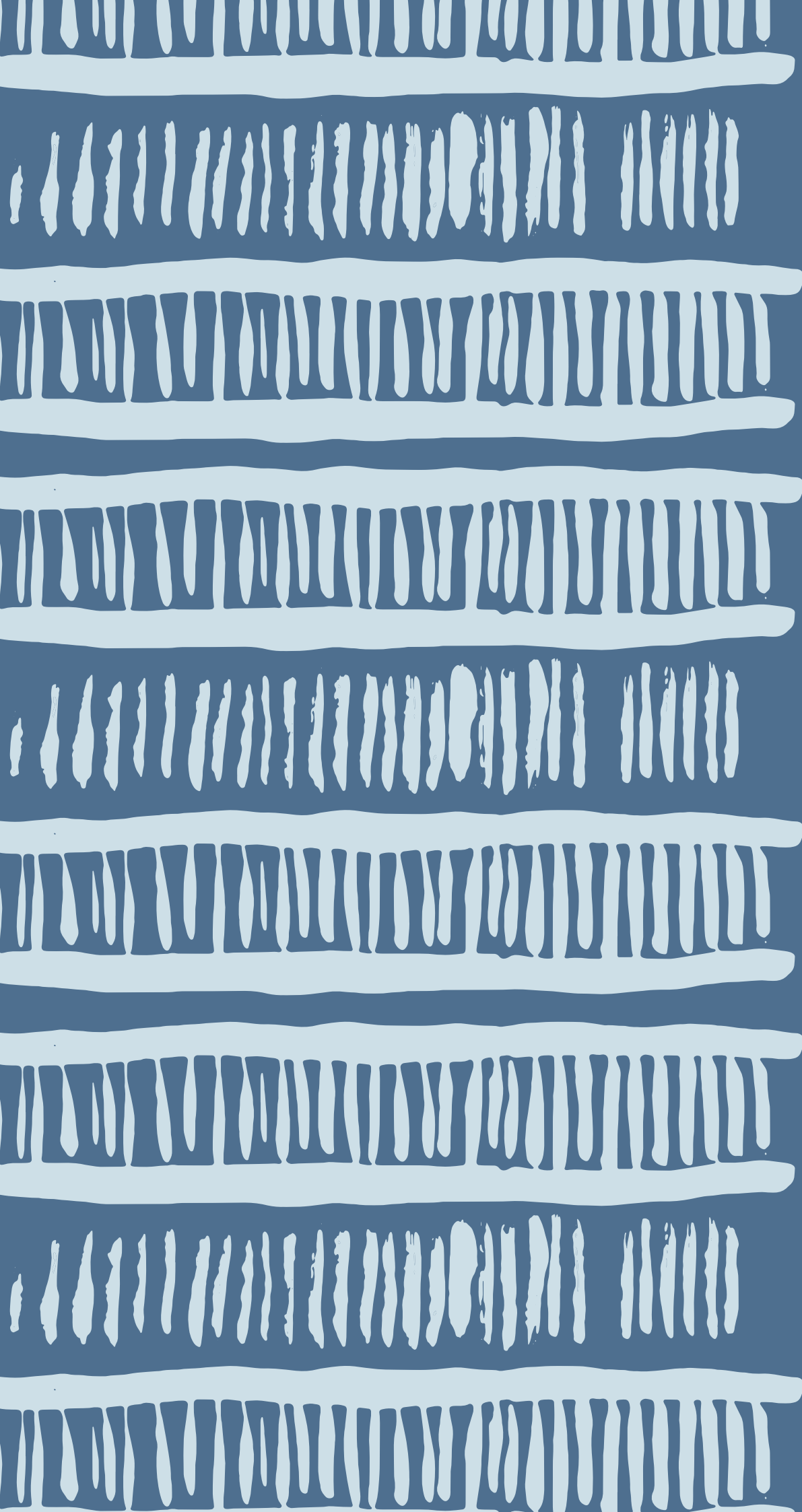




# Índice

1. Introducción	7
1.1. El Parque Nacional Yasuní	8
1.2. Contexto histórico y económico de la explotación petrolera en el PNY	8
1.3. ITT-Yasuní y Yasunidos: renunciar a la extracción del crudo	13
2. Metodología de investigación: Análisis de Ciclo de Vida y Estudio cualitativo socio-ambiental	16
2.1. Características del proceso extractivo petrolero en los bloques 16 y 67 del PNY	16
2.2. Metodología de análisis cualitativo e impactos socioambientales locales	17
2.3. Metodología del Análisis de Ciclo de Vida e impactos ambientales globales	18
3. Impactos socioambientales locales de la extracción de petróleo	24
4. Evaluación de impactos ambientales globales en el ciclo de vida del petróleo	32
4.1. Análisis de impactos del ciclo de vida de la extracción y producción de petróleo	32
4.2. Desempeño ambiental de diferentes derivados del petróleo en la fase de consumo	39
5. Conclusiones	45
6. Referencias bibliográficas	48





# 1. INTRODUCCIÓN

En 1999 la empresa Repsol adquiere la explotación petrolera en los Bloques 16 y 67 del Parque Nacional Yasuní (PNY), en la provincia de Orellana de la selva amazónica del Ecuador. Es una región caracterizada por su gran biodiversidad en términos de flora y fauna y por la existencia de pueblos indígenas, algunos aislados de forma voluntaria. Tras 24 años de explotación de hidrocarburo, en 2022, la multinacional finaliza sus contratos sin una clara estimación del reparto económico de los ingresos derivados de la actividad petrolera ni de los impactos socioambientales generados.

Mundialmente se reconoce la importancia del petróleo para el desarrollo industrial, con un creciente consumo desde los primeros años del siglo XX (Suleiman, 2013) asociado al crecimiento económico que experimentan los países del G-20 (Pradhan et al., 2015). Sin embargo, los yacimientos de petróleo son, por definición, fuentes no renovables, por lo que la disponibilidad del compuesto de hidrocarburos es finita: a esto se le conoce como el espectro del pico del petróleo, es decir, el momento en el cual la producción de los yacimientos alcanza un punto máximo y no puede proporcionar suficiente crudo para satisfacer la demanda energética (Prior et al., 2012).

Toda extracción petrolera implica perjuicios, pero, a medida que nos acercamos al pico del petróleo, la actividad genera cada vez más impactos ambientales y sociales (Prior et al., 2012). Los yacimientos de mala calidad generan grandes cantidades de agua de formación, que hay que tratar o desechar en el medio, y llegar hasta los lugares remotos de extracción implica abrir carreteras, construir nueva infraestructura industrial y proveer servicios básicos para las personas trabajadoras. Cuando esto sucede en zonas con poblaciones indígenas o pueblos en aislamiento voluntario, como es el caso del Parque Nacional Yasuní, el impacto socio-cultural es catastrófico (Wassestorm et al., 2018).

Se denomina extractivismo al modelo económico que basa parte de sus ingresos en la extracción y exportación de materias primas, sin fomentar la industrialización o la elaboración de productos más rentables económicamente a partir de esas materias primas (Gudynas, 2009). Esta ha sido la pauta seguida en muchos países del Sur Global porque las economías del Norte importan materias primas de bajo precio para después exportar manufacturas mucho más caras, en una relación de dependencia total entre Centros y Periferias, concepto que se refiere a las desigualdades sociales y económicas y la inequidad en la distribución espacial a nivel mundial, como lo describe Wallerstein (2005) en el Análisis de Sistemas-Mundo.

De esta forma, las economías del Norte Global tienen una gran deuda ecológica, entendida como la obligación contraída por parte de los países enriquecidos a consecuencia del expolio continuado de los recursos naturales de los países empobrecidos y del aprovechamiento exclusivo del espacio ambiental global como sumidero de sus residuos (Russi et al., 2003). En este vínculo Norte-Sur se pueden distinguir varios grupos deudores: grandes transnacionales, gobiernos del Norte, entramado de poderes financieros y personas consumidoras (Garmendia et al., 2016). La deuda ecológica es histórica, se remonta al inicio de las colonias, pero se ha perpetuado en el actual sistema económico mundial (Urkidi Azkarraga, 2014).

Cuando nos centramos en el sector energético, esta deuda viene a llamarse Deuda Energética y se refiere a la importación de recursos desde el Norte Global; es decir, la energía que se consume en países

diferentes a los que la producen (Akizu et al., 2017). Esta deuda es difícil de medir y cuantificar, pero hay maneras de aproximarse a su cálculo.

Este libro aborda los impactos deslocalizados del consumo energético en el Norte Global y la responsabilidad de la deuda corporativa de empresas extractoras y comercializadoras. Así, analiza la deuda socioambiental contraída por la empresa española Repsol en la Amazonía Ecuatoriana, a partir del estudio de los impactos de la extracción de petróleo en el Parque Nacional Yasuní. El proceso de investigación científica se ha llevado a cabo siguiendo una doble metodología: un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) del petróleo, y un estudio cualitativo de los impactos socio-culturales en la región, generando un análisis de las responsabilidades a asumir por parte de las personas consumidoras finales del petróleo extraído, los gobiernos involucrados y las empresas extractoras y comercializadoras del oro negro.

El primer apartado proporciona una breve descripción del PNY y contextualiza las implicaciones de la explotación petrolera a lo largo de 24 años (1999-2022) desde el punto de vista histórico y económico. El segundo capítulo explica la metodología empleada para estudiar los impactos de la actividad petrolera. En el tercer y cuarto capítulo se exponen los resultados de la investigación: por un lado, se ofrecen datos cualitativos referentes a la transformación de los hábitos, forma de vida y prácticas de subsistencia de la comunidad indígena Waorani desde la llegada de la empresa Repsol a la región. Por otro lado, se identifican y analizan los impactos ambientales derivados de la extracción de petróleo, dando a conocer los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero, el consumo de recursos naturales y la generación de residuos, entre otros impactos identificados desde que ocurre la extracción del petróleo hasta el consumo de sus productos derivados. El libro finaliza con las conclusiones del estudio.

## 1.1 EL PARQUE NACIONAL YASUNÍ

En la cuenca amazónica, a 250 km al sureste de Quito, se ubica el Parque Nacional Yasuní, conformado por el área protegida de los bosques tropicales rodeados por las provincias de Pastaza y Orellana, el río Napo y el río Curaray. Es una zona de gran importancia para la conservación de la biodiversidad, con una amplia variedad de especies vegetales y animales. Es también zona natural declarada reserva de la biosfera en 1989 por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).

La reserva de la biosfera Yasuní está conformada en la parte noroccidental por los pueblos indígenas de las comunidades Kichwas y, en la parte centro norte, por la reserva étnica Waorani, específicamente en las provincias de Orellana, Pastaza y Napo. En la zona sur se encuentra la Zona Intangible de Conservación (Robert et al., 2018), un sector establecido en 1999 que, junto con la reserva étnica Waorani, fue declarada área libre de cualquier actividad extractiva, porque está habitada por comunidades étnicas (como las Tagaeri y Taromenane) que han elegido vivir en aislamiento voluntario (Urkidi et al., 2015).

## 1.2. CONTEXTO HISTÓRICO Y ECONÓMICO DE LA EXPLOTACIÓN PETROLERA EN EL PNY

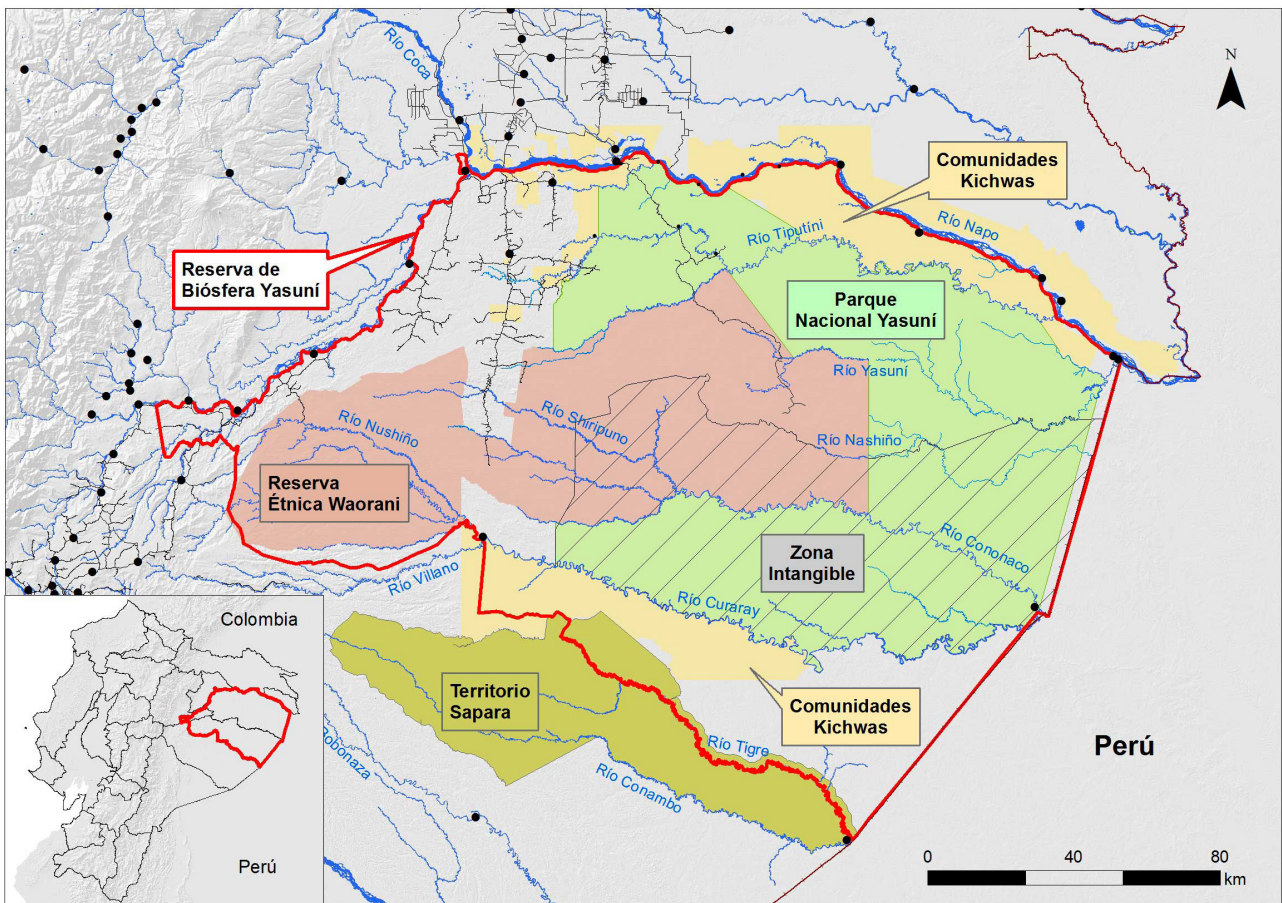
Históricamente, Ecuador ha sido altamente dependiente de la explotación de productos primarios, destacándose el petróleo crudo como su principal producto de exportación (Parra, 2019). Especialmente en las décadas de los 80 y 90 del siglo XX y los primeros años del siglo XXI, las exportaciones petroleras representaron entre el 26% y el 34% de los ingresos totales del sector público no financiero (Rentería, 2020), configurando así una economía fuertemente orientada hacia la extracción. El país exporta grandes volúmenes de productos primarios basados en recursos naturales con un valor económico agregado relativamente bajo, mientras que importa productos con un valor económico más alto (Samaniego et al., 2017; Vallejo, 2010; Villalba-Eguiluz y Etxano, 2017).



La extracción de petróleo en la Amazonía ecuatoriana se inicia con la exploración de las áreas correspondientes a Yasuní en 1948 (Diario el Universo, 2013) y el descubrimiento de grandes yacimientos de petróleo en los 60. En 1967, la compañía Texaco perforó el primer pozo comercial en la Amazonía, y para el año 1990 esta empresa extraía la mayoría del petróleo nacional. 1972 marcó un importante hito en la gestión estatal del petróleo, al establecerse la Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana. Las exportaciones petroleras continuaron creciendo hasta 1983, llegando a representar el 62% de las exportaciones totales y el 12.7% del PIB.

En el período comprendido entre 1985 y 1997, el gobierno ecuatoriano llevó a cabo procesos de licitación y adjudicación de bloques petroleros. Cinco de ellos (14, 16, 31, 43 y 67) pertenecen específicamente al Parque Nacional Yasuní.

Repsol inició la explotación de los bloques 16 y 67 en 1999. Dicha zona, que cubre un 50% del Parque Nacional Yasuní, está bajo la gestión de Petroecuador, empresa pública del Ecuador, desde la salida de Repsol en 2022.



**FIGURA1:**  
**MAPA DE RESERVA DE LA BIOSFERA DECLARADA POR LA UNESCO**

Recuperado de Paisajes Yasuní (WCS Ecuador, 2007)

La actividad de Repsol en Ecuador se ha caracterizado por su opacidad y falta de transparencia, lo que han dado origen a numerosas controversias y disputas por cuestiones relacionadas con la fiscalidad y beneficios. En un intento por aportar algunas luces en ese sentido el estudio incluye una estimación de las ganancias y los ingresos obtenidos por cada actor.

Tabla 1. Actividad de extracción de petróleo en los Bloques 16 y 67 durante 1999-2022.  
Fuente: elaboración propia

Año	Barriles por día	Barriles por año (miles)	Precio internacional del barril (€)	Precio acordado por contrato del barril (€)	Ingresos totales estimados de Repsol (millones € por año)
1999	45,220	16,505	15.31	--	252.70
2000	40,970	14,954	26.48	--	395.98
2001	33,609	12,267	21.71	--	266.32
2002	28,049	10,237	20.99	--	214.89
2003	32,550	11,880	20.15	--	239.40
2004	50,962	18,601	21.15	--	393.41
2005	52,744	19,251	33.59	--	646.66
2006	59,442	21,696	36.94	--	801.46
2007	64,153	23,415	38.74	--	907.13
2008	54,064	19,733	57.23	--	1,129.34
2009	44,810	16,355	34.94	--	571.47
2010	44,835	16,364	52.16	--	853.59
2011	46,225	16,872	73.53	27.81	1,240.61
2012	43,518	15,884	72.42	27.23	1,150.32
2013	37,959	13,855	67.3	26.05	932.44
2014	32,700	11,935	67.54	29.59	806.12
2015	28,408	10,368	35.73	32.97	370.48
2016	25,108	9,164	30.05	34.33	275.39
2017	21,474	7,838	36.42	30.12	285.46
2018	19,893	7,260	49.77	31.47	361.38
2019	17,928	6,543	46.07	32.07	301.47
2020	13,592	4,961	26.11	29.46	129.53
2021	15,186	5,542	52.83	31.61	292.83
2022	15,255	5,568	76.61 3	3.6	426.57

En la explotación de los bloques entre 1999 y 2010, Repsol tuvo un "contrato de participación" con el Estado, lo que significa que la empresa podía vender por sí misma la mayor parte del petróleo extraído (entre el 81.5% y el 87.5%) en los mercados internacionales, según el Observatorio de Transnacionales de Barcelona (2002). No hay establecido un pago al Estado por cada barril extraído, sino que existe un contrato fijo de explotación más la entrega de un porcentaje. A partir del año 2011, modifica la modalidad contractual, y se acuerda un "contrato de prestación de servicios": El Estado ecuatoriano es propietario del 100% del petróleo extraído y lo vende al mercado internacional, pero paga un precio fijo anual a la empresa (de promedio USD 30.52 por barril) por la extracción, independientemente del precio internacional del petróleo.

Para el primer período de explotación (1999-2010), estimamos que los costos de extracción y operación ascendieron a 16 dólares por barril (en base a costes máximos de extracción). Para el segundo período (2011-2022), asumimos que los costos de operación por barril eran de 21.46 dólares, según lo declarado públicamente por Petroecuador, en información presentada para el Bloque 43, destacado por su cercanía y similitud con los Bloques 16 y 67 (Larrea, 2023). Partiendo de esos datos, ha sido posible obtener la ganancia bruta de la empresa para cada período, multiplicando el número de barriles por cada precio correspondiente (precios de los mercados internacionales o precios del contrato fijo) y restando los costos de la empresa para cada período.

Posteriormente, a las ganancias brutas de Repsol se descontó un porcentaje estimado de impuestos aplicados por el Estado ecuatoriano obteniendo así la ganancia neta anual de la compañía.

En lo que respecta a los ingresos obtenidos por el Estado ecuatoriano, en el primer período contemplamos su participación en las ventas de petróleo (18.5% - 12.5%) y los precios internacionales mientras que, para el segundo período, se considera la diferencia entre los precios internacionales y el precio fijo del contrato por barril, en ambos casos sumando también los impuestos pagados por la empresa.

La Tabla 2 resume los resultados de este procedimiento.

Tabla 2. Ganancias e ingresos de Repsol y el Estado ecuatoriano derivados de la actividad petrolera en los Bloques 16 y 67 entre 1999 y 2022 (en millones de € y porcentajes respectivamente).

Año	Utilidad neta estimada de Repsol (millones €)	Ingreso estimado del Estado (millones €)	Total (millones €)	Participación de Repsol
1999	4.47	39.66	44.14	10.14%
2000	103.36	72.86	176.22	58.65%
2001	36.68	45.35	82.04	44.72%
2002	32.29	36.89	69.19	46.67%
2003	54.12	43.12	97.24	55.66%
2004	116.66	73.94	190.60	61.21%
2005	302.87	133.88	436.75	69.35%
2006	399.98	168.66	568.65	70.34%
2007	481.89	194.14	676.04	71.28%
2008	695.51	252.32	947.84	73.38%
2009	291.42	120.95	412.38	70.67%
2010	499.43	187.79	687.23	72.67%
2011	170.36	790.32	960.68	17.73%
2012	158.89	735.46	894.35	17.76%
2013	131	586.08	717.08	18.26%
2014	127	467.06	594.06	21.37%
2015	125.23	42.53	167.77	74.64%
2016	115.46	-26.4	89.06	129.63%
2017	84.51	58.77	143.29	58.98%
2018	83.91	142.2	226.11	37.11%
2019	75.88	100.04	175.93	43.13%
2020	54.39	-10.58	43.81	124.14%
2021	63.76	124.7	188.47	33.83%
2022	68.81	247.13	315.94	21.78%
Total	4,277.88	4,626.87	8,904.75	---
Promedio	---	---	---	48.04%



En la explotación de los bloques entre 1999 y 2010, Repsol tuvo un "contrato de participación" con el Estado, lo que significa que la empresa podía vender por sí misma la mayor parte del petróleo extraído (entre el 81.5% y el 87.5%) en los mercados inter Como se puede observar en la Tabla 2, las ganancias netas de la empresa disminuyen constantemente durante la última década (de 499 a 68 millones de €).

Además, hay una considerable fluctuación en la participación de Repsol (que varía entre el 10.14% y el 129.63%). El primer contrato en vigor hasta 2010 fue mucho más rentable para Repsol que el segundo, cuando los resultados se ven afectados significativamente por la brecha entre los precios del mercado internacional y el precio fijo del contrato En lo que respecta a los ingresos del Estado ecuatoriano, ha habido dos años (2016 y 2020) en los que incluso tuvo pérdidas, ya que el precio fijo por barril que tenía que pagar a Repsol (34.33 y 29.46 €, respectivamente) fue más elevado que lo que obtuvo con su venta en los mercados internacionales (30.05 y 26.11 € por barril, respectivamente).

Cabe señalar que pese a la existencia de la industria extractiva, Ecuador no ha conseguido reducir su dependencia energética. En 2021, se extrajeron a nivel nacional 473 mil barriles de petróleo por día; aproximadamente el 78% por la empresa nacional Petroecuador y el restante, por compañías privadas (Banco Central del Ecuador, 2022). Pese a este volumen, los derivados del petróleo producidos en el país suponen sólo el 7% del suministro eléctrico nacional (Ministerio de Energía y Minas, 2024). Así, por ejemplo, el 35% de los derivados más consumidos (diésel, nafta de alto octanaje y gas licuado de petróleo) en el transporte se importan debido a la limitada capacidad de refinación en Ecuador (Banco Central del Ecuador, 2022).

## 1.3. ITT-YASUNÍ Y YASUNIDOS: RENUNCIAR A LA EXTRACCIÓN DEL CRUDO

A propuesta de los movimientos sociales e indígenas, nace en 2007 el proyecto ITT Yasuní, que debe su denominación a los campos que lo conforman: Ischipingo, Tambococha y Tiputini (zona declarada libre de extracción petrolera en el Bloque 43). La iniciativa propone renunciar a la extracción petrolera en estas zonas, y conservar su invaluable patrimonio natural y social. Es una propuesta liderada por las comunidades indígenas y mestizas de la Amazonía, y apoyada por grupos ecologistas y organizaciones no gubernamentales (Yasunidos, 2023). Con ella el Estado se compromete a mantener una parte de sus reservas de petróleo sin extraer, bajo tierra, a cambio de una compensación internacional equivalente a, por lo menos, el 50% de los beneficios que obtendría si decidiera explotar esas reservas (Espinosa, 2013). El propósito de estos fondos sería poner en marcha la transición hacia un modelo de sociedad no dependiente de los combustibles fósiles.

El proyecto ITT-Yasuní estableció un precedente en términos de transición energética y abogó por un cambio desde un modelo extractivista hacia un sistema de generación de energía sostenible, incorporando el potencial de energías renovables (energía hidroeléctrica, geotérmica, eólica, solar, mareomotriz y de biomasa) (Vallejo et al., 2015), asegurando el respeto a las comunidades indígenas, la preservación de la biodiversidad y la contribución significativa para combatir el cambio climático.

La invaluable naturaleza de la diversidad biológica y cultural del PNY complica la estimación de un valor económico concreto (Rival, 2010) y la comparativa de los impactos ambientales de la explotación petrolera versus los beneficios de evitarla, pero se estima que a largo plazo los beneficios socio-ambientales son mucho más importantes. Para compensar parte de los ingresos económicos que se derivarían de la actividad petrolera, y gestionar adecuadamente la iniciativa, se establecieron los Certificados de Garantía Yasuní y los bonos de carbono, mecanismos que se enfocan en el cálculo del valor de las emisiones de carbono relacionadas con la explotación de combustibles fósiles que se estarían ahorrando, considerando la preocupación mundial por el cambio climático y la responsabilidad de los países industrializados en estas emisiones.

La falta de interés de la comunidad internacional en asumir corresponsabilidad y promover un cambio de paradigma hacia el desarrollo sostenible fue una de las principales razones del fracaso de la iniciativa ITT; fue percibida erróneamente como una demanda local a pesar de su importancia ambiental para todo el planeta (Becerra, 2016). Además, la discrepancia entre el discurso de preservación ambiental de los países del norte y las acciones de las empresas multinacionales evidenció la falta de coherencia de las políticas ambientales proyectadas y la necesidad de una acción más concertada a nivel global para proteger este ecosistema.

Después del fracaso de la iniciativa ITT, el bloque 43 fue explotado hasta que se efectuó el referéndum Yasunidos, una votación que tuvo lugar en agosto de 2023 y en la que el 59% de la población votó a favor de suspender la extracción de petróleo de dicho bloque (Rosero, 2023). Sin embargo, pese al resultado, la actividad no se ha detenido.



## 2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN: Análisis de Ciclo de Vida y Estudio cualitativo socioambiental

Para el cálculo de impactos, el estudio combina dos metodologías complementarias. Por un lado, el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), que cuantifica las cargas ambientales globales de todas las etapas del ciclo de vida de los derivados del petróleo, es decir, desde la extracción de crudo hasta su consumo y fin de vida. Por otro lado, un análisis cualitativo de las implicaciones sociales y culturales locales percibidas en esta región.

El informe se divide en tres capítulos. El primero corresponde a la descripción del alcance de la investigación realizada en el área del PNY; el segundo describe las estrategias desarrolladas para realizar el análisis socioambiental; el último apartado hace alusión al procedimiento realizado para la identi-

### 2.1. CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO EXTRACTIVO PETROLERO EN LOS BLOQUES 16 Y 67 DEL PNY

El petróleo crudo se extrae de los pozos en diferentes campos de los Bloques 16 y 67. Luego, se redirige a la Instalación de Producción del Sur (IPS) y la Instalación de Producción del Norte (IPN), ambas partes del Bloque 16. El petróleo crudo pasa por diferentes procesos para eliminar agua, gas y sedimentos, lo que requiere el uso de diversos equipos tales como deshidratadores, compresores, bombas y separadores (Cortez Méndez, 2017). El objetivo de este proceso industrial es reducir el contenido del Sedimento Básico y Agua (SBA) a un 0.1% (Muñoz, 2016), el nivel aceptable para que el hidrocarburo esté listo para su uso o procesamiento adicional. Para llegar al centro de control y entrega de la Estación Amazónica, ubicada en Lago Agrio (ver Figura 2), el petróleo es bombeado por las estaciones de Shushufindi y Pompeya, y transportado a través del oleoducto principal de los Bloques 16 y 67.

Desde ese punto, el petróleo es transportado por la empresa OCP Ecuador a través del Oleoducto de Crudo Pesado hasta el puerto de Balao, en la provincia de Esmeraldas. Allí se embarca para su transporte al destino de refinación (instalaciones IPN e IPS) o para su exportación a países como España, en el caso de Repsol. Durante el proceso de refinación, el petróleo es destilado, enriquecido con aditivos y transformado en derivados como los considerados en el estudio: compuesto adhesivo bituminoso, fueloil pesado, gasolina y diésel.



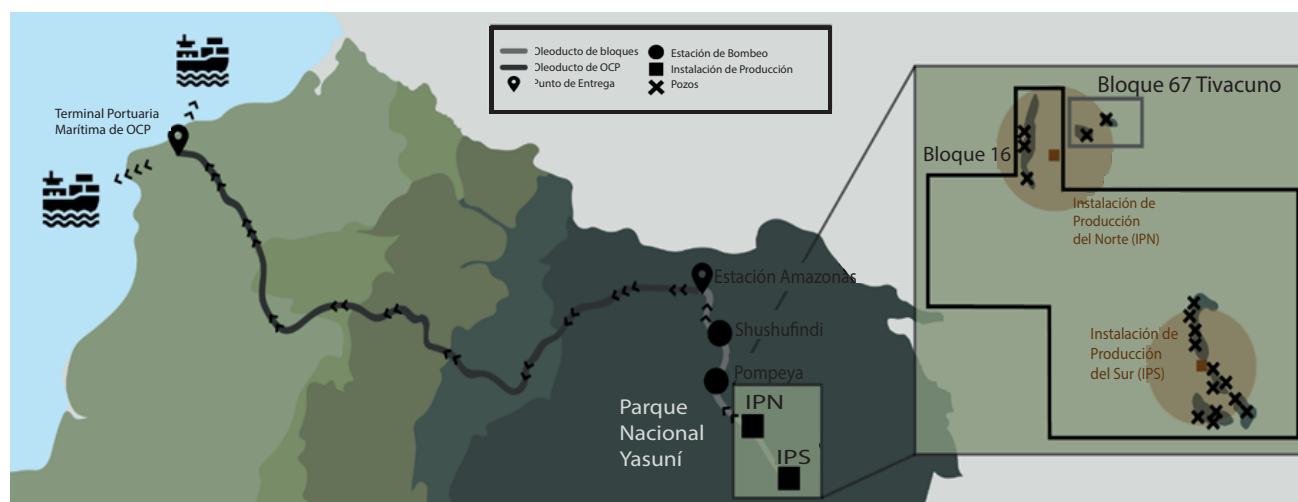


FIGURA 2: Localizaciones involucradas en el transporte de crudo desde los bloques 16 y 67.

## 2.2. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS CUALITATIVO E IMPACTOS SOCIOAMBIENTALES LOCALES

Para el análisis socioambiental sobre extracción de petróleo en estas áreas específicas del PNY, el estudio desarrolló una metodología cualitativa basada en la revisión sistemática de la literatura y en la realización de entrevistas semiestructuradas con 15 expertos/as de la actividad petrolera y de organizaciones sociales locales que han monitoreado los impactos ambientales, sociales, culturales y económicos de la extracción de petróleo.

La revisión de la literatura se centró en identificar información sobre los impactos socioambientales en los bloques 16 y 67 por las actividades de la empresa Repsol. La búsqueda se realizó en: los repositorios digitales académicos Google Scholar, Scopus, Scribd, Web of Science; las bibliotecas digitales de las universidades ecuatorianas FLACSO y UASB; el Sistema Nacional de Información para la Reparación Integral de Pasivos Ambientales y Sociales del Programa de Reparación Ambiental y Social del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica de Ecuador (MAATE-PRAS); los planes de sostenibilidad de Repsol, y, por último, informes de organizaciones ambientales y de derechos humanos accesibles.

Se obtuvieron 106 documentos, que fueron organizados junto con la información de las entrevistas en un resumen de resultados del estudio bibliográfico y una selección de referencias, considerando el tipo de impacto y la escala de estudio.

## 2.3. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA E IMPACTOS AMBIENTALES GLOBALES

El Análisis de Ciclo de Vida es una herramienta que permite sistematizar la información ambiental sobre la vida de un producto en todas sus fases, es decir, desde la extracción de materias primas para su fabricación, hasta la disposición final del producto, después de terminada su vida útil (Ruiz, 2012).

En esta caso, se procede a la cuantificación de las cargas ambientales de la extracción y el consumo del petróleo utilizando la metodología abordada en la norma ISO 14044:2006 (Ardolino et al., 2023) que considera once categorías de impacto: Potencial de Acidificación Terrestre (PAT), Potencial de Calentamiento Global (PCG), Potencial de Ecotoxicidad Terrestre (PET), Potencial de Agotamiento Abiótico de Combustibles Fósiles (PAA-CF), Potencial de Eutrofización de Agua Dulce (PEAD), Potencial de Toxicidad Carcinogénica Humana (PTCH), Potencial de Consumo de Agua (PCA), Pérdida de Calidad del Ecosistema (PCE), Reducción de la Salud Humana (RSH), Efectos sobre los Recursos Naturales (ERN) y Huella Energética (HE).

Se estimaron los impactos en el ciclo de vida del petróleo considerando los procesos de extracción, producción y consumo, a través de indicadores asociados a las sustancias y compuestos químicos que se derivan de los procesos analizados y que interactúan con el medioambiente, y las afecciones en el entorno natural, la salud humana y los recursos ecosistémicos. Además, se cuantificó el contenido total de la energía asociada a cuatro escenarios de consumo de derivados del petróleo, diseñados con el fin de tener una aproximación a alternativas de consumo reales para el petróleo extraído en los bloques 16 y 67. Así, se comparó la huella energética de cada escenario con la energía cinética que se recupera en forma de trabajo durante la etapa de utilización.

Se consideraron dos aspectos principales de las cargas ambientales: la ruta del petróleo desde el pozo hasta la puerta (de salida de la refinería) y la combustión de los derivados del petróleo en cada uno de los escenarios de combustión. Asimismo, se tuvieron en cuenta los parámetros establecidos en la Regla de Categoría de Producto PCR 2023:05, publicada por EPD International AB (2023), para evaluar el impacto ambiental del petróleo crudo y del gas natural.

Para las etapas iniciales de extracción y procesamiento del petróleo, la unidad funcional utilizada fue 1 kg de petróleo que llega al mercado (fiscalizado), es decir, 1 kg de petróleo extraído, procesado y listo para su comercialización. Dado que el primer escenario de uso del petróleo que se evaluó corresponde al compuesto bituminoso para carreteras, la refinación sería la última etapa de su ciclo de vida considerada en el enfoque. En cuanto al resto de los derivados, el estudio abordó el transporte hasta el lugar de consumo y su conversión en electricidad o energía para el transporte de bienes y pasajeros.

Para las etapas posteriores, en las que se consideran alternativas de combustión para los derivados del petróleo, la unidad funcional varía dependiendo del mecanismo de consumo de cada producto derivativo. Así pues, se utilizó 1 kWh (kilovatio-hora) para evaluar la generación de electricidad a partir del petróleo; 1 tkm (tonelada-kilómetro) para el transporte de mercancías y 1 km para el transporte de pasajeros.

En el análisis se ha utilizado el software OpenLCA y la base de datos Ecoinvent 3.9 para modelar todo el ciclo de vida. La base de datos genérica se ha calibrado a la realidad de los procesos extractivos del Bloque 16 y 67 de Yasuní. En concreto se han modificado: la densidad del petróleo, el porcentaje de agua en sedimento y la energía invertida proporcionalmente para la extracción. Además, se ha modelado la maquinaria utilizada para la extracción.

En el proceso de modelado, se realizaron cambios en los procesos de extracción y producción de petróleo contenidos en la base de datos de Ecoinvent para el caso de Ecuador. Se adoptaron los datos de la producción total de petróleo aportados por la Asociación de la Industria Hidrocarburífera del Ecuador (2021), y se consideró la información de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables (2024) respecto al petróleo auto consumido y fiscalizado en el país.

Para la verificación de los datos de los procesos abordados en el estudio, se calcularon primero los promedios de SBA (Sedimento Básico y Agua) y la gravedad API (indicador de densidad del petróleo), utilizando los valores reportados por Rivas et al. (2020). Esto se realizó con el fin de garantizar la precisión de los datos ingresados a la herramienta de software, en el proceso de modelado del sistema productivo. Luego, para reflejar de forma precisa la realidad de los bloques petroleros estudiados, se estimó la Tasa de Retorno Energético (TRE) en la extracción de petróleo. Para tal fin, se consideraron los datos de consumo energético en el proceso de extracción reportados por Repsol (2018) en su informe de sostenibilidad. Asimismo, la cantidad anual de petróleo fiscalizado (crudo que llega al mercado) se utilizó como base para calcular las cantidades de materias primas e insumos que se necesitan en los procesos de extracción y producción.

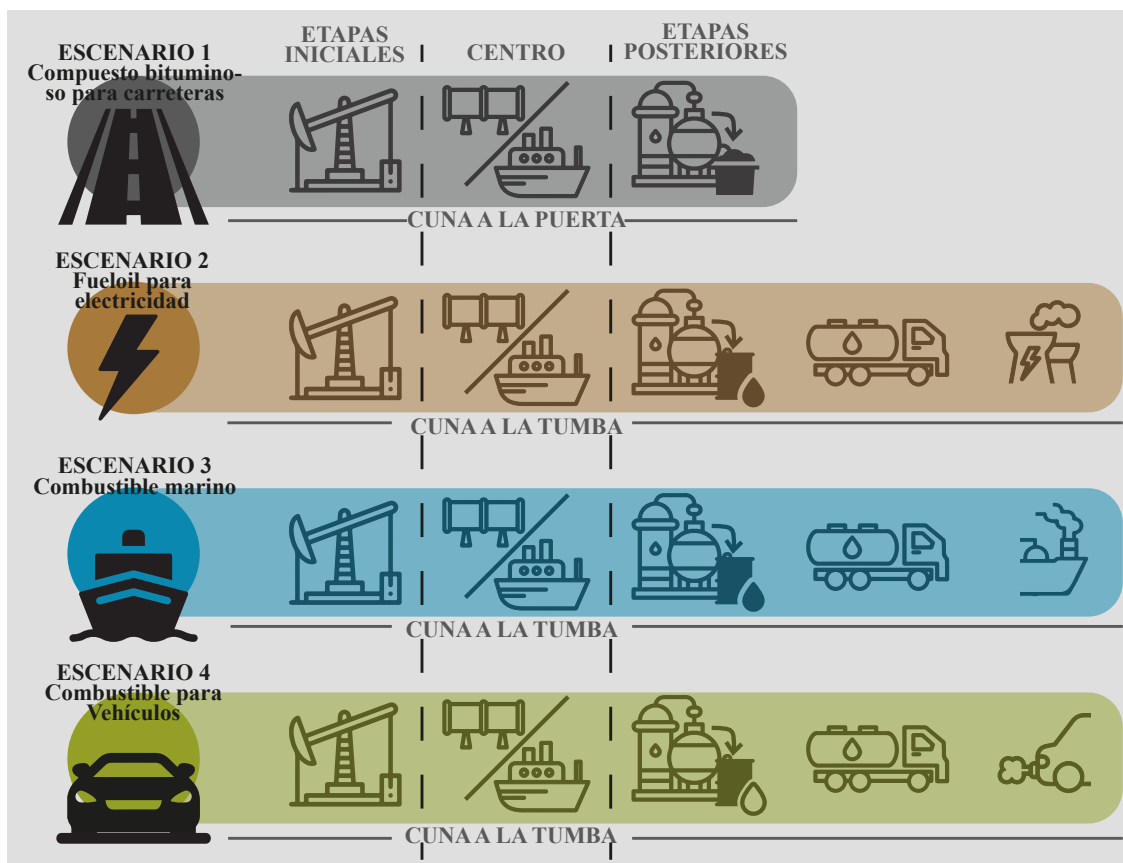
Para evitar la doble contabilización de las emisiones atmosféricas asociadas al ciclo de vida del crudo, las cantidades de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y SO<sub>2</sub> provenientes de la base de datos Ecoinvent se ajustaron para hacerlas coincidir con las emisiones del proceso extractivo reportadas por Repsol en su informe de sostenibilidad. La cantidad de agua utilizada, proveniente de diversas fuentes y destinada a varios usos, también se tomó de este informe. No obstante, para asegurar la precisión de los datos, se verificaron con los valores de SBA reportados por Rivas et al. (2020).

Para modelar la infraestructura, se adecuó el valor del inventario de pozos teniendo en cuenta el número total de instalaciones y su profundidad promedio, según se muestra en el informe de sostenibilidad de Repsol, pues se considera una característica distintiva para cada bloque. Finalmente, para modelar el transporte desde el punto de fiscalización hasta las instalaciones de refinación, se calcularon las distancias medias recorridas por el petróleo por tubería y barco, de acuerdo con Álvarez (2023).

Por otra parte, se diseñaron cuatro escenarios diferentes (Figura 3 y Tabla 3), con el fin de obtener una aproximación a alternativas de consumo reales para el petróleo extraído en los bloques 16 y 67 del PNY. Los sistemas de producto modelados en el software se dividieron en tres tipos de etapas: iniciales, centrales y posteriores. Las etapas iniciales corresponden a la extracción del petróleo, mientras que las centrales implican el transporte de crudo a las instalaciones de refinación. Estas dos etapas fueron incluidas en todos los escenarios diseñados, sin excepción.

Las etapas posteriores fueron seleccionadas en base a dos criterios principales: el uso dado a cada derivado del petróleo y si se aplicó un enfoque de la cuna a la puerta o de la cuna a la tumba. El enfoque de la cuna a la puerta considera las emisiones y los impactos ambientales desde la extracción hasta el uso final del producto; mientras que el enfoque de la cuna a la tumba abarca todo el ciclo de vida del producto, incluyendo su disposición final. La Figura 3 facilita la visualización de cómo se seleccionaron y abordaron las etapas iniciales, centrales y posteriores, en los diferentes escenarios diseñados.

FIGURA 3: Etapas incluidas en los escenarios de consumo de derivados de petróleo.



Para el primer escenario, que implica la producción de compuesto bituminoso para carreteras, se consideró únicamente el ciclo de vida desde la extracción del petróleo crudo hasta la fabricación del compuesto, es decir, desde su origen hasta que sale de la fábrica (de la cuna a la puerta). En los otros tres escenarios, que involucran procesos de combustión para el uso final de productos derivados del petróleo, se evaluaron los impactos desde la extracción, producción y refinación del petróleo hasta la combustión para la generación de electricidad y el uso en vehículos. Estos escenarios también incluyeron el transporte entre los diferentes procesos.



Tabla 3. Descripción de los cuatro escenarios de consumo de derivados de petróleo del Bloque 16 y 67.

ESCENARIO	DERIVADO DEL PETRÓLEO	DESCRIPCIÓN
<b>ESCENARIO 1</b>	Compuesto bituminoso para carreteras (Sc1)	Petróleo refinado para uso como asfalto en carreteras. Este es un compuesto adhesivo bituminoso para la construcción de carreteras. Su ciclo de vida considerado comienza con la extracción de petróleo crudo y termina después de ser fabricado (de la cuna a la puerta).
<b>ESCENARIO 2</b>	Fuelóleo pesado para electricidad (Sc2)	Petróleo refinado para uso eléctrico. El escenario de fueloil pesado se evaluó desde la extracción, producción y refinación del petróleo hasta la combustión para la generación de electricidad, considerando también el transporte entre estos procesos. Para la etapa de combustión se utilizó como referencia una planta eléctrica de petróleo con una capacidad de 500 MW.
<b>ESCENARIO 3</b>	Combustible marino (Sc3)	Petróleo refinado para combustible en buques mercantes marinos. Al igual que en el escenario 2, el petróleo se refina en fueloil pesado. Luego, se quema en una caldera. El buque portacontenedores bajo consideración tiene una capacidad de carga de 43,000 toneladas.
<b>ESCENARIO 4</b>	Combustible para vehículos (Sc4)	Petróleo refinado para consumo en vehículos privados. La gasolina y el diésel son los sujetos de este escenario. Para la etapa de combustión se consideró un automóvil EURO 5 de tamaño medio promedio, con un 50% de ponderación para cada tipo de combustible (diésel o gasolina).



La relación entre la energía total producida por un recurso y la cantidad de energía necesaria para explotar ese recurso se conoce como Tasa de Retorno Energético (TRE) Esta relación también se estudió a través de una perspectiva de ciclo de vida, específicamente para el caso de los escenarios 2, 3 y 4, pues implican un mecanismo de consumo de combustibles fósiles. De tal manera, se calculó el TRE extendido (TREext), dividiendo la energía neta utilizada por las personas usuarias finales en cada escenario (en forma de energía eléctrica, transporte de pasajeros y transporte de carga), entre la energía consumida en todo el sistema productivo (extracción de crudo y producción de derivados de petróleo), es decir, la huella energética de cada escenario.

En el caso del Escenario 2, la energía eléctrica entregada para consumo en los hogares se comparó con la huella energética de todo el sistema productivo, que se midió a través del método denominado Demanda Energética Acumulada, mediante la base de datos Ecoinvent y la herramienta de software OpenLCA. En los casos de los escenarios que involucran servicios de transporte, el TREext se calculó mediante la Ecuación 1, que es una actualización de la fórmula propuesta por de Castro y Capellán-Pérez (2020).

$$(1) \text{ER01}_{ext} = \frac{\text{Energía final disponible para el movimiento (energía cinética)}}{\text{Energía total invertida (considerando pérdidas de calor)}}$$

La energía que es entregada en forma de trabajo para generar movimiento (transporte a partir de energía cinética) se estimó a través de parámetros tales como el consumo de combustible de los vehículos, el poder calorífico de los combustibles analizados y la eficiencia térmica del vehículo, es decir, el porcentaje de energía neta que el vehículo es capaz de transformar en movimiento. Estos valores se pueden ver en la Tabla 2, con su respectiva fuente de datos.

Tabla 4. Datos para el cálculo del retorno de energía en forma de trabajo para el transporte en los escenarios 3 y 4.

PARÁMETRO	ESCENARIO 3	ESCENARIO 4	
	BARCO DE CONTENEDORES	COCHE A GASOLINA	COCHE A DIÉSEL
<b>CONSUMO DE COMBUSTIBLE</b>	0.004 kg/tkm (Messmer and Friscknecht, 2016)	0.08 l/km (MacKay, 2009)	0.05 l/km (Sönnichsen, 2023)
<b>PODER CALORÍFICO</b>	40.90 MJ/kg (Huth and Heilos, 2013)	34.2 MJ/l (Mazloomi and Gomes, 2012)	34.6 MJ/l (Mazloomi and Gomes, 2012)
<b>EFICIENCIA TÉRMICA</b>	44% ADDIN ZOTERO_ITEM CSL_CITATION (Liu et al., 2020)	33% (Dahham et al., 2022)	42.50% (Dahham et al., 2022)

# 3. IMPACTOS SOCIOAMBIENTALES LOCALES DE LA EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO

A partir del análisis cualitativo realizado en esta región del PNY, la revisión de la literatura, y las entrevistas a las personas que pertenecen a la comunidad indígena y a otros actores involucrados, se determinaron cinco categorías de impactos incluyendo los ambientales, políticos, económicos, culturales y sociales.

Tabla 5. Resumen de resultados del análisis cualitativo.

CATEGORÍA	IMPACTO	ENTREVISTAS	REFERENCIAS
<b>IMPACTOS AMBIENTALES</b>	Derrames de petróleo	1,2	(Alianza de Derechos Humanos de Ecuador, 2023; Durango-Cordero et al., 2018; Ekologistak Martxan, 2012; Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica, n.d.);
	Contaminación por reinyección de aguas de formación	4,10	(Alianza de Derechos Humanos de Ecuador, 2023)

CATEGORÍA	IMPACTO	ENTREVISTAS	REFERENCIAS
<b>IMPACTOS AMBIENTALES</b>	Contaminación del aire y del agua y enfermedades sin compensación	9, 10, 13, 14	(Alianza de Derechos Humanos de Ecuador, 2023; Almeida and Proaño, 2008; Ekologistak Martxan, 2012; Pearson et al., 2019)
	Contaminación e infraestructura que afectan a la fauna y flora local	1, 3, 4, 14	(Alianza de Derechos Humanos de Ecuador, 2023; Almeida and Proaño, 2008; Ekologistak Martxan, 2012; Pearson et al., 2019)
	Ruidos y desperdicios	3, 8	(Rival, 2022)
	Deforestación	6, 11, 14	(Almeida and Proaño, 2008; UASB-UISA, 2022)
	Disminución de la protección ambiental en áreas protegidas	15	(Alianza de Derechos Humanos de Ecuador, 2023; Almeida and Proaño, 2008; Durango-Cordero et al., 2018; Ekologistak Martxan, 2012)
<b>IMPACTOS POLÍTICOS</b> (SOBRE LOS DERECHOS CIVILES Y LOS DERECHOS DE INFORMACIÓN Y PARTICIPACIÓN)	Falta de seguimiento, información y transparencia ambiental	1, 2, 3, 8, 9,	
	Falta de seguimiento social	4	(Almeida and Proaño, 2008)
	Falta de participación	2, 7, 11, 12	(Ekologistak Martxan, 2012)
	Falta de responsabilidad y ética	4,7	(Alianza de Derechos Humanos de Ecuador, 2023)
	Pérdida de soberanía estatal	1,2,8,15	(Almeida and Proaño, 2008; Billo, 2015; Ekologistak Martxan, 2012)
	Clientelismo y corrupción	1, 2, 3, 11, 15	(Alianza de Derechos Humanos de Ecuador, 2023; Billo, 2015; Ekologistak Martxan, 2012; Pearson et al., 2019; Rival, 2022)



CATEGORÍA	IMPACTO	ENTREVISTAS	REFERENCIAS
<b>IMPACTOS POLÍTICOS</b> (SOBRE LOS DERECHOS CIVILES Y LOS DERECHOS DE INFORMACIÓN Y PARTICIPACIÓN)	Limitación de movimiento e información (bloque vallado)	2, 8, 9	(Alianza de Derechos Humanos de Ecuador, 2023; Almeida and Proaño, 2008; Ekologistak Martxan, 2012)
<b>IMPACTOS ECONÓMICOS</b>	Dependencia de la empresa, pero sin inversión en un mayor desarrollo económico autónomo	2, 3, 4, 6, 8, 10, 11 12, 13, 14	(Alianza de Derechos Humanos de Ecuador, 2023; Almeida and Proaño, 2008; Billo, 2015; Ekologistak Martxan, 2012; Larrea Maldonado and Arroyo, 2017)
	Dependencia del dinero y abandono de las prácticas económicas indígenas	6, 10	(Billo, 2015; Ekologistak Martxan, 2012; Pearson et al., 2019; Woltman, 2013)
	Salida del área por parte de la empresa sin transición/compensación/pasivos	7, 10	
	Despojo territorial y distribución desigual de los beneficios petroleros	5, 6, 9, 12, 14, 15	(Almeida and Proaño, 2008)
	Falta de compensación financiera por la contaminación	9, 10, 13	(Alianza de Derechos Humanos de Ecuador, 2023)
<b>IMPACTOS CULTURALES</b>	Abandono de las actividades económicas indígenas y desvinculación del territorio	8, 10	(Billo, 2015; Rival, 2015; Woltman, 2013)
	Cambios en los hábitos culturales y transformaciones identitarias	1, 2, 3, 5, 7, 8, 10, 11, 15	(Almeida and Proaño, 2008; Ekologistak Martxan, 2012; Woltman, 2013)

CATEGORÍA	IMPACTO	ENTREVISTAS	REFERENCIAS
<b>IMPACTOS CULTURALES</b>	Conflictos entre grupos/comunidades indígenas	1, 2, 3, 8, 13, 14	(Alianza de Derechos Humanos de Ecuador, 2023; Billo, 2015; Ekologistak Martxan, 2012; Larrea Maldonado and Arroyo, 2017; Pichilingue, 2021)
	Pérdida de unidad y conflictos dentro de las comunidades	6, 8, 10	(Billo, 2015)
<b>IMPACTOS SOCIALES</b>	Alcoholismo	10, 11, 14, 8, 2, 15, 13	(Almeida and Proaño, 2008; Ekologistak Martxan, 2012; Rival, 2022)
	Drogadicción	8, 13	Alianza de Derechos Humanos de Ecuador, 2023; Almeida and Proaño, 2008)
	Violencia y robos	8	(Almeida and Proaño, 2008; Ekologistak Martxan, 2012; Rival, 2022)
	Problemas de salud mental	8, 13	(Alianza de Derechos Humanos de Ecuador, 2023; Larrea Maldonado and Arroyo, 2017; UASB-UISA, 2010)
	Malas condiciones de salud mental	5, 10, 14	(Alianza de Derechos Humanos de Ecuador, 2023; Larrea Maldonado and Arroyo, 2017;
	Problemas interfamiliares	8, 14	(Nieto, 2020)
	Prostitución	14	(Almeida and Proaño, 2008; Ekologistak Martxan, 2012; Nieto, 2020; Rival, 2022)

CATEGORÍA	IMPACTO	ENTREVISTAS	REFERENCIAS
<b>IMPACTOS SOCIALES</b>	Desigualdades de género y violencia	5, 8, 10, 13	(Alianza de Derechos Humanos de Ecuador, 2023; Nieto, 2020; Rival, 2022)
	Enfermedades	9, 10, 13, 14	(Alianza de Derechos Humanos de Ecuador, 2023; Almeida and Proaño, 2008; Ekologistak Martxan, 2012)
	Introducción en la educación ecuatoriana, pero de manera deficiente	8, 10	(Almeida and Proaño, 2008; Larrea Maldonado and Arroyo, 2017; UASB-UISA, 2010)

Los impactos más destacados a nivel local son aquellos asociados a: los daños medioambientales y los obstáculos para su monitoreo; la dependencia económica de las comunidades hacia la empresa; y las transformaciones culturales.

Varias personas entrevistadas destacaron la dificultad para obtener información precisa y monitorear los efectos ambientales locales, lo que coincide con lo indicado en investigaciones recientes (Alianza de Derechos Humanos de Ecuador, 2023; Durango-Cordero et al., 2018). Esto se debe a la restricción de acceso a los sitios de extracción sin un permiso previo, incluso si se cuenta con una autorización oficial (entrevistas 2, 4, 9, 11) (Almeida and Proaño, 2008).

Se advierte que, cuando son evidentes los accidentes por derrame en las zonas de extracción, surgen el clientelismo y corrupción, con pagos directos o compensaciones a las comunidades locales para evitar litigios externos (entrevistas 1, 2, 3, 11, 15) (Ekologistak Martxan, 2012). Personas entrevistadas comparten que algunos derrames accidentales son reportados oficialmente mientras que otros pudieron ser evidenciados y documentados por ellas mismas (entrevistas 2, 4, 8, 9, 10, 11) (Alianza de Derechos Humanos de Ecuador, 2023; Ekologistak Martxan, 2012).

Estos accidentes incluyen derrames en piscinas de formación, así como en los oleoductos de la empresa OCP y el Sistema de Oleoducto Trans-Ecuatoriano (SOTE). Desde 2008, se han registrado 50 accidentes en el bloque 16 (6 derrames y 44 incidentes en piscinas), de los cuales 48 fueron considerados de alta prioridad y los 2 restantes de prioridad media; mientras en el Bloque 67 se han reportado 4 accidentes.

Repsol ha admitido la ocurrencia de dos grandes derrames en el Bloque 16 en los años 2008 y 2013 (Durango-Cordero et al., 2018; Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica, n.d.). Sin embargo, es importante tener en cuenta que podría haber ocurrido una mayor contaminación acumulativa,

ya que la legislación ecuatoriana no requiere la notificación de derrames que involucren menos de 5 barriles (Gonzalez et al., 2022).

Otro de los principales desafíos ambientales en la región está relacionado con el agua de formación, que surge debido a la baja calidad del petróleo extraído cuando se produce un mayor porcentaje de agua de formación por barril extraído (Parra et al., 2020).

Las técnicas tienden a ser más invasivas (Urkidi et al., 2015) a medida que la madurez de los campos petrolíferos implica un declive en la calidad del petróleo y el aumento en el corte de agua, es decir, cuando existe una proporción de agua significativa en la corriente de hidrocarburo producida. Se estima que por cada pozo vertical perforado en el Yasuní se generan alrededor de 500 metros cúbicos de residuos sólidos y entre 2,500 y 3,000 metros cúbicos de desechos líquidos (Ecologistas en Acción, 2011).

Esta agua debe ser reintegrada al subsuelo de manera precisa, pero se han señalado prácticas deficientes y dificultades para llevar a cabo el proceso de manera segura debido a la complejidad del subsuelo o accidentes (entrevistas 1, 2). Tanto los derrames como el agua de formación contribuyen a la contaminación (Alianza de Derechos Humanos de Ecuador, 2023; Almeida and Proaño, 2008; Bravo, 2003; Machado, 2023), lo que además provoca un aumento de ciertas enfermedades en las comunidades afectadas, según testimonios de entrevistas e investigaciones (entrevistas 9, 10, 13, 14) (San Sebastián and Hurtig, 2005).

Otros impactos ambientales locales identificados se refieren a la deforestación ocasionada por la infraestructura petrolera y la llegada de colonos que se establecen cerca de las carreteras (Almeida and Proaño, 2008; UASB-UISA, 2022). También se ha observado una reducción en la vida silvestre debido a la caza con armas de fuego a lo largo de la ruta Maxus, que fue abierta para la operación en estos bloques (Larrea Maldonado and Arroyo, 2017; Woltman, 2013). Se ha documentado además la contaminación del aire causada por la quema de gases en mecheros, así como los problemas relacionados con el ruido y la generación de residuos (Rival, 2022).

En las entrevistas se menciona también una relación de subordinación de la Agencia Ecuatoriana de Calidad Ambiental con respecto a Repsol (entrevista 3). Estas situaciones evidencian restricciones en los derechos políticos y civiles en la región (Ekologistak Martxan, 2012), con testimonios que sugieren una posible pérdida de soberanía estatal en la zona, o la existencia de un "Estado dentro de un Estado" (entrevistas 1, 2, 8, 15).

En cuanto a la dependencia económica generada en las comunidades Waorani, las entrevistas y estudios previos indican una transformación significativa en los medios de vida locales, tradicionalmente basados en una economía semi-nómada de subsistencia centrada en la caza y la pesca. Ahora estas comunidades reciben salarios, subsidios o pagos directos de la empresa petrolera para instalaciones, alimentos o tecnología (Alianza de Derechos Humanos de Ecuador, 2023; Almeida and Proaño, 2008; Pearson et al., 2019).

El 9% de la población activa en los Bloques 16 y 67 trabaja en la industria petrolera, superando el porcentaje nacional (5%) de personas activas que labora en este sector económico (Becerra et al., 2018; Larrea Maldonado and Arroyo, 2017). Esta dependencia económica ha aumentado la vulnerabilidad de las comunidades con ausencia de proyectos alternativos de desarrollo para el período posterior a la extracción de petróleo y con una disminución de la participación de las generaciones jóvenes en actividades tradicionales como la caza y la pesca (entrevistas 2, 3, 4, 6, 8, 11, 12, 14). Además, los pagos de la empresa no compensan adecuadamente lo cedido a nivel territorial, y los servicios básicos en estas comunidades son inferiores a los de otras áreas (Alianza de Derechos Humanos de Ecuador, 2023; Larrea Maldonado and Arroyo, 2017). Esto se refleja en índices de desarrollo social más bajos y una mayor incidencia de pobreza extrema en comparación con el promedio nacional (Larrea, 2013; UASB-UISA, 2010).

Las transformaciones culturales locales están estrechamente ligadas a esta dependencia económica. Prácticas tradicionales como la pesca y la caza están desapareciendo o siendo transformadas por influencias del mercado, lo que ha generado conflictos internos y una pérdida de cohesión dentro de las comunidades Waorani (Billo, 2015; Larrea, 2013; Pichilingue, 2021).

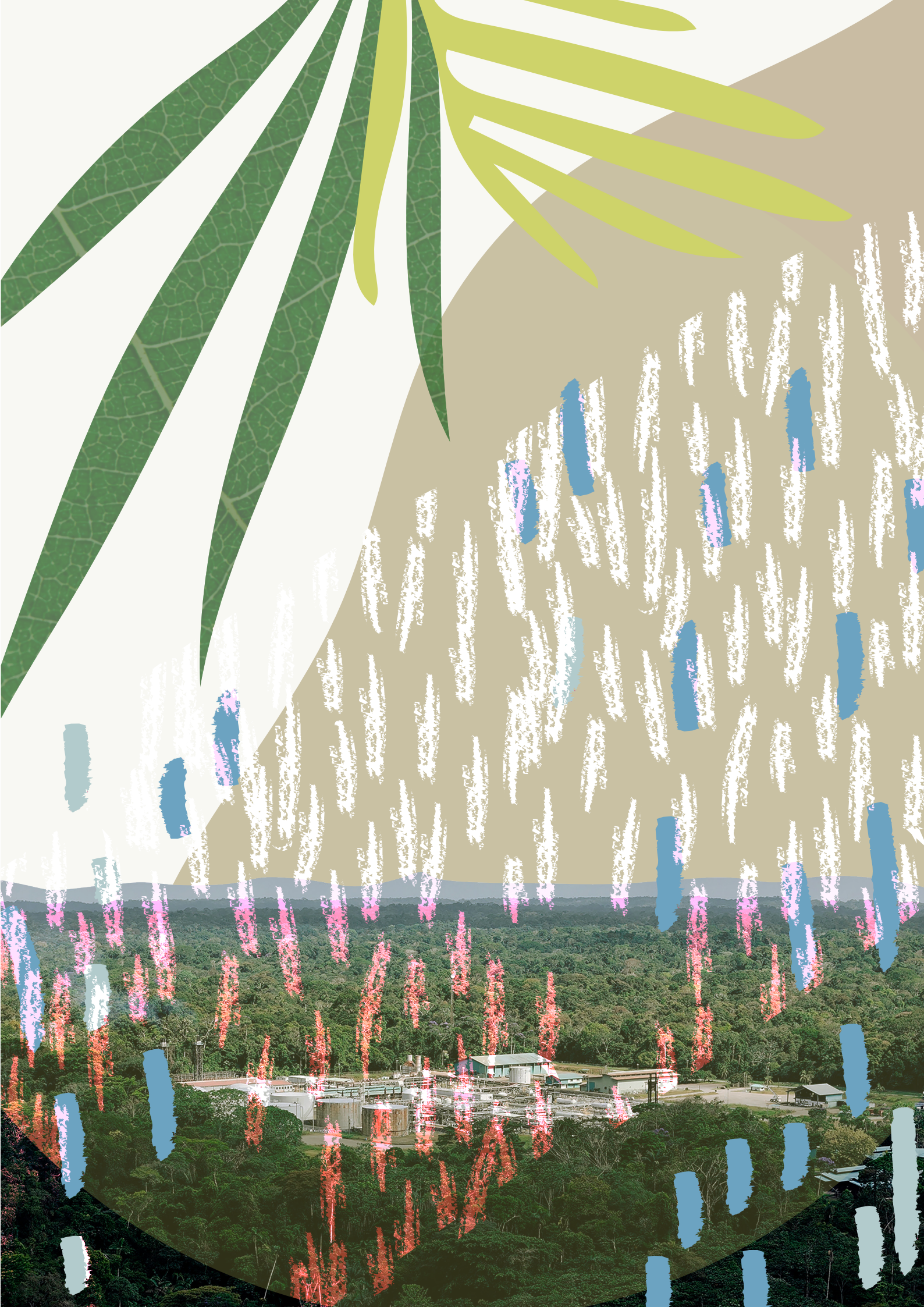
La disponibilidad de dinero ha introducido a la juventud indígena en la economía de mercado y en la cultura urbana, lo que ha resultado en una percepción negativa acerca de las prácticas Waorani y una sobrevaloración del estilo de vida occidental (Almeida and Proaño, 2008; Ekologistak Martxan, 2012). En general, tanto las entrevistas como la literatura académica consideran que se ha producido una fuerte transformación del imaginario Waorani y una introducción de prácticas, productos y modelos de consumo urbanos/mestizos/occidentales (entrevistas 1, 2, 3, 5, 7, 11) (Ekologistak Martxan, 2012; Rival, 2015). Vale la pena recordar que, hace dos generaciones, muchas de estas comunidades eran pueblos no contactados y que la adaptación al nuevo modelo ha supuesto un importante choque cultural (Rival, 2015).

La incertidumbre socioeconómica y la vulnerabilidad han derivado en altos nivel de alcoholismo (entrevistas 2, 8, 10, 11, 13, 14, 15)(Almeida and Proaño, 2008; Ekologistak Martxan, 2012), trastornos de salud mental (entrevistas 8, 13) y una mayor desigualdad de género y violencia (entrevistas 5, 8, 10, 13) (Rival, 2022).

El Amazonas es la región con la mayor tasa de violencia ejercida contra las mujeres, con un 70.9% de mujeres víctimas; ello parece estar relacionado con la extracción de petróleo debido a la precariedad de vida que conlleva (Nieto, 2020). De la misma forma, el analfabetismo en los bloques es superior a la media nacional: 19% entre mayores de 15 años, frente al 7% estatal (UASB-UISA, 2010).

Por último, es necesario señalar los conflictos generados al interior de las comunidades indígenas. Diversas entrevistas identifican como causas principales la diferente remuneración económica de Repsol a las comunidades Waorani, la relación con la Organización Nacional Waorani (NAWE) (entrevistas 2, 8, 14), o a la complicada y a veces violenta relación entre grupos no contactados y comunidades asentadas en los bloques petroleros (entrevistas 1, 3, 13) (Alianza de Derechos Humanos de Ecuador, 2023; Pichilingue, 2021; Rival, 2022).





# 4. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES GLOBALES EN EL CICLO DE VIDA DEL PETRÓLEO

En este capítulo se abordan los resultados obtenidos del Análisis de Ciclo de Vida de los procesos de producción y consumo de petróleo, y se presentan los resultados de la simulación de diferentes escenarios en relación al consumo de derivados. Además, se examina la Tasa de Retorno Energético (TRE) asociada a cada opción de consumo, con la finalidad de comparar la eficiencia energética de las distintas alternativas de combustión. Todo esto se aborda a través de dos apartados: Análisis de los impactos del ciclo de vida de la extracción y producción de petróleo; y Desempeño ambiental de diferentes derivados del petróleo en la fase de consumo.

## 4.1. ANÁLISIS DE IMPACTOS DEL CICLO DE VIDA DE LA EXTRACCIÓN Y PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO

Para analizar las cargas ambientales de la extracción de petróleo en los bloques 16 y 67 del PNY, el estudio evaluó once categorías de impacto teniendo en cuenta los datos de inventario de las actividades petroleras en 2015 facilitados por Repsol (2018). Además, se tuvo en cuenta la cantidad de barriles de petróleo extraídos cada año por esta empresa, desde 1999 hasta 2022, con el fin de totalizar los impactos causados. Para esto, se multiplicaron los resultados de cada categoría de impacto por la masa total de petróleo extraída anualmente en el periodo de referencia.

Según los datos observados en la Tabla 6, en 24 años de extracción petrolera por parte de Repsol en los bloques 16 y 67 del PNY, se perdieron alrededor de 231 especies animales y vegetales en diversos ecosistemas terrestres y de agua dulce. Se consumieron también 689, 103,828,000 kWh-eq en los procesos de extracción y producción de petróleo (fases iniciales ocurridas en la región amazónica del Ecuador). Asimismo, para la extracción de 317,048,000 barriles de petróleo (la producción estimada de Repsol



Tabla 6. Impactos totales en 24 años de extracción por parte de Repsol.

AÑO	BARRILES EXTRAIDOS POR AÑO	PAT KG SO2-EQ	PCG KG CO2-EQ	PET KG 1/4 DCB- EQ	PAA-CF KG OIL-EQ	PEAD KG P-EQ	PTCH KG 1/4 DCB-EQ	PCA M <sup>3</sup>	PCE ESPECIES. AÑO	RSH DALYS	ERN USD 2013	HE KWH- EQ
1999	16,505,000	14,839,645.5	2,319,530,175	3,796,810,200	2,794,131,450	65,062.7	66,845,250	2,069,974.6	12.0	6,127.5	1,254,462,525	35,873,617,500
2000	14,954,000	13,445,141.4	2,101,560,390	3,440,018,160	2,531,562,660	58,948.7	60,563,700	1,875,455.9	10.9	5,551.7	1,136,578,770	32,502,519,000
2001	12,267,000	11,029,259.7	1,723,942,845	2,821,900,680	2,076,680,430	48,356.5	49,681,350	1,538,465.8	8.9	4,554.1	932,353,335	26,662,324,500
2002	10,237,000	9,204,086.7	1,438,656,795	2,354,919,480	1,733,021,730	40,354.3	41,459,850	1,283,873.4	7.5	3,800.5	778,063,185	22,250,119,500
2003	11,880,000	10,681,308.0	1,669,555,800	2,732,875,200	2,011,165,200	46,831.0	48,114,000	1,489,930.2	8.7	4,410.5	902,939,400	25,821,180,000
2004	18,601,000	16,724,159.1	2,614,091,535	4,278,974,040	3,148,963,290	73,325.1	75,334,050	2,332,844.4	13.6	6,905.6	1,413,769,005	40,429,273,500
2005	19,251,000	17,308,574.1	2,705,439,285	4,428,500,040	3,259,001,790	75,887.4	77,966,550	2,414,364.2	14.0	7,146.9	1,463,172,255	41,842,048,500
2006	21,696,000	19,506,873.6	3,049,047,360	4,990,947,840	3,672,915,840	85,525.6	87,868,800	2,721,003.8	15.8	8,054.6	1,649,004,480	47,156,256,000
2007	23,415,000	21,052,426.5	3,290,627,025	5,386,386,600	3,963,925,350	92,301.9	94,830,750	2,936,592.2	17.1	8,692.8	1,779,657,075	50,892,502,500
2008	19,733,000	17,741,940.3	2,773,177,155	4,539,379,320	3,340,599,570	77,787.5	79,918,650	2,474,814.2	14.4	7,325.9	1,499,806,665	42,889,675,500
2009	16,355,000	14,704,780.5	2,298,449,925	3,762,304,200	2,768,737,950	64,471.4	66,237,750	2,051,162.3	11.9	6,071.8	1,243,061,775	35,547,592,500
2010	16,364,000	14,712,872.4	2,299,714,740	3,764,374,560	2,770,261,560	64,506.9	66,274,200	2,052,291.1	11.9	6,075.1	1,243,745,820	35,567,154,000
2011	16,872,000	15,169,615.2	2,371,106,520	3,881,234,880	2,856,260,880	66,509.4	68,331,600	2,116,001.9	12.3	6,263.7	1,282,356,360	36,671,292,000
2012	15,884,000	14,281,304.4	2,232,257,940	3,653,955,360	2,689,002,360	62,614.7	64,330,200	1,992,091.9	11.6	5,896.9	1,207,263,420	34,523,874,000
2013	13,855,000	12,457,030.5	1,947,112,425	3,187,204,200	2,345,512,950	54,616.4	56,112,750	1,737,624.8	10.1	5,143.7	1,053,049,275	30,113,842,500
2014	11,935,000	10,730,758.5	1,677,285,225	2,745,527,400	2,020,476,150	47,047.8	48,336,750	1,496,828.0	8.7	4,430.9	907,119,675	25,940,722,500
2015	10,368,000	9,321,868.8	1,457,066,880	2,385,054,720	1,755,198,720	40,870.7	41,990,400	1,300,302.7	7.6	3,849.1	788,019,840	22,534,848,000
2016	9,164,000	8,239,352.4	1,287,862,740	2,108,086,560	1,551,373,560	36,124.5	37,114,200	1,149,303.1	6.7	3,402.1	696,509,820	19,917,954,000
2017	7,838,000	7,047,145.8	1,101,513,330	1,803,053,520	1,326,895,020	30,897.4	31,743,900	983,002.8	5.7	2,909.9	595,727,190	17,035,893,000
2018	7,260,000	6,527,466.0	1,020,284,100	1,670,090,400	1,229,045,400	28,618.9	29,403,000	910,512.9	5.3	2,695.3	551,796,300	15,779,610,000
2019	6,543,000	5,882,811.3	919,520,505	1,505,151,720	1,107,664,470	25,792.5	26,499,150	820,590.3	4.8	2,429.1	497,300,715	14,221,210,500
2020	4,961,000	4,460,435.1	697,194,135	1,141,228,440	839,847,690	19,556.3	20,092,050	622,183.8	3.6	1,841.8	377,060,805	10,782,733,500
2021	5,542,000	4,982,812.2	778,844,970	1,274,881,680	938,205,180	21,846.6	22,445,100	695,049.9	4.0	2,057.5	421,219,710	12,045,537,000
2022	5,568,000	5,006,188.8	782,498,880	1,280,862,720	942,606,720	21,949.1	22,550,400	698,310.7	4.1	2,067.1	423,195,840	12,102,048,000
<b>Total</b>	<b>317,048,000</b>	<b>285,057,856.8</b>	<b>44,556,340,680</b>	<b>72,933,721,920</b>	<b>53,673,055,920</b>	<b>1,249,803.2</b>	<b>1,284,044,400</b>	<b>39,762,574.9</b>	<b>231.1</b>	<b>117,704.1</b>	<b>24,097,233,240</b>	<b>689,103,828,000</b>

Nota: Potencial de Acidificación Terrestre (PAT), Potencial de Calentamiento Global (PCG), Potencial de Ecotoxicidad Terrestre (PET), Potencial de Agotamiento Abiótico de Combustibles Fósiles (PAA-CF), Potencial de Eutrofización de Agua Dulce (PEAD), Potencial de Toxicidad Carcinogénica Humana (PTCH), Potencial de Consumo de Agua (PCA), Pérdida de Calidad del Ecosistema (PCE), Reducción de la Salud Humana (RSH), Efectos sobre los Recursos Naturales (ERN) y Huella Energética (HE).

en 24 años de actividad), se consumieron 39,762,574.9 m3 de agua, se emitieron 44,556,340,680 kg de CO2-eq, y se generaron 1,284,044,400 kg de 1,4-diclorobenceno en términos de Potencial de Toxicidad Carcinogénica Humana (PTCH).

Además, se ha comparado la situación con la extracción en otros puntos de Ecuador y en países como Indonesia (ID), cuya producción también ha disminuido debido al envejecimiento de sus campos (Statista Research Department, 2023), Estados Unidos (EE. UU.) y Arabia Saudita (AE), principales productores mundiales de petróleo con el 15% y el 13% de la producción mundial en 2022 (International - U.S. Energy Information Administration (EIA), 2024).

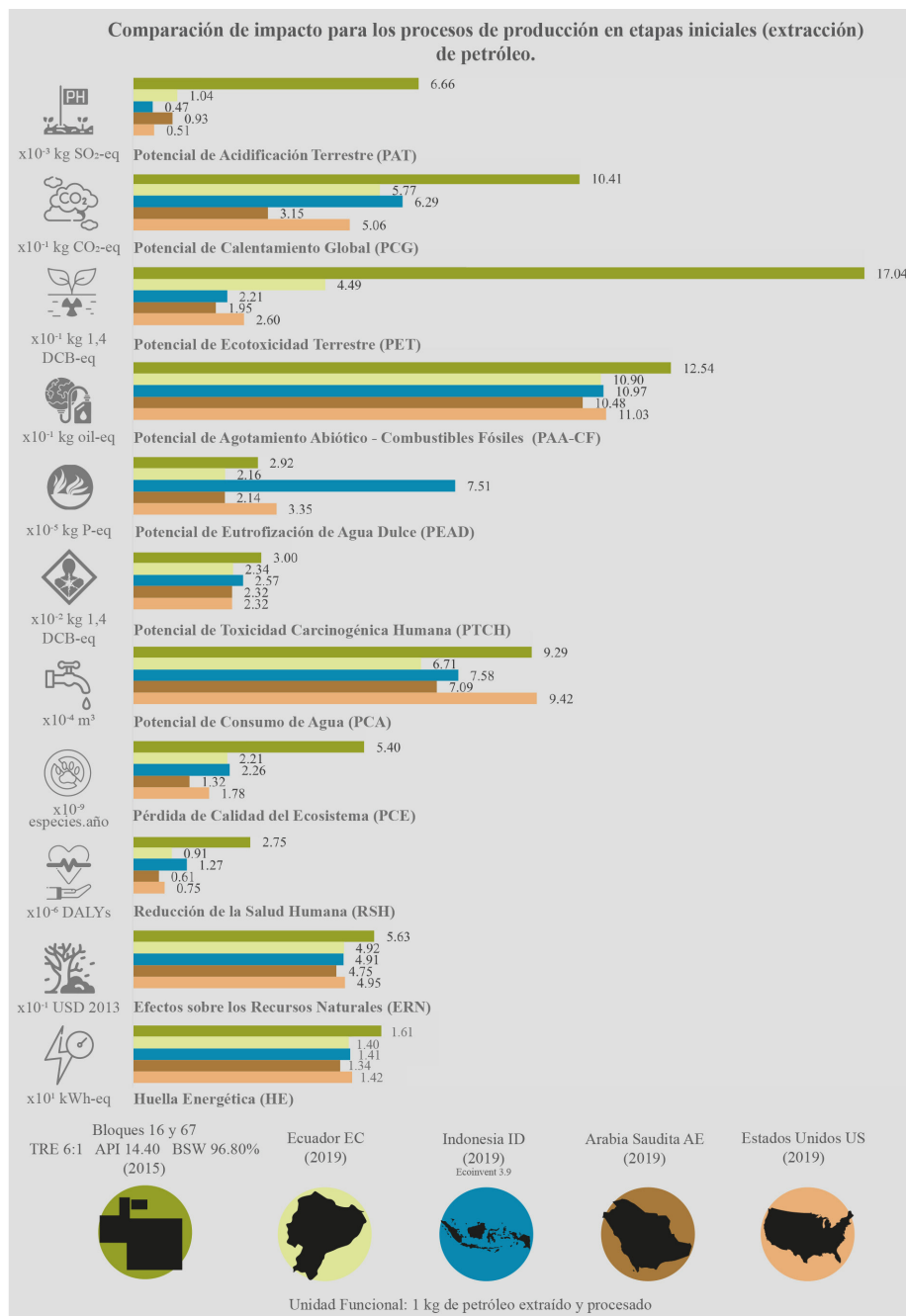


FIGURA 4: Comparación de resultados de modelos de extracción de otros países versus el presente estudio

La Figura 4 muestra los impactos de la etapa de extracción del crudo, asociados al uso y construcción de instalaciones industriales, el uso de sustancias químicas, la combustión de diésel, la combustión de fueloil pesado y la combustión de gas.

Se evidencia que los Bloques 16 y 67 del PNY registran mayores impactos que los identificados en el resto de Ecuador y en los países comparados, excepto en las categorías de eutrofización de agua dulce y consumo de agua.

Considerando únicamente las categorías de Potencial de Acidificación Terrestre, Potencial de Calentamiento Global, Potencial de Ecotoxicidad Terrestre y Pérdida de Calidad del Ecosistema, los impactos generados en el sistema de extracción analizado en el presente estudio son 804.15% mayores que la media de Ecuador (EC), 105.36% mayores que en Indonesia (ID), 506.29% mayores que Arabia Saudita (AE) y 210.73% que en Estados Unidos (US). Esto puede deberse a las características del petróleo que se extrae, dado que el estudio estima un índice de gravedad API promedio de 13.35, lo que indica que el extraído en los Bloques 16 y 67 es un crudo pesado que, además, tiene un alto contenido de Sedimento Básico y Agua (SBA), con un promedio de 95.46%.

La investigación encontró que, haciendo una media de todas las categorías de impacto ambiental analizadas, los Bloques 16 y 67 del PNY contaminan un 75.18% más que el resto de los pozos de extracción de Ecuador. Las cuatro categorías con los mayores incrementos son:

- El Potencial de Acidificación Terrestre (PAT), pues se observaron impactos 540.38% más altos en los bloques analizados.
- El Potencial de Ecotoxicidad Terrestre (PET), ya que se evidencian impactos 279.51% más altos en los bloques 16 y 67.
- La Reducción de la Salud Humana (RSH), en la que se muestran impactos 202.20% mayores en los bloques analizados.
- La Pérdida de Calidad del Ecosistema (PCE), con impactos 144.34% más elevados en los bloques 16 y 67.

Se ha realizado también un análisis de sensibilidad para observar cómo cambia el valor anual de Potencial de Calentamiento Global (PCG) en función de la variación de la pesadez del petróleo. Dicho análisis permite comprender cómo las diferentes características del petróleo afectan a las emisiones de gas de efecto invernadero asociadas a su extracción. Se tuvieron en cuenta las cifras históricas de TRE, API y SBA del petróleo extraído en los Bloques 16 y 67, publicadas por Rivas et al. (2020), para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> anuales entre 1999 y 2022, por extrapolación (ver Figura 5).

Asimismo, se muestran los porcentajes de ingresos/ganancias que percibieron los diferentes actores involucrados en el proceso, sobre el precio promedio de combustibles en España: el Estado ecuatoriano, el Estado español (por concepto de impuestos pagados mediante la compra de combustible) y Repsol.

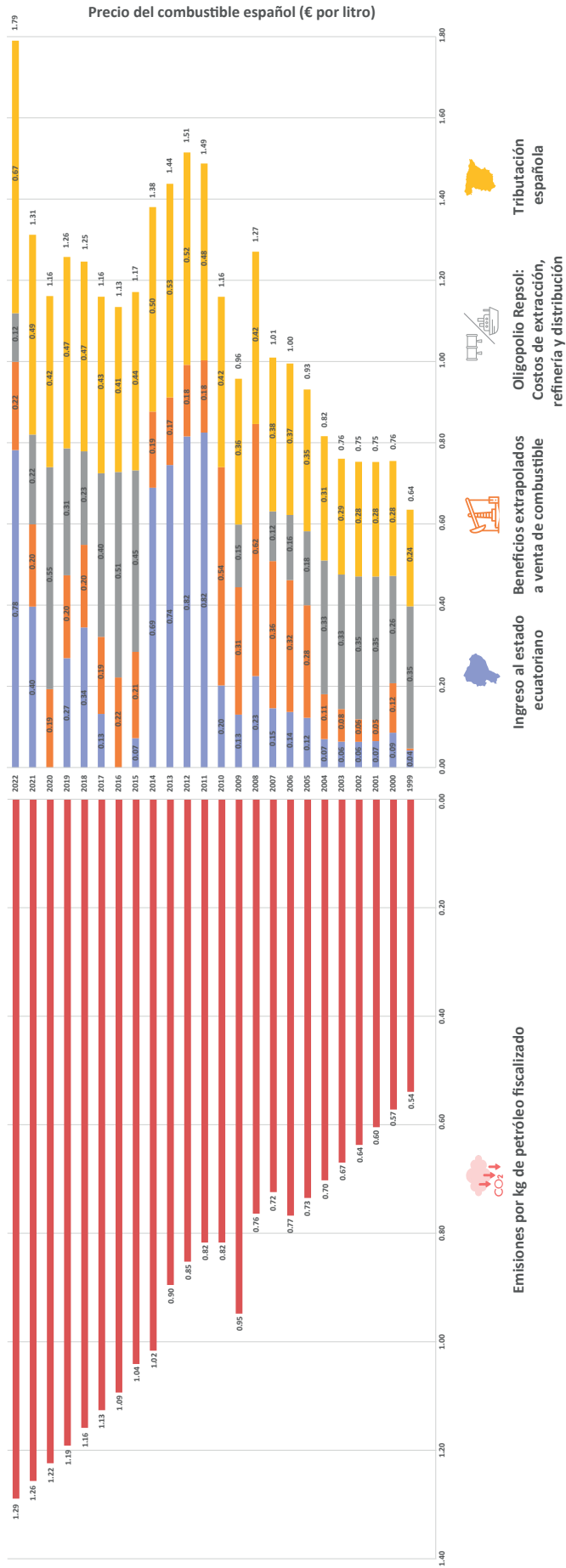


FIGURA 5. Emisiones CO2eq2 durante la extracción de petróleo y distribución de beneficios económicos



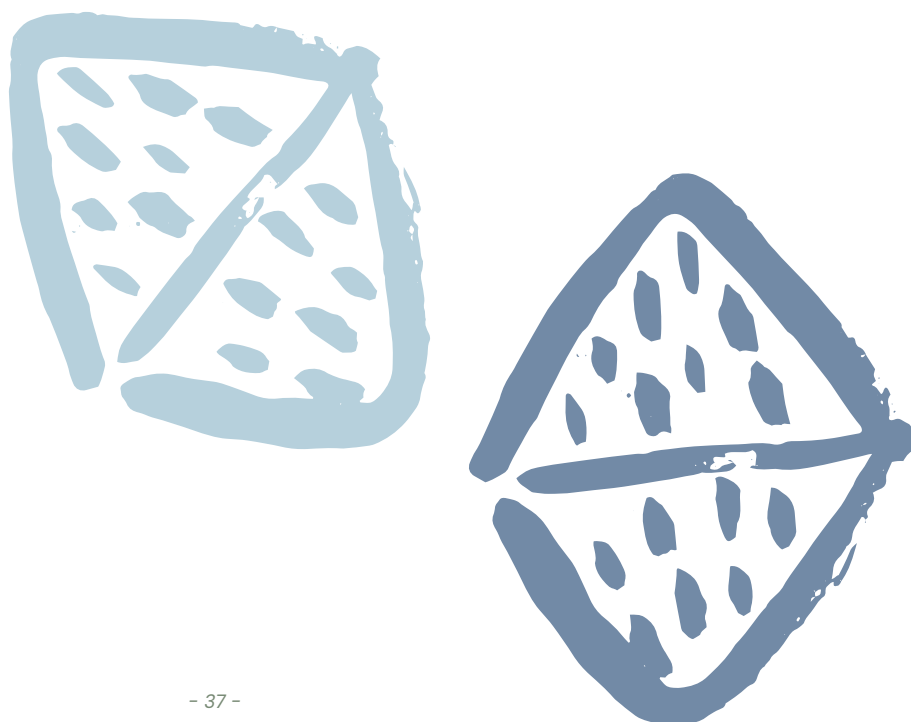
En el análisis realizado se estimó que, en promedio, el Estado ecuatoriano, el Gobierno español y Repsol junto con las compañías encargadas de los procesos de refinería y transporte del combustible, obtuvieron respectivamente el 21%, 38% y 41% de los ingresos por ventas de combustible en España, para un precio promedio de 1,09 € por litro, en el período de referencia.

Simultáneamente, en la figura se observa que las emisiones de carbono asociadas con la extracción de petróleo en los bloques 16 y 67 han aumentado en un 139.01%, de 0.54 a 1.29 kg de CO<sub>2</sub>-eq por kg de petróleo fiscalizado.

Como se puede ver en la Figura 5, el PCG de 1 kg de petróleo extraído en los bloques 16 y 67 depende significativamente de la pesadez del crudo obtenido, ya que aumenta a medida que el TRE, el API y el SBA incrementan año tras año. Este comportamiento coincide con un incremento constante del precio promedio por litro del combustible vendido en España, donde la empresa Repsol tiene su sede fiscal.

Para comprender la influencia de las actividades de extracción y producción llevadas a cabo por Repsol en los bloques 16 y 67 se evaluó el peso de cada actividad (en términos del porcentaje que representan dentro de los impactos totales generados) para las diferentes categorías de impacto, por medio de árboles de contribución. Como se puede ver en la Figura 6, la producción de energía basada en la quema de fueloil pesado es la principal causa de impactos tales como el Potencial de Acidificación Terrestre (PAT), el Potencial de Ecotoxicidad Terrestre (PET), la Pérdida de Calidad del Ecosistema (PCE) y la Reducción de la Salud Humana (RSH).

El inventario de ciclo de vida de este proceso indica que esos impactos son favorecidos por las emisiones de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub>. Para la categoría de ecotoxicidad terrestre, la producción de energía a partir de la combustión de diésel (20%) es la segunda actividad con mayor contribución, debido a las emisiones al aire, suelo y agua que genera. Además, las tres actividades de producción de energía juntas (con diésel, fueloil pesado y gas) contribuyen con el 54% al Potencial de Calentamiento Global (PCG), siendo las actividades de ventilación y quemado (39%) las principales contribuyentes en esta categoría.



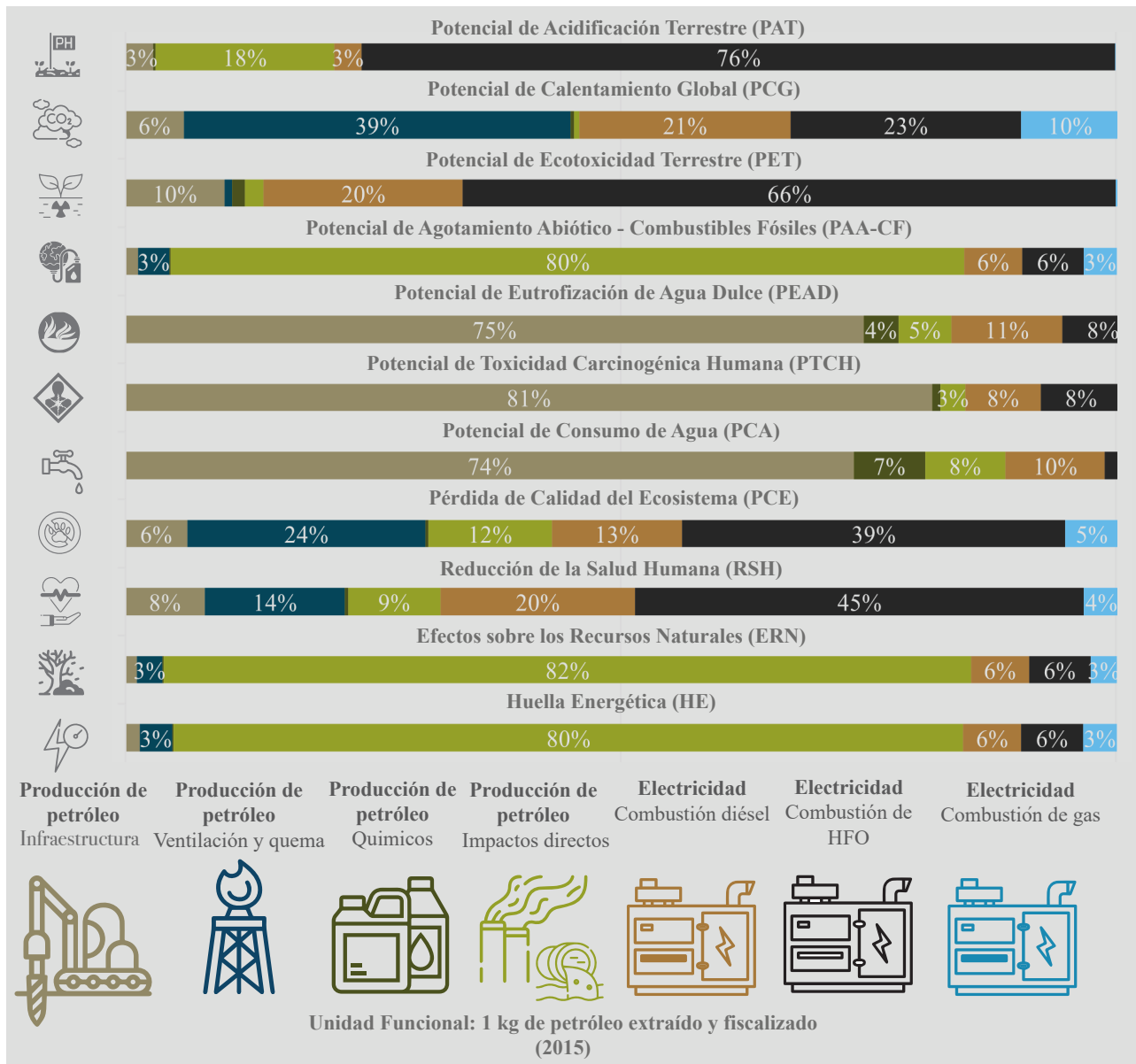


FIGURA 6: Árbol de contribución de la fase de extracción compuesta por 7 subfases: infraestructura, ventilación y quema, químicos, combustión de diésel, combustión de fueloil pesado y combustión de gas.

Los impactos directos e inherentes de la extracción del petróleo predominan en las categorías de Potencial de Agotamiento Abiótico de Combustibles Fósiles (PAA-CF), Efectos sobre los Recursos Naturales (ERN) y Huella Energética (HE), con contribuciones superiores al 80%. La construcción de instalaciones y la perforación de pozos son los principales contribuyentes al Potencial de Eutrofización de Agua Dulce (PEAD) (75%), Potencial de Toxicidad Carcinogénica Humana (PTCH) (81%) y Potencial de Consumo de Agua (PCA) (74%). Además, la quema de diésel para la generación de electricidad también desempeña un papel significativo, contribuyendo con el 11%, 8% y 10% en las categorías de PEAD, PTCH Y PCA.

La fabricación de los productos químicos necesarios para las actividades de producción también tiene una participación del 4% en la categoría de Potencial de Eutrofización de Agua Dulce (PEAD) y del 7% en la de Potencial de Consumo de Agua (PCA). Finalmente, la producción de energía a través de fueloil pesado tiene un papel destacado en términos de reducción de la salud humana y pérdida de biodiversidad, con contribuciones del 39% y 45%, respectivamente.

## 4.2 DESEMPEÑO AMBIENTAL DE DIFERENTES DERIVADOS DEL PETRÓLEO EN LA FASE DE CONSUMO

Para obtener los impactos ambientales del ciclo de vida de los derivados del petróleo seleccionados, se modeló el sistema productivo de cada alternativa de consumo, teniendo en cuenta que tienen mecanismos diferentes para su uso.

La Figura 7 muestra los resultados del Análisis de Ciclo de Vida realizado en los escenarios simulados. En particular, se analizó el consumo de compuesto bituminoso en un día por cada metro de carretera construido (m·día) (SC1), la generación de 1 kWh de electricidad (SC2), el transporte de 1 tonelada de mercancías a lo largo de 1 km (tkm) (SC3) y el transporte de pasajeros a lo largo de 1 kilómetro (SC4).

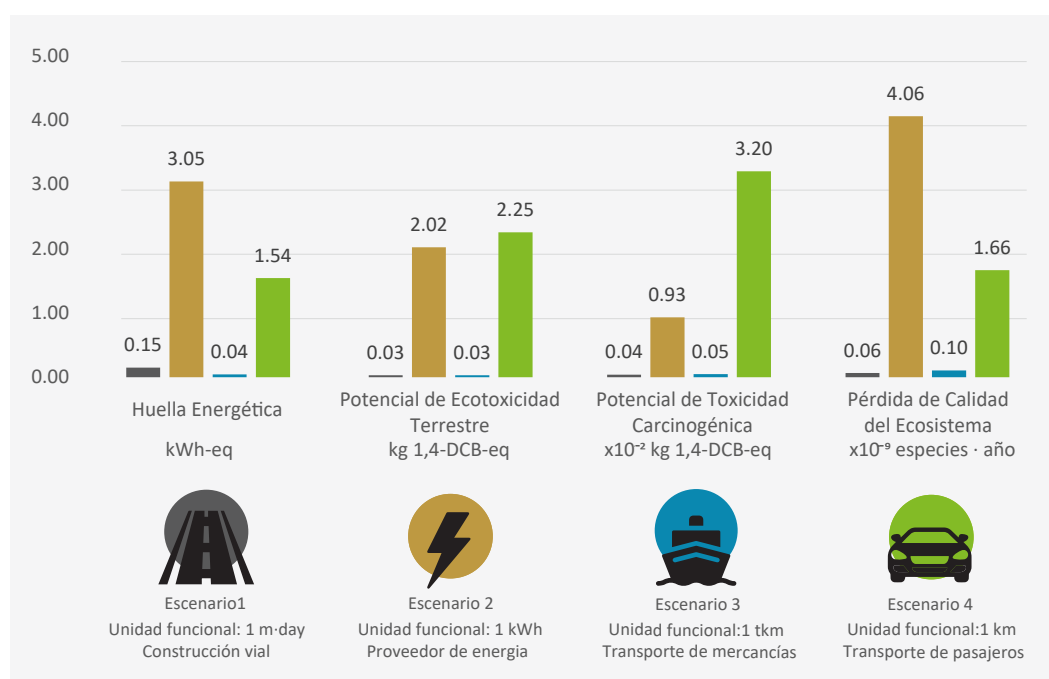


FIGURA 7: Impactos ambientales del ciclo de vida de los derivados del petróleo en diferentes escenarios de consumo.

Como se puede observar, la construcción de 1 metro de carretera (para su uso durante 1 día) utilizando compuesto bituminoso, tiene una huella energética de 0.15 kWh. Además, se estima que se pierden  $6.20E-11$  especies cada año por la producción y consumo de este derivado. Mientras tanto, la combustión asociada al transporte marítimo de 1 tonelada por 1 km tiene una huella energética de 0.04 kWh-eq, causando la pérdida de  $0.10E-09$  especies cada año.

En la Figura 8 se han contrastado por otra parte los impactos de Calentamiento Global en los cuatro escenarios y se han comparado con referencias de consumo final en Europa. En el Escenario 1, se observa que la referencia europea, basada en la Suiza, es un 33% menor (Ecoinvent, 2023). El uso del petróleo del Yasuní para la construcción de carreteras emite 30 gCO<sub>2</sub>-eq por cada metro de carretera al año, mientras que las que se producen en la pavimentación de carreteras del país europeo es 20 gCO<sub>2</sub>-eq/m, según los inventarios de ciclo de vida incluidos en Ecoinvent.

En el escenario 2 se observa que si el petróleo de los Bloques 16 y 67 se usa para generar electricidad emite por cada kWh que se obtiene de la quema del petróleo 873.1 gCO<sub>2</sub>-eq mientras que la media del Estado español se sitúa en 420 gCO<sub>2</sub>-eq (Hernandez, 2012), un 57% menor. Es decir se trata de una fuente muy contaminante para uso eléctrico.

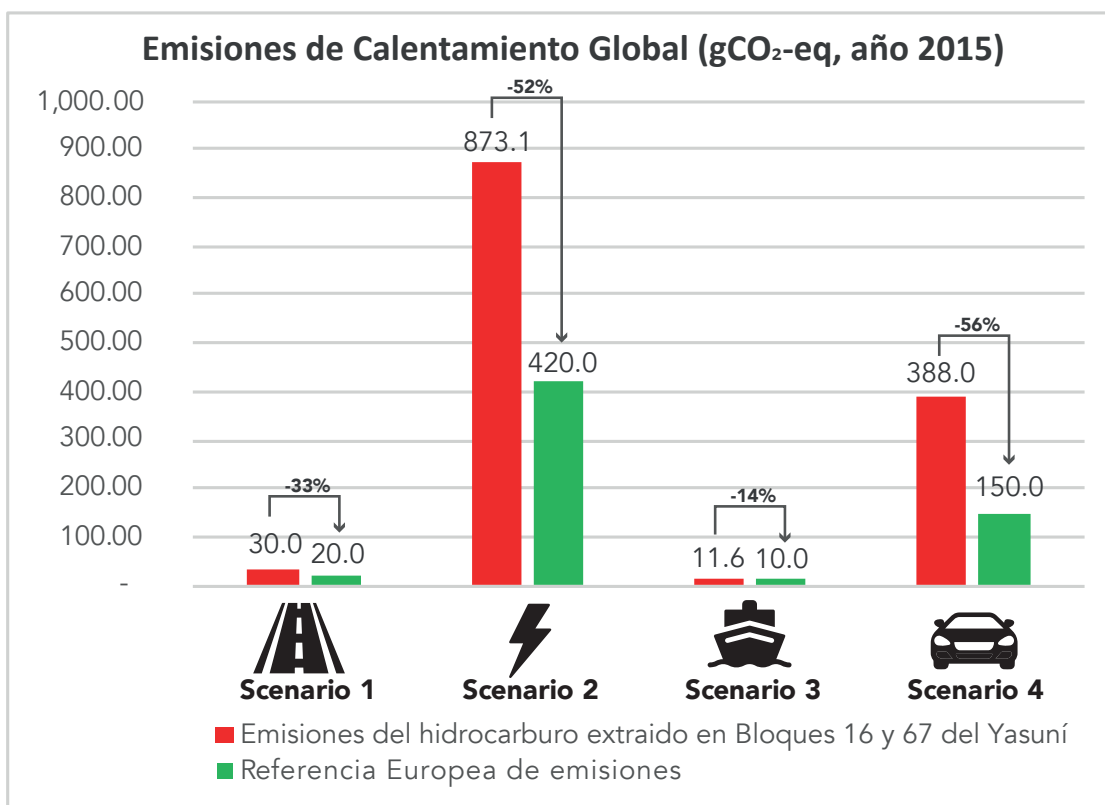


FIGURA 8: Comparación entre el potencial del calentamiento global del hidrocarburo de los Bloques 16 y 67 y una referencia desde la perspectiva de consumo final en Europa

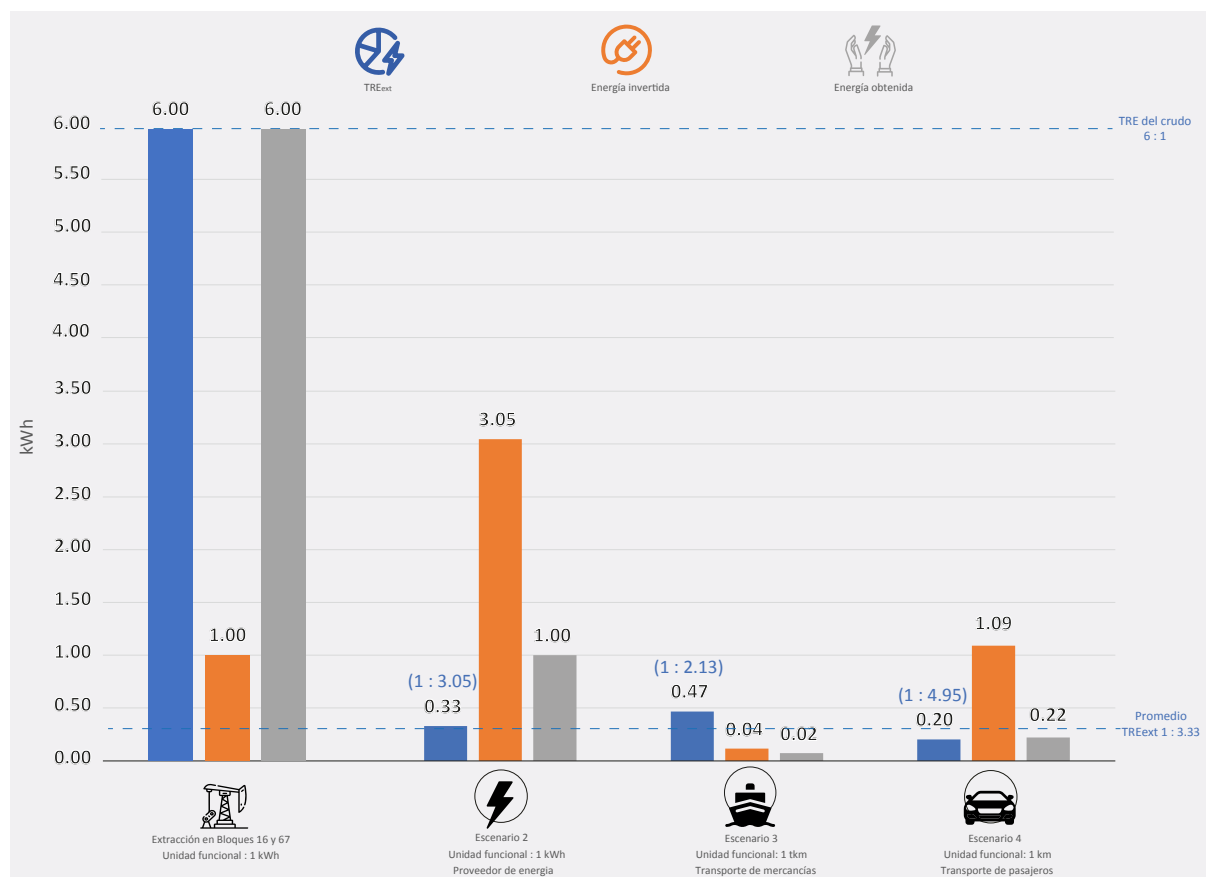
Con respecto al transporte de carga marítimo, la Figura 8 muestra que las diferencias son del 14% en términos de emisiones CO<sub>2</sub> por cada tonelada de mercancía transportada (a lo largo de 1 km), cuando se compara el escenario que implica el uso de combustibles fósiles provenientes de los Bloques 16 y 67 del Yasuní con el caso de estudio inglés utilizado como referencia (Walsh et al., 2012).

La misma figura también muestra los impactos de la categoría del cambio climático para el escenario de transporte privado de pasajeros, que se desglosan en la figura 10. Dentro del escenario cuatro se emiten 388 g CO<sub>2</sub> por kilómetro recorrido. De ellos, 280 kg proceden de la combustión final (76%); 70 kg, del proceso de extracción (18%) y el resto, de transformaciones y distribuciones. La referencia establecida en Europa es de 150 g CO<sub>2</sub> que salen por el tubo de escape de un vehículo familiar nuevo alimentado con diésel, cada vez que recorre un kilómetro (Peugeot, 2024). Sin embargo observamos que en realidad son 388 gramos los que se emiten durante todo el ciclo de vida, lo que indica que el desempeño ambiental de un vehículo no se limita a los factores de emisión (g CO<sub>2</sub>/km) que los fabricantes publican en las hojas informativas, pues estas cifras representan solo una parte de la huella ecológica total, sin incluir los impactos que se generan en las demás fases del ciclo de vida del producto.

Respecto al retorno energético en el punto de uso de combustibles fósiles (hechos con petróleo de los bloques analizados), el estudio tuvo en cuenta la energía neta entregada a las personas usuarias finales y el contenido total de energía de cada sistema productivo modelado. De acuerdo con la Figura 9, para utilizar 0.33 kWh de electricidad, se requiere una inversión de 1 kWh (TREext 1:3.05) conforme a los resultados del Escenario 2.

Asimismo, la Ecuación 1 se utilizó para calcular el TREext para los escenarios que involucran servicios de transporte: para el Escenario 3, se requiere 1 kWh para obtener 0.47 kWh en forma de trabajo para generar energía cinética y poder transportar mercancías, en términos de tkm (TREext 1:2.13). Del mismo modo, obtener 0.20 kWh para el transporte de pasajeros requiere una inversión de 1 kWh (TREext 1:4.95), lo que significa que viajar 4.52 km (1 kWh de transporte de pasajeros) requiere una inversión de 4.93 kWh. Estos resultados están alineados con la descripción proporcionada por Raugei (2019b), al resaltar la importancia del TRE en la extracción dado que el TRE "en el punto de uso" siempre se reduce por procesos como la refinación y el transporte.

por procesos como la refinación y el transporte.



**FIGURA 9: Retorno de la Inversión Energética en los escenarios que involucran la combustión de combustible.**

De la Tasa de Retorno Energético en la extracción (TRE del crudo en la Figura 9), se puede inferir que los pozos de los Bloques 16 y 67, al estar en yacimientos alejados y con un petróleo de muy baja calidad y con una presencia de 95% de aguas de formación de media, generan tan sólo 6 barriles de petróleo por cada barril de energía que se invierte para realizar la extracción. La necesidad energética para procesar, transportar y comercializar este crudo en forma de combustible para el transporte de pasajeros hace que en su fase de combustión se utilice tan sólo un 20% de la energía invertida durante su ciclo de vida (TREext = 1:4.95). Con este mecanismo de uso de hidrocarburos, las energías renovables, consideradas ineficientes en comparación con otras fuentes convencionales y no renovables, comienzan a ser no sólo competentes sino convenientes.

Para observar la participación de las etapas del ciclo de vida abordadas en cada escenario simulado, la Figura 10 ilustra el árbol de contribución de los sistemas productivos modelados. En los escenarios que involucran procesos de combustión, una persona usuaria final de recursos fósiles representa el 73.76%, 76.19%, 20.00% y 70.44% de las emisiones de dióxido de carbono; 1,4-diclorobenceno (ecotoxi-



cidad terrestre); 1,4-diclorobenceno (toxicidad carcinogénica humana) y Pérdida de Calidad del Ecosistema (PCE) asociadas con la generación y consumo de electricidad (Escenario 2).

Del mismo modo, el proceso de combustión en un barco de contenedores representa el 73.40%, 77.73%, 78.98% y 84.59% de las emisiones de dióxido de carbono, la ecotoxicidad terrestre, la toxicidad carcinogénica humana y la pérdida de calidad del ecosistema asociadas con el Escenario 3.

En cuanto al transporte de pasajeros, el usuario final es responsable del 75.77%, 88.75%, 91.43% y 70.88% del CO<sub>2</sub>, 1,4-diclorobenceno (ecotoxicidad terrestre), 1,4-diclorobenceno (toxicidad carcinogénica humana) y la pérdida de calidad del ecosistema.

Se estima que, en promedio, el 19.64% de los impactos en SC2 (30.19%), SC3 (16.22%) y SC4 (12.52%) ocurren en la Amazonía, dado que la etapa de extracción para todos los escenarios simulados fue modelada de acuerdo con los procesos llevados a cabo en los Bloques 16 y 67 del PNY. Del mismo modo, el 20.56%, 11.64%, 26.88% y 19.49% de los impactos también tienen lugar en la Amazonía ecuatoriana, para las categorías de PCG, PET, PTCH y PCE, respectivamente. Específicamente, la fase de extracción representa entre el 17.63% y el 76.35% del PCG (un promedio del 34.51%), mientras que, en las categorías de PET, PCE y PTCH, estas contribuciones varían entre el 4.97% y el 54.56%, 12.73% y 77.26%, y 6.15% y 73.84%, respectivamente.

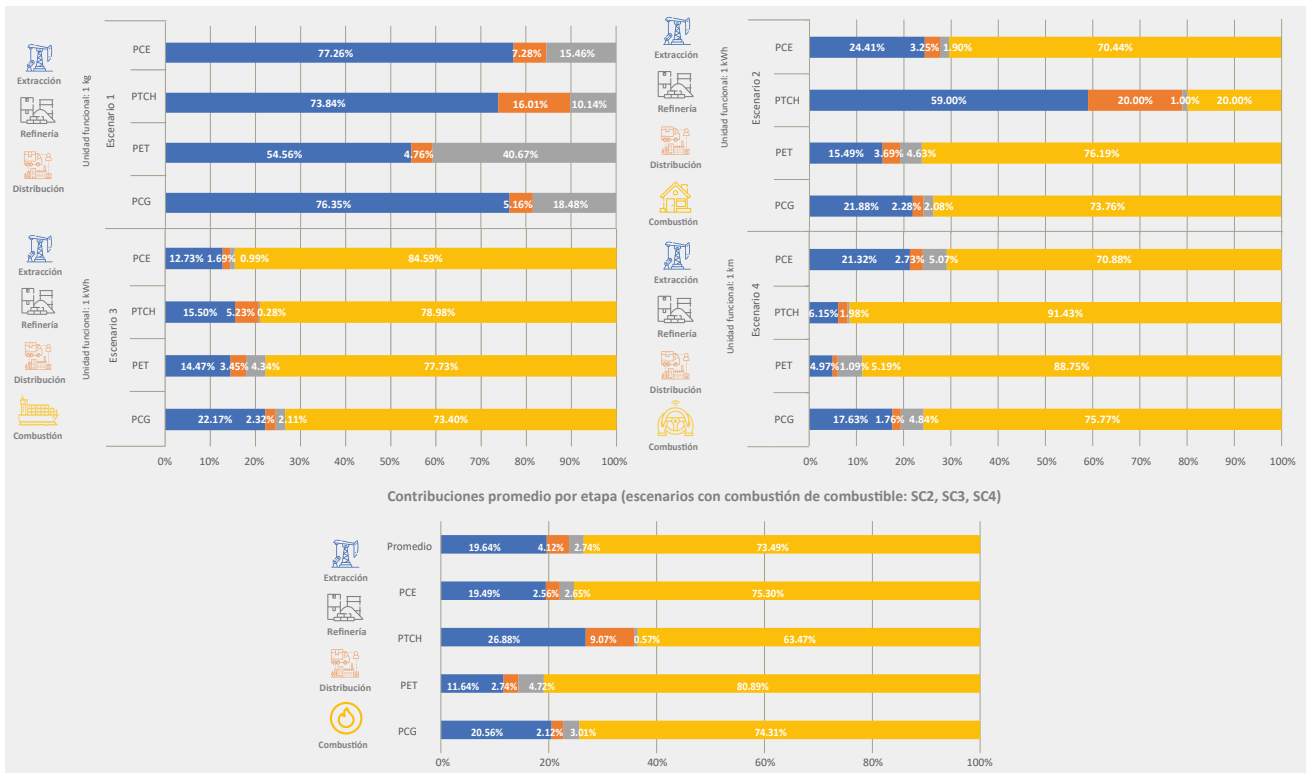


FIGURA 10: Árbol de contribución de los derivados del petróleo en los escenarios de consumo simulados para el año 2015.

En el escenario del compuesto bituminoso, la etapa de extracción es la que soporta el mayor peso de los impactos, pues domina en todas las categorías. El transporte y la refinación tienen un comportamiento similar, aunque la segunda predomina ligeramente en todas las categorías excepto en PTCH y, especialmente, en ecotoxicidad terrestre, representando el 40.67% del impacto. Dado que el resto de los escenarios consideran la etapa de combustión, y SC2 y SC3 tienen el mismo proceso de refinación, las contribuciones a cada categoría de impacto tienen un comportamiento similar.

Con el objetivo de comparar los resultados mostrados en la Figura 10 con los de otras investigaciones, se han seleccionado dos estudios de caso con el mismo enfoque y unidad funcional: gasolina fabricada con petróleo crudo de la selva tropical indonesia (Restianti and Gheewala, 2012) y de la tundra-estepa chilena (Morales et al., 2015). Estas evaluaciones proporcionan un análisis holístico de los impactos ambientales en lugar de centrarse en las emisiones de gases de efecto invernadero y dividen las categorías de impacto por etapa, como en el presente estudio.

En los informes mencionados, la fase de combustión tiene una predominancia en la categoría de Potencial de Calentamiento Global (PCG), con contribuciones del 93% y el 50% para el caso de Indonesia y Chile, respectivamente. Este comportamiento coincide con los resultados del SC3 y SC4 (escenarios que involucran servicios de transporte), en los que la etapa de combustión también tiene una prevalencia en esta categoría con participaciones en el rango de 73.40-75.77%. Sin embargo, si se analiza la contribución del proceso de refinación, las diferencias son llamativas: mientras que esta etapa domina la categoría de Potencial de Toxicidad Carcinogénica Humana (PTCH) en ambos estudios, en los escenarios 3 y 4 las contribuciones son considerablemente menores, representando el 0.28% y el 0.44% del resultado total, respectivamente. En promedio, la fase de extracción representa el 1% del total de los resultados obtenidos para la selva tropical indonesia, mientras que en la tundra-estepa chilena contribuye con el 6.33% de los impactos evaluados. Para los escenarios 3 y 4, la contribución de la extracción en las categorías de impacto comparadas también es baja, alcanzando porcentajes en el rango de 14.47-22.17% y 4.97-17.63%, respectivamente.

Estas comparaciones sugieren que: el proceso de combustión tiene una influencia significativa en los impactos ambientales asociados con el ciclo de vida de los derivados del petróleo utilizados en el transporte; y que la variación del impacto de la refinación del petróleo crudo debería abordarse en futuros estudios, para observar si las características del petróleo o la antigüedad del yacimiento afectan al rendimiento ambiental del proceso de refinación.

Es importante mencionar que los estudios aquí revisados abordan únicamente los factores de caracterización en el punto medio, por lo que no consideran las consecuencias a largo plazo o la demanda energética acumulativa asociada con el ciclo de vida del petróleo, a diferencia de esta investigación que incluye categorías de impacto en el punto final como Pérdida de Calidad del Ecosistema (PCE), Reducción de la Salud Humana (RSH) y Efectos sobre los Recursos Naturales (ERN), así como el contenido energético total expresado en términos de Huella Energética (HE).

## 5. CONCLUSIONES

Esta investigación logra establecer una asociación entre las personas usuarias de combustibles fósiles en España y la zona de extracción estudiada, concluyendo que persisten dinámicas neo-colonialistas de explotación de recursos de los países del Sur Global por parte de países del Norte Global. En la extracción de hidrocarburos de los Bloques 16 y 67 del Parque Nacional Yasuní, el Norte Global es el principal beneficiario mientras que no se cuantifican ni se ejecutan las acciones necesarias para paliar los impactos en la comunidad local y el medio ambiente:

Repsol y compañías de producción y transporte de combustibles y Gobierno español han obtenido, respectivamente, el 41% y 38% de los ingresos derivados del ciclo de vida del petróleo. Sólo una quinta parte (el 21%) de la facturación total de 21,665.62 M € procedente de la venta de los 317,048,000 barriles extraídos por Repsol queda en Ecuador, como pago directo al gobierno.

Realizando una asociación entre las ventas de combustible en España y el petróleo extraído en los bloques 16 y 67, y asumiendo que todo el consumo de combustibles corresponde al transporte de pasajeros, se estima que el 20% del precio pagado en España por cada litro de gasolina/diésel corresponde a Repsol, con 4,277.88 M€; mientras, las compañías que se encargan de la producción y transporte de combustibles derivados reciben un 21%, con 4,638.82 M€. En concepto de impuestos incluidos en el precio de combustible el Gobierno español recauda 8,124.61 M€ (38%). Por último, el 21% restante es para el Estado ecuatoriano (aproximadamente 4,624.31 M€);

- No se investiga la inversión económica que el Estado ecuatoriano realiza en la región explotada como contraprestación por los impactos causados en sus territorios, pero sí detecta, a nivel cualitativo, que **las comunidades indígenas del Parque Nacional Yasuní no se ven compensadas adecuadamente**. Los servicios básicos en esta área son notoriamente inferiores a los de otros territorios en Ecuador. Se han identificado carencias en la asistencia sanitaria, educación, infraestructuras y organización política y datos oficiales señalan que los índices de desarrollo social son más bajos y la incidencia de pobreza extrema es más alta que el promedio nacional (79% frente a 10%).

- Se identifica una **fuerte transformación del imaginario Waorani y una introducción de prácticas urbanas y modelos de consumo**. Esto es un problema grave no solo por razones culturales, sino también por razones de supervivencia: las nuevas prácticas se basan en las contribuciones económicas de Repsol, sin una estrategia de desarrollo para las etapas posteriores a la explotación petrolera. **La alta dependencia económica está acompañada de impactos sociales como el alcoholismo y el aumento de la desigualdad de género y la violencia, e impactos políticos como la cooptación de líderes indígenas y la restricción de acceso a los campos y a la información sobre las actividades petroleras**. También se podría concluir que los **conflictos entre comunidades indígenas** se han visto favorecidos por la desigual remuneración económica de Repsol a las comunidades Waorani, y por la complicada y a veces violenta situación entre grupos no contactados y comunidades asentadas en bloques petroleros.

- **La extracción hidrocarburífera no genera una economía limpia**. Desde 1999 hasta 2022, la multinacional ha extraído 317 Millones de barriles y las emisiones que ha generado son de 252.19 Mt CO<sub>2</sub>-eq, es decir, el equivalente a casi el 100% de un año de emisiones del Estado español. Sin embargo, el beneficio ha sido de algo menos de 22,000 millones de euros, es decir tan sólo del 2% del Producto Interno Bruto español anual. La explotación de los Bloques 16 y 17 ha provocado además un 80.4% más de emisiones CO<sub>2</sub>eq que la media de los pozos ecuatorianos y un 230.5% más que los de Arabia Saudita. **Los niveles de contaminación por beneficios obtenidos son insostenibles**.

En el escenario del uso del petróleo para transporte, extrapolado al consumo vasco, la investigación concluye que **las personas usuarias finales**, en este caso la población vasca, emiten 388 gramos de CO<sub>2</sub>-eq, cada vez que recorren un km con su vehículo. De ellos, el 75.30% se emite de forma directa del tubo de escape; el 2.56% en la fase de transporte del crudo; el 2,6% en la refinería; y el 19.64% durante su extracción en Yasuní. **En definitiva, como personas consumidoras finales tenemos también una responsabilidad en el deterioro ambiental que sufre el Planeta y, en concreto, el Yasuni y, en sus impactos.**

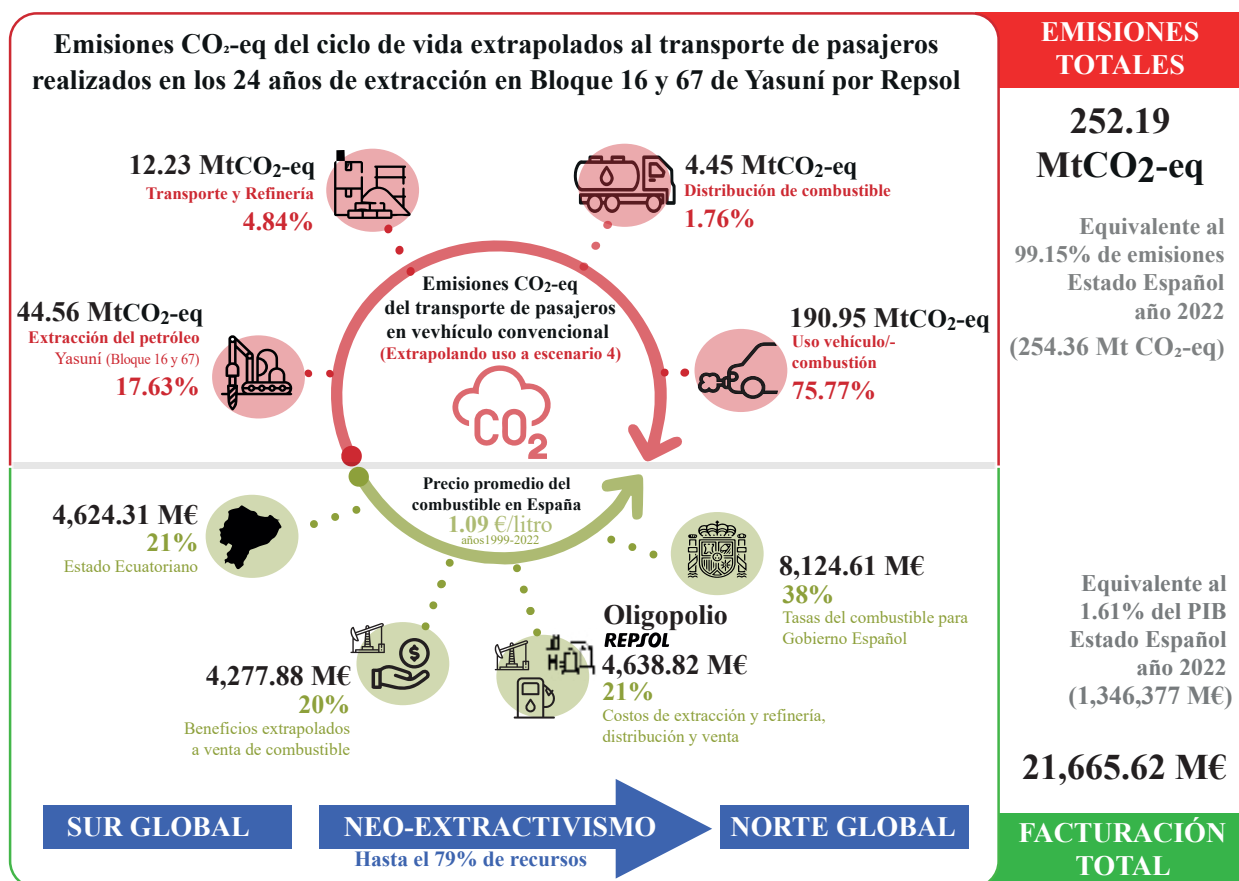
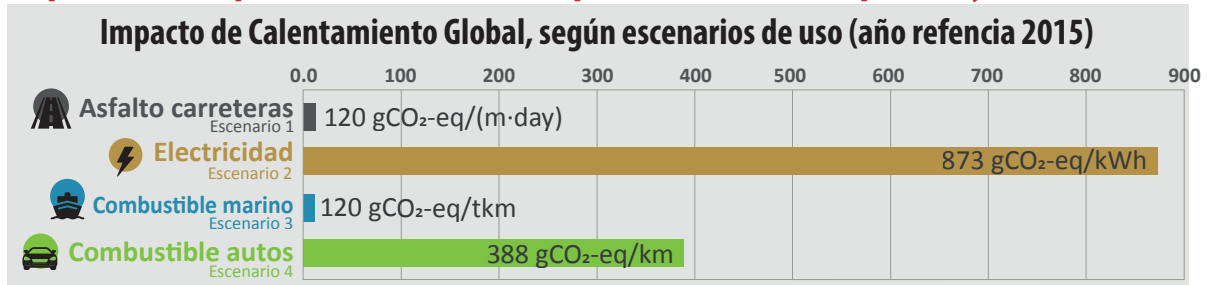
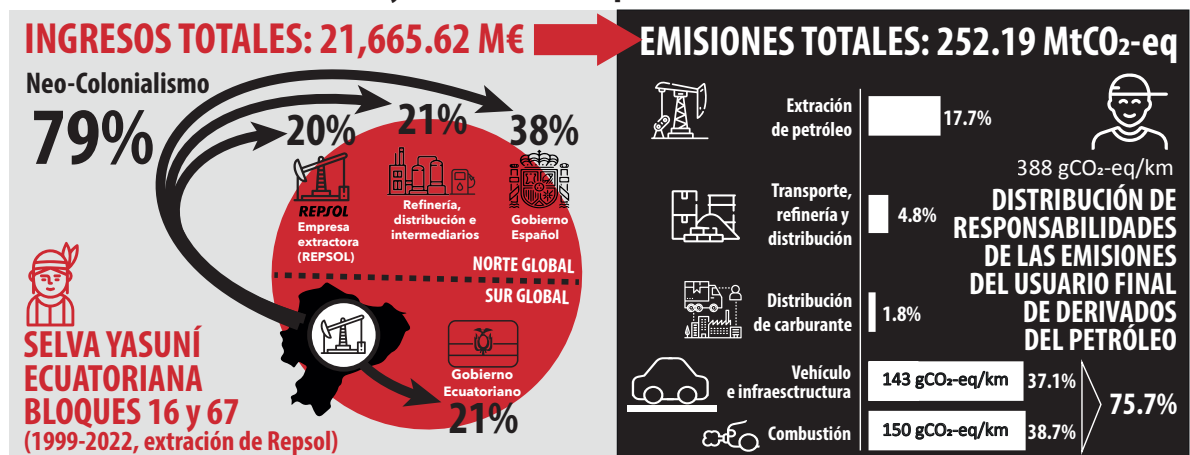


FIGURA 11: Reparto económico sobre el precio promedio del combustible y de las emisiones de dióxido de carbono en las fases del ciclo de vida del combustible, en el escenario de transporte de pasajeros (Escenario 4).

## Impactos de Repsol en la extracción de petróleo en los Bloques 16 y 67 del Yasuní



### Simulación de beneficios y emisiones CO<sub>2</sub>eq en 24 años (basado en el Escenario 4)



### Impactos cualitativos en las comunidades indígenas locales del Yasuní

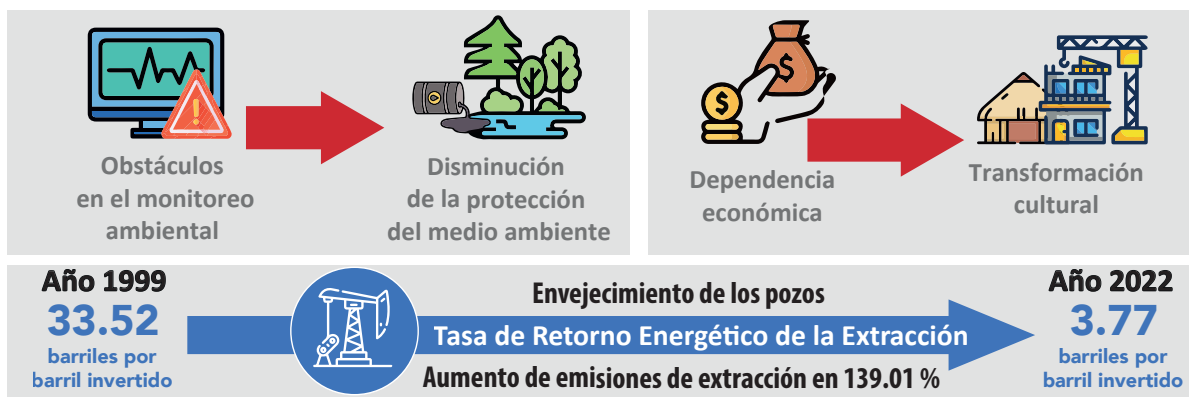


FIGURA 12: Impactos y beneficios de Repsol con la extracción de petróleo de los Bloques 16 y 67 del Parque Nacional Yasuní

# 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acción Ecológica, 1993. Amazonía por la vida. Debate ecológico sobre el problema petrolero en el Ecuador. Acción Ecológica, Quito.
- Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2024. Producción nacional de petróleo fiscalizado mensual.  
[www.accionecologica.org/alerta-verde-no-133-yasuni-por-siempre/](http://www.accionecologica.org/alerta-verde-no-133-yasuni-por-siempre/)
- Akizu, O., Urkidi, L., Bueno, G., Lago, R., Barcena, I., Mantxo, M., Basurko, I., Lopez-Guede, J.M., 2017. Tracing the emerging energy transitions in the Global North and the Global South. Int. J. Hydrog. Energy, Special Issue on The 4th European Conference on Renewable Energy Systems (ECRES 2016), 28-31 August 2016, Istanbul, Turkey 42, 18045-18063.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.04.297>.
- Alianza de Derechos Humanos de Ecuador, 2023. Informe de Verificación de Derechos Humanos Comunidad Waorani de Dicaró. Ecuador.
- Almeida, A., Proaño, J., 2008. Deuda Ecológica de la transnacionales petroleras con el Pueblo Waorani y el Parque Nacional Yasuni.
- Álvarez, F.B.V., 2023. Predicción de fallas en un motor de combustión interna de la empresa OCP Ecuador. Cienc. Lat. Rev. Científica Multidiscip. 7, 4207-4224.  
[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i1.4749](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4749)
- Ardolino, F., Palladini, A., Arena, U., 2023. Social life cycle assessment of innovative management schemes for challenging plastics waste. Sustain. Prod. Consum. 37, 344-355.  
<https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.03.011>
- Asociación de la Industria Hidrocarburífera del Ecuador, 2021. El petróleo en cifras 2020. Banco Central del Ecuador, 2022. Boletín Analítico del Sector Petrolero.
- Becerra, S., Maurice, L., Desprats-Bologna, S., 2018. Nuestro vivir en la amazonía ecuatoriana: entre la finca y el petróleo, 1st ed. Instituto de Investigación para el Desarrollo - IRD.
- Becerra, T., 2016. ¿Por qué fracasó la iniciativa Yasuní-ITT?
- Billo, E., 2015. Sovereignty and subterranean resources: An institutional ethnography of Repsol's corporate social responsibility programs in Ecuador. Geoforum 59, 268-277.  
<https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2014.11.021>
- Bravo, E., 2003. Repsol en Ecuador. Acción Ecológica. URL <https://www.accionecologica.org/repsol-en-ecuador-elizabethbravo-oilwatch/> (accessed 21.24).
- Cortez Méndez, P.M., 2017. Análisis de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de motores Waukesha en la planta de generación gas-diésel de la Empresa Repsol Ecuador.
- Dahham, R.Y., Wei, H., Pan, J., 2022. Improving Thermal Efficiency of Internal Combustion Engines: Recent Progress and Remaining Challenges. Energies 15, 6222.  
<https://doi.org/10.3390/en15176222>



- De Castro, C., Capellán-Pérez, I., 2020. Standard, Point of Use, and Extended Energy Return on Energy Invested (EROI) from Comprehensive Material Requirements of Present Global Wind, Solar, and Hydro Power Technologies. *Energies* 13, 3036.  
<https://doi.org/10.3390/en13123036>
- Diario el Universo, 2013. El mapa petrolero se amplía en el Yasuní diverso [WWW Document]. El Universo.  
<https://www.eluniverso.com/noticias/2013/08/25/nota/1336876/mapa-petrolero-se-amplia-yasuni-diverso> (accessed 4.22.24).
- Durango-Cordero, J., Saqalli, M., Laplanche, C., Locquet, M., Elger, A., 2018. Spatial Analysis of Accidental Oil Spills Using Heterogeneous Data: A Case Study from the North-Eastern Ecuadorian Amazon. *Sustainability* 10, 4719.  
<https://doi.org/10.3390/su10124719>
- Ecologistas en Acción, 2011. La iniciativa ITT-Yasuní: Un ejemplo de cómo transitar hacia un mundo sin calentamiento global, biodiverso y basado en energías renovables.
- Ekologistak Martxan, 2012. Deuda ecológica de Repsol-YPF en Ecuador.
- EPD International AB, 2023. Product Category Rules (PCR) 2023:05 for the assessment of the environmental performance of crude petroleum and natural gas.
- Espinosa, C., 2013. The riddle of leaving the oil in the soil—Ecuador’s Yasuní-ITT project from a discourse perspective. *For. Policy Econ., Forest and conservation policy in a changing climate* 36, 27–36.  
<https://doi.org/10.1016/j.forpol.2012.07.012>
- Garmendia, E., Urkidi, L., Arto, I., Barcena, I., Bermejo, R., Hoyos, D., Lago, R., 2016. Tracing the impacts of a northern open economy on the global environment. *Ecol. Econ.* 126, 169–181.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.02.011>
- Gonzalez, M., España, J., Almeida, A., 2022. Impacto de los derrames de Petróleo en la Amazonía Ecuatoriana.
- Gudynas, E., 2009. Diez tesis urgentes sobre el nuevo extractivismo. Contextos y demandas bajo el progresismo sudamericano actual. [WWW Document]. *Inst. Estud. Sobre Desarro. Coop. Int.* URL.  
<https://biblioteca.hegoa.ehu.es/registros/17745> (accessed 5.15.24).
- Huth, M., Heilos, A., 2013. 14 – Fuel flexibility in gas turbine systems: impact on burner design and performance, in: Jansohn, P. (Ed.), *Modern Gas Turbine Systems*, Woodhead Publishing Series in Energy. Woodhead Publishing, pp. 635–684.  
<https://doi.org/10.1533/9780857096067.3.635>
- International – U.S. Energy Information Administration (EIA), 2024. . *Glob. Prod. Pet. Liq.*  
<https://shorturl.at/moBLW>(accessed 2.15.24).
- Larrea, C., 2023. ¿Es conveniente y viable continuar con la explotación petrolera en el ITT?–
- Larrea, C., 2013. *Atlas de las Desigualdades Socio-económicas*, Ecuador.

- Larrea Maldonado, C.A., Arroyo, L.M., 2017. ¿Está agotado el periodo petrolero en Ecuador?. Alternativas hacia una sociedad más sustentable y equitativa: un estudio multicriterio. Quito: La Tierra. Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.
- Liu, Y., Lu, S., Yan, X., Gao, S., Cui, X., Cui, Z., 2020. Life cycle assessment of petroleum refining process: A case study in China. *J. Clean. Prod.* 256, 120422  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120422>
- Machado, J., 2023. Diez años después, la explotación del Yasuní irá a consulta. *Primicias*.
- MacKay, D., 2009. *Sustainable Energy – without the hot air*. UIT Cambridge.
- Mazloomi, K., Gomes, C., 2012. Hydrogen as an energy carrier: Prospects and challenges. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 16, 3024–3033.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.028>
- Messmer, A., Friscknecht, R., 2016. *Life Cycle Inventories of Water Transport Services*.
- Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica, n.d. Sistema Nacional de Información de la Reparación Integral de pasivos ambientales y sociales del Programa de Reparación Ambiental y Social (PRAS). Datos desde su creación en 2008.
- Ministerio de Energía y Minas, 2024. Ecuador consolida la producción eléctrica a partir de fuentes renovables [WWW Document]. *Recur. Energ.*  
[https://www.rekursyenergia.gob.ec/ecuador-consolida-la-produccion-electrica-apartir-de-fuentesrenovables/#:~:text=Bajo%20este%20precepto%2C%20es%20importante,%2C%20geotermia%2C%20entre%20otras \(accessed 2.19.24\)](https://www.rekursyenergia.gob.ec/ecuador-consolida-la-produccion-electrica-apartir-de-fuentesrenovables/#:~:text=Bajo%20este%20precepto%2C%20es%20importante,%2C%20geotermia%2C%20entre%20otras (accessed 2.19.24)).
- Morales, M., Gonzalez-García, S., Aroca, G., Moreira, M.T., 2015. Life cycle assessment of gasoline production and use in Chile. *Sci. Total Environ.* 505, 833–843.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.10.067>
- Muñoz, C., 2016. Elaboración de un manual de procedimientos que guíe y norme el manejo de los activos fijos y la administración del libro propiedad planta y equipo (LPPE) de los bloques 16 y Tivacuno de la empresa Repsol Ecuador S.A. [WWW Document].  
[https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2968673 \(accessed 1.19.24\)](https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2968673 (accessed 1.19.24)).
- Nieto, M.J., 2020. Violencia contra las mujeres y justicia de las mujeres en la Amazonía. *Foro Rev. Derecho* 85–102.  
<https://doi.org/10.32719/26312484.2020.34.5>
- Observatorio de Transnacionales de Barcelona, 2002. *Repsol-YPF en Ecuador*.
- Parra, R., 2019. Análisis del sistema de extracción del petróleo a partir del uso de la Tasa de Retorno Energética (TRE) para el caso de Ecuador, in: *Ecological Economics and Social-Ecological Movements. Science, Policy and Challenges to Global Processes in a Troubled World*. UAM-X, CSH, México D.F.
- Parra, R., Bukkens, S.G.F., Giampietro, M., 2020. Exploration of the environmental implications of ageing conventional oil  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142371>

- Pearson, Z., Ellingrod, S., Billo, E., McSweeney, K., 2019. Corporate social responsibility and the reproduction of (neo)colonialism in the Ecuadorian Amazon. *Extr. Ind. Soc.* 6, 881–888.  
<https://doi.org/10.1016/j.exis.2019.05.016>
- Pichilingue, E., 2021. El abandono de los Pueblos Indígenas Aislados del Ecuador [WWW Document]. *Debates Indig.*  
<https://debatesindigenas.org/notas/115-abandono-de-pueblos-indigenas-ecuador.html> (accessed 2.1.24).
- Pradhan, R.P., Arvin, M.B., Ghoshray, A., 2015. The dynamics of economic growth, oil prices, stock market depth, and other macroeconomic variables: Evidence from the G-20 countries. *Int. Rev. Financ. Anal.* 39, 84–95.  
<https://doi.org/10.1016/j.irfa.2015.03.006>
- Prior, T., Giurco, D., Mudd, G., Mason, L., Behrisch, J., 2012. Resource depletion, peak minerals and the implications for sustainable resource management. *Glob. Environ. Change, Global transformations, social metabolism and the dynamics of socio-environmental conflicts* 22, 577–587.  
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.08.009>
- Raugei, M., 2019. Net energy analysis must not compare apples and oranges. *Nat. Energy* 4, 86–88.  
<https://doi.org/10.1038/s41560-019-0327-0>
- Rentería, P.E.H., 2020. La Iniciativa Yasuní-ITT: una oscura lección sobre ética y desarrollo. *Rev. Fac. Jurisprud.* 208–244. Repsol, 2018. Plan de sostenibilidad e informe de cierre – Ecuador.
- Restianti, Y.Y., Gheewala, S.H., 2012. Life cycle assessment of gasoline in Indonesia. *Int. J. Life Cycle Assess.* 17, 402–408.  
<https://doi.org/10.1007/s11367-011-0372-9>
- Rival, L., 2022. Declaración en el CASO PUEBLOS INDIGENAS TAGAERI Y TAROMENANI VS ECUADOR. Declaración de testigo experto (Universidad de Oxford).
- Rival, L., 2015. Transformaciones huaoranis: frontera, cultura y tensión. Universidad Andina Simón Bolívar.
- Rival, L., 2010. Ecuador’s Yasuní-ITT Initiative: The old and new values of petroleum. *Ecol. Econ., Special Section: Ecological Distribution Conflicts* 70, 358–365.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.09.007>
- Rivas, J.A., Gualotuña, E.G., Muñoz, G.V., Rodríguez, G.T., 2020. Cálculo Preliminar de la Tasa de Retorno Energético (EROI) del Petróleo Ecuatoriano. *Aporte Santiaguino* ág. 59–76.  
<https://doi.org/10.32911/as.2020.v13.n1.681>
- Robert, W., Kati, A., Penti, B., Kimerling, J., De Marchi, M., Codato, D., Diantini, A., Ferrarese, F., 2018. Zona Intangible del Yasuní Entre el manejo territorial y la geografía imaginada.
- Rosero, S., 2023. Una consulta popular le dice sí a proteger el Yasuní. *El País*.
- Ruiz, D., 2012. Análisis de ciclo de vida y huella de carbono. UNED, España.
- Russi, D., Puig Ventosa, I., Ramos, J., Ortega, M., Ungar, P., 2003. Deuda ecológica ¿Quién debe a quién?, *Observatorio de la deuda en la Globalización*. ed. Catalunya.
- Samaniego, P., Vallejo, M.C., Martínez-Alier, J., 2017. Commercial and biophysical deficits in South America, 1990–2013. *Ecol. Econ.* 133, 62–73.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.11.012>

- San Sebastián, M., Hurtig, A.K., 2005. Oil development and health in the Amazon basin of Ecuador: the popular epidemiology process. *Soc. Sci. Med.* 1982 60, 799–807.  
<https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2004.06.016>
- Sönnichsen, 2023. Great Britain: new car fuel consumption 2020 [WWW Document]. Statista.  
<https://www.statista.com/statistics/780748/new-car-fuel-consumption-great-britain/> (accessed 1.22.24).
- Statista Research Department, 2023. Indonesia: oil production 2022 [WWW Document]. Statista.  
<https://www.statista.com/statistics/609047/oil-production-in-indonesia/> (accessed 2.15.24).
- Suleiman, M., 2013. Oil Demand, Oil Prices, Economic Growth and the Resource Curse: An Empirical Analysis - ProQuest. University of Surrey.
- UASB-UISA, 2022. Mapa de cambio del uso del suelo en los bloques de la Amazonía. Los bloques 16 y 67 con datos de 2022.
- UASB-UISA, 2010. Base socioambiental del Ecuador, con base en INEC, Censo 2010.
- Urkidi Azkarraga, L., 2014. La enseñanza-aprendizaje de la Geografía a partir de la deuda ecológica: aportaciones y limitaciones, in: Nuevas perspectivas conceptuales y metodológicas para la educación geográfica, Vol. 2, 2014, ISBN 978-84-940784-6-0, págs. 669-683. Presented at the Nuevas perspectivas conceptuales y metodológicas para la educación geográfica, Universidad de Córdoba, pp. 669-683.
- Urkidi, Lago, Basurko, Mantxo, Barcena, Akizu-Gardoki, O., 2015. Transiciones energéticas. Sostenibilidad y democracia energética. University of the Basque Country.
- Vallejo, M.C., 2010. Biophysical structure of the Ecuadorian economy, foreign trade, and policy implications. *Ecol. Econ., Special Section: Ecological Distribution Conflicts* 70, 159–169. 169.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.03.006>
- Vallejo, M.C., Burbano, R., Falconí, F., Larrea, C., 2015. Leaving oil underground in Ecuador: The Yasuní-ITT initiative from a multi-criteria perspective. *Ecol. Econ.* 109, 175–185.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.11.013>
- .- Villalba-Eguiluz, C.U., Etxano, I., 2017. Buen Vivir vs Development (II): The Limits of (Neo-)Extractivism. *Ecol. Econ.* 138, 1–11.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.03.010>
- Wallerstein, I.M., 2005. Análisis de sistemas-mundo: una introducción. Siglo XXI.
- Wassestorm, R., Alvarez, K., Baihua, P., Kimerling, J., De Marchi, M., Pappalardo, S.E., Codato, D., Diantini, A., Ferrarese, F., Ponce, M., Potes, V., 2018. Zona Intangible del Yasuní: entre el manejo territorial y la geografía imaginada • Abya Yala.
- WCS Ecuador, 2007. Paisajes Yasuní [WWW Document].  
<https://ecuador.wcs.org/es-es/Paisajes/Yasun%C3%AD.aspx> (accessed 4.22.24).
- Woltman, A., 2013. Greater Yasuní-Napo Moist Forest Landscape Conservation Area (Ecuador). Wildlife Conservation Society.
- Yasunidos, 2023. Cronología de Hechos en el Parque Nacional Yasuní [WWW Document]. Yasunidos  
<https://www.yasunidos.org/nuestra-historia/> (accessed 4.22.24).

