



# EL FIN DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES

---

UNA RUTA HACIA  
LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

EDUARDO CALVO / ANTONIO ZAMBRANO / AUGUSTO DURAN



# CONTENIDO

**EDUARDO CALVO**

## **1**

<b>LOS COMBUSTIBLES FÓSILES: CÓMO LLEGARON A NOSOTROS, QUÉ NOS HAN HECHO, POR QUÉ ES TIEMPO DE DECIR ADIÓS A SUS EMISIONES Y CÓMO LOGRARLO</b>	<b>9</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>10</b>
<b>ORIGEN E HISTORIA DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES</b>	<b>12</b>
<b>LA PASIÓN POR LOS COMBUSTIBLES</b>	<b>12</b>
<b>¿QUÉ SON LOS COMBUSTIBLES FÓSILES Y DE DÓNDE VIENEN?</b>	<b>16</b>
<b>HISTORIA ANTES DE LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL</b>	<b>21</b>
<b>USO DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES Y EL IMPACTO DE SU USO</b>	<b>25</b>
<b>REVOLUCIÓN INDUSTRIAL</b>	<b>25</b>
<b>CALOR, VAPOR E INDUSTRIA</b>	<b>28</b>
<b>¿CÓMO MOVIERON AL MUNDO? TRENES, AUTOS, BARCOS Y AVIONES</b>	<b>31</b>
<b>ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES FÓSILES</b>	<b>43</b>
<b>FERTILIZANTES Y COMBUSTIBLES FÓSILES</b>	<b>44</b>
<b>UN MUNDO PLÁSTICO</b>	<b>47</b>
<b>IMPACTOS DEL USO DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES</b>	<b>48</b>
<b>IMPACTOS DE LA PRODUCCIÓN Y TRANSPORTE</b>	<b>59</b>
<b>IMPACTOS AMBIENTALES DE LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN, PETRÓLEO Y GAS</b>	<b>59</b>
<b>IMPACTOS SOCIALES DE LA PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLES FÓSILES</b>	<b>65</b>
<b>IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIALES DE LA PRODUCCIÓN Y TRANSPORTE DE COMBUSTIBLES FÓSILES EN EL PERÚ</b>	<b>66</b>
<b>ACCIDENTES, DERRAMES E INCENDIOS</b>	<b>68</b>

<b>TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y SUS BARRERAS</b>	<b>81</b>
SITUACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO	81
¿EL FIN DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES?	83
¿CAPTURA Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO?	86
ENERGÍAS RENOVABLES	88
BARRERAS Y OPORTUNIDADES PARA LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL PERÚ	90
EPILOGO	95

## ANTONIO ZAMBRANO

### 2

<b>PETRÓLEO Y SOCIEDAD: IMPACTOS Y RUTAS PARA DEJAR LOS HIDROCARBUROS BAJO TIERRA Y RECONCILIARNOS CON EL FUTURO EN EL PERÚ</b>	<b>99</b>
---	-----------

INTRODUCCIÓN	100
¿QUÉ ES LO QUE ESTÁ EN JUEGO?	102
PETRÓLEO Y POLÍTICAS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO: DISCORDANCIAS	116
ESCENARIOS INMEDIATOS Y FUTUROS DE LA DESCARBONIZACIÓN	121
PENSAR NUESTROS FUTUROS POSIBLES	130
CONCLUSIONES	136

## AUGUSTO DURAN

### 3

<b>UNA HERRAMIENTA PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA JUSTA Y POPULAR: TRATADO DE NO PROLIFERACIÓN DE COMBUSTIBLES FÓSILES</b>	<b>139</b>
---	------------

¿POR QUÉ IMPULSAR LA NO PROLIFERACIÓN DE COMBUSTIBLES FÓSILES?	140
UNA ALTERNATIVA GLOBAL A LA CRISIS CLIMÁTICA: TRATADO DE NO PROLIFERACIÓN DE COMBUSTIBLES FÓSILES	148
OPORTUNIDAD PARA UNA TRANSICIÓN ENERGÉTICA JUSTA Y POPULAR	153
CONCLUSIONES	164
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	165

**EL FIN DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES: Una ruta hacia la transición energética.**

**Publicación realizada por:**

Movimiento ciudadano frente al cambio climático (MOCICC)

Jr. Coronel Zagarra 426 Jesús María, Lima – Perú

Teléfonos: (51-1) 7795233

**[www.mocicc.org](http://www.mocicc.org)**

**Autores:**

Eduardo Calvo Buendía

Antonio Zambrano Allende

Augusto Duran Duran

**Revisión, edición y cuidado editorial:**

Gloria Alvitres, MOCICC Perú

**Fotografía:**

MOCICC

Marlon Flores

**Diseño Editorial:**

Imagraphic, Estudio de Diseño

**Primera Edición:**

Lima, junio 2023

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2023-05500

**Se terminó de imprimir en junio 2023 en:**

Apogeo Editorial

Esta publicación fue realizada gracias al apoyo de la Iniciativa del Tratado de No Proliferación de Combustibles Fósiles y MISEREOR



**TRATADO DE**  
**NO**  
**PROLIFERACIÓN**  
**DE COMBUSTIBLES**  
**FÓSILES**

## PRESENTACIÓN

El presente documento permitirá tener mayores insumos para abrir debates en torno a la necesidad de implementar un tratado de no proliferación de combustibles fósiles, que sea complementario al Acuerdo de París y que permita tener una alternativa frente a la actual crisis climática, pero que incorpore características propias de acuerdo al contexto peruano.

Para ello, intentamos presentar, con un lenguaje sencillo, la problemática que los combustibles fósiles han generado en el planeta a lo largo de todos los años de explotación y uso, partiendo desde un enfoque global hasta centrarnos específicamente en los impactos que han provocado en el territorio nacional. El presente documento se centra principalmente en la crisis climática actual. Sin embargo, consideramos necesario también tocar otras dimensiones en el abanico de problemáticas que se desprende de la extracción y quema de combustibles fósiles; por ejemplo, daños en los ecosistemas y territorios, contaminación ambiental, problemas sociales y alternativas o salidas a estos, entre otras.

El documento está dividido en tres partes, donde contrastaremos puntos de vista en torno a la problemática de los combustibles fósiles. La primera, titulada **“Los combustibles fósiles: Cómo llegaron a nosotros, qué nos han hecho, por qué es tiempo de decir adiós a sus emisiones y cómo lograrlo”**, elaborada por Eduardo Calvo Buendía, aborda el origen e historia de los combustibles fósiles, detallando con gran precisión los momentos en que la humanidad se volvió dependiente de los mismos. Seguido de ello, nos muestra toda la variedad de usos que le damos; por ejemplo, emplear combustibles para la generación de electricidad o como materia prima para el plástico. Luego, se detallan los impactos ambientales y sociales que han causado, para finalmente proponer algunos puntos clave a debatir en un proceso de transición energética.

En la segunda parte, titulada **“Petróleo y sociedad: Impactos y rutas para dejar los hidrocarburos bajo tierra y**

**reconciliarnos con el futuro en el Perú**", de autoría de Antonio Zambrano Allende, se detalla con gran maestría lo que está en juego para la humanidad y nuestro planeta. Se hace mención a los reportes del IPCC, y se centra a los combustibles fósiles como principales responsables del cambio climático. Además, se muestra la dependencia del Perú y del mundo a los mismos, tomando como caso la guerra en Ucrania. A continuación, se expone la falta de políticas públicas frente al cambio climático, las discordancias entre ellas, el ejemplo del gas de Camisea y la necesidad de nuevos acuerdos marco de cooperación internacional para apoyar a países como Perú. Finalmente, se hace un llamado a un futuro libre de combustibles fósiles, mencionando escenarios de descarbonización, la importancia del movimiento climático y el derecho y la posibilidad de un mundo sin petróleo, carbón y gas.

En la tercera parte, titulada "Tratado de no proliferación de combustibles fósiles: Herramienta para la transición energética justa y popular", se sistematiza información que consideramos relevante para levantar una agenda de lucha común frente a los combustibles fósiles. Al mismo tiempo, se presenta la iniciativa global del llamado a la implementación de un tratado de no proliferación de combustibles fósiles, partiendo de los motivos para impulsarlo, la estrategia a utilizar y la propuesta política que representa. El texto termina presentando insumos y lineamientos necesarios para abrir debates en torno a una transición energética justa y popular, y hace una especial mención al dilema de la energía limpia.

Este documento busca interpelar a tomadores de decisión, empresas y sociedad civil sobre el terrible e irreparable daño que la industria de los combustibles fósiles le ha causado al planeta y la vida. Esperamos también que pueda ser instrumento para fortalecer procesos de incidencia y resistencia frente a las narrativas hegemónicas que el sistema capitalista nos ha impuesto. Creemos con total certeza que un mundo mejor es posible, un mundo con todxs y para todxs, donde la ambición del capital no esté sobre la vida.

Augusto Duran Duran

# 1



# LOS COMBUSTIBLES FÓSILES:

CÓMO LLEGARON A  
NOSOTROS, QUÉ NOS  
HAN HECHO, POR QUÉ ES  
TIEMPO DE DECIR ADIÓS  
A SUS EMISIONES Y CÓMO  
LOGRARLO

---

POR EDUARDO CALVO B.



TRATADO DE  
**NO**  
PROLIFERACIÓN  
DE COMBUSTIBLES  
FÓSILES

## INTRODUCCIÓN

La presente sección pretende ilustrar de manera sencilla cómo los combustibles fósiles llegaron a nuestras vidas, las cambiaron, para bien y para mal, y por qué estamos en el momento de dejar de liberar a la atmósfera sus emisiones antes de que sea demasiado tarde para la humanidad.

Para cumplir esto, se necesita entender cómo los combustibles, biológicos o fósiles, han cambiado a la humanidad, por fuera y por dentro, haciendo lo que somos como especie, los lugares en que vivimos y hasta las formas en que adoramos a nuestros dioses. Luego, veremos cómo los combustibles fósiles se han ido incorporando en la vida humana durante los últimos 2000 años. Al principio, lo hicieron de forma lenta, pero luego de manera acelerada, a partir de la Revolución Industrial, que estuvo basada en el siglo XVIII en el carbón mineral y tuvo implicancias políticas e históricas. La dependencia se acentúa con la llegada del petróleo en el siglo XIX y el uso del gas natural, que durante décadas se dejaba al viento o se quemaba por seguridad, como el combustible "limpio" de ciudades e industrias a fines del siglo XX y en nuestro siglo XXI.

La historia de la producción, transporte y distribución de los combustibles fósiles es también una historia del ingenio humano, de la ciencia y la ingeniería creada para su mejor uso. Sin embargo, al mismo tiempo, es una historia de codicia, crímenes y abusos contra pobladores locales, trabajadores y, sin lugar a duda, contra el medio ambiente, tanto de las zonas productoras como de las ciudades e industrias que los consumen.

Por esto, un capítulo aparte lo merecerá el impacto que los combustibles fósiles, tanto en los lugares de producción como

al ser transportados, han ejercido sobre el medio ambiente a nivel local, regional y global. Ese impacto, que a nivel de usuarios le quita la vida a millones de personas anualmente, por la reducida calidad del aire, también deteriora la vida de las zonas productoras debido a las aguas que contamina y en algunos lugares hasta ocasiona sismos que no solo acaban con vidas humanas, sino que además afectan a plantas y animales en todo el mundo.

La problemática no es ajena al Perú, cuya historia y medio ambiente lleva la marca de la presencia de los combustibles fósiles, desde la hacienda La Brea a los campos petroleros de Capirona, Trompeteros y Pavayacu de los años 70 del siglo pasado, pasando por los del gas de Aguaytía y Camisea e incluyendo a las minas de carbón bituminoso de Goyllarisquizza.

Al igual que el resto de la humanidad, estamos en la puerta de una gran transición energética, pues, así como la leña, las velas, los molinos de viento y los caballos dieron el pase a los combustibles fósiles, evitando unos problemas y generando otros nuevos, hoy tenemos que pensar en un uso limitado de ellos, con sistemas de captura y almacenamiento de carbono. Debemos transitar hacia fuentes cien por ciento renovables, las que representan el futuro energético de la humanidad.

# ORIGEN E HISTORIA DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES

## LA PASIÓN POR LOS COMBUSTIBLES

En el proceso de hominización, el fuego cumplió un papel muy importante. Entre uno y dos millones de años atrás, alguno de nuestros antepasados (una especie del género *Homo*) usó el fuego; probablemente, el *Homo erectus*, como muchos arqueólogos y antropólogos sospechan, aunque otros datan el hecho hace menos de 300,000 años.

Sin embargo, su evidencia certera de uso para herramientas data de más de 160,000 años atrás y su control total de 125,000. El fuego cambió la dieta humana, hizo los lugares fríos habitables, espantó a las fieras, aumentó la fecundidad de la especie humana y ayudó a extender el día. Por todos estos atributos, el fuego ha sido reverenciado desde la antigüedad.

De esta manera, las diversas cosmovisiones han atribuido al fuego la propiedad de ser un regalo de los dioses. Así, desde la tradición occidental, el fuego fue traído a los humanos desde el Olimpo, contraviniendo los dictados de Zeus (que lo había prohibido a los humanos), por el titán Prometeo (cuyo nombre significa "el que prevé"), que es considerado como un protector de la civilización humana. Este titán, según los diferentes mitos, le había robado el fuego a Atenea, Hefesto o Helios y lo habría traído en una cañaheja, hierba permanente mediterránea que arde lentamente.

Para los antiguos romanos, el fuego era tan importante que la diosa del fuego, Vesta, tenía sus propias sacerdotisas, las vestales. Ellas, consideradas importantes para la seguridad de Roma, eran seleccionadas entre las niñas nobles por 30 años: 10 para aprender, 10 para implementar y 10 para enseñar sobre el fuego sagrado. En la Biblia hebrea y cristiana, Dios se aparece a Moisés en una zarza ardiente, la que hasta hoy es el símbolo de la cristiana Iglesia de Escocia.

En la cosmovisión andina, el fuego era regido por una de las cuatro madres elementales: Pachamama (la madre naturaleza o madre tierra), Mamacocha (madre de las aguas), Mamawayra (madre de los vientos y el aire) y Mamanina (madre del fuego,

la luz y los volcanes). De esta forma, el fuego, aunque sin la prominencia del Sol, la Luna y la Tierra, aparecía como uno de los cuatro elementos.

En estas páginas, presentaremos de manera muy rápida cómo el reverenciado fuego nos cambió en cuerpo y alma, cómo expandió nuestra presencia a alturas y latitudes más allá de nuestro rango como especie, expandió nuestro día útil y luego nos permitió transformar los materiales básicos para la civilización humana. Pero, para empezar, necesitamos definir qué es el fuego.

El fuego es el resultado de la reacción química del oxígeno más algún tipo de materia combustible<sup>1</sup>. Pese a que nuestro aire contiene más de un quinto de oxígeno y que mucho alrededor de nosotros es capaz de arder, se requiere un tercer factor: que el combustible alcance la llamada temperatura de ignición.

Entonces, para lograr fuego, requerimos elevar la temperatura del material combustible. Esto lo puede hacer la naturaleza con un meteorito, un rayo o a partir de un volcán. No obstante, en la actualidad, el fuego es más bien consecuencia de acciones de alguno de los 7900 millones de humanos que habitamos el planeta Tierra en 2022. Dichas acciones se dan tanto de manera intencional, por ejemplo en nuestras cocinas e industrias, como involuntariamente, como es el caso de los incendios y explosiones no provocados que ocurren a diario.

El lograr la temperatura de ignición, un gran reto para los humanos antiguos, se fue simplificando con el tiempo. El fuego pasó de ser conservado en materiales que ardían lentamente a obtenerlo por fricción y, con el paso del tiempo, a partir de espejos cóncavos o lentes concentradores de los rayos del Sol; asimismo, a poder llevarse fuentes de fuego en los bolsos o bolsillos bajo la forma de fósforos o encendedores de gas butano. Hoy, los humanos producimos temperaturas cientos de miles de veces mayores que las que existen en el centro del Sol en lugares como la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN, por sus siglas en inglés) o el Tokamak Superconductor Experimental Avanzado de la República Popular China.

---

<sup>1</sup> Etimológicamente, oxígeno quiere decir "productor de ácidos", mientras que combustible significa "que puede arder".

La temperatura de ignición ha sido parte también de la cultura popular, que la ha presentado como parte de la combustión espontánea humana o la infame quema de libros que tantos dictadores y culturas represivas han llevado a cabo. De esta manera, Chales Dickens la usaría en su novela de mediados del siglo XIX, *La casa desolada*, popular en la Inglaterra victoriana. Años más tarde, Ray Bradbury, escribiría la novela *Fahrenheit 451*, que hace alusión a la temperatura a la que el papel se inflama (en el sistema internacional, 232.8 °C) y por lo tanto a las quemadas de libros, tan populares hasta hace pocos años, incluso en el Perú.

Entonces, técnicamente hablando, una combustión es una oxidación como la que ocurre en el hierro y las herramientas hechas de él, pero de manera rápida, con desprendimiento de calor y generalmente con formación de llama. Evidentemente, no hablamos del simpático camélido sudamericano, su homónimo, sino de la producción de luz que acompaña al fuego y que más allá de los objetos celestes, como la Luna y las estrellas, ha alumbrado a los humanos en fogatas, velas, mecheros, quinqués, cocinas, entre otros. Ya los antiguos romanos habían producido velas de cera de abeja sin humo excesivo ni malos olores. Hoy, el sistema internacional de medidas mide la intensidad de la luminosidad en candelas, que es el nombre latino de las velas.

De esta manera, con altas temperaturas y llamas luminosas, el fuego nos cambió. Nos cambió en cuerpo y alma. Volviendo por un momento a la mitología griega, hay que recordar que, según dicha cultura, el padre de los dioses del Olimpo, Zeus, cobró venganza tanto de Prometeo por robar el fuego como de los humanos por aceptarlo. Al primero lo condenó a permanecer encadenado y ser torturado eternamente por un águila y, a los humanos, dando al hermano de Prometeo, Epimeteo (en griego, "el que ve o piensa hacia atrás"), la caja (o jarra) que contenía todos los males de la humanidad. A Epimeteo, Zeus le envió a Pandora (la primera mujer), quien abriría la caja que liberó todos los males, quedando solo la esperanza. Y todo a consecuencia del secreto de la combustión.

De la misma forma, en esta publicación, nos encontraremos con inintencionadas consecuencias del uso de la combustión, en especial de un tipo de combustibles. Pero dejemos eso para

después. ¿Cómo cambió el fuego nuestros cuerpos y almas? Empecemos con las funciones básicas. Empecemos por la más básica: comer. El fuego permite cambiar la digestibilidad de los alimentos, nos facilita el comer carne, el poder aprovechar los granos y tubérculos que no podemos aprovechar crudos, así como una serie de vegetales y frutos que requieren de cocción. Además, desinfecta de microorganismos patógenos los alimentos y, mediante técnicas como el ahumado, los preserva para su uso posterior.

Este cambio en los alimentos varió tanto nuestro aspecto como nuestro sistema digestivo, en comparación a los primates remotamente emparentados con los seres humanos. De esta manera, nuestros dientes pudieron ser más pequeños, al igual que nuestras mandíbulas y nuestros intestinos más cortos. Como dice Harari en *Sapiens. De animales a dioses*:

Puesto que tanto un intestino largo como un cerebro grande son grandes consumidores de energía, es difícil tener ambas cosas. Al acortar el intestino y reducir su consumo de energía, la cocción abrió accidentalmente el camino para el enorme cerebro de neandertales y sapiens.

Pero los seres humanos no usaron el fuego solo para cambiar su entorno, o como diríamos hoy, su medio ambiente. También lo usaron para espantar a sus hasta entonces depredadores –como lobos, tigres o leones– y para transformar su hábitat, incendiando bosques y convirtiéndolos en pastizales o praderas de miles de hectáreas. Hoy que se sataniza a los países en desarrollo por la deforestación mediante quemaduras forestales, se olvida que buena parte del norte de Europa son bosques incendiados hace más de mil años, y que gran parte de los campos norteamericanos tienen su origen en los bosques quemados por colonos europeos durante los últimos 500 años.

En fin, de la mano del fuego, los humanos habitaron tierras en las que el frío nocturno o invernal los hubiera congelado de otra manera, tanto en la vecindad de los polos como en las tierras alejadas del efecto atemperador de lagos, mares y océanos, así como en lo alto de las montañas, de otra manera inhóspitas.

El fuego, durante mucho tiempo, consumió principalmente materiales de origen animal o vegetal, los que llamamos orgánicos, aunque hoy son conocidos como combustibles tradicionales de biomasa, principalmente leña y estiércol, y se incluye entre ellos a algunas plantas oleaginosas no leñosas, como la yareta, en el caso peruano. Además, tenemos los combustibles de biomasa de primera generación, como citan Alejos y Calvo (2015), que incluyen el biodiésel, bioetanol y biogás. Estos provienen de cultivos o residuos agrícolas como la caña de azúcar, remolacha o granos como el trigo y arroz –en el caso del bioetanol–; plantas oleaginosas como la colza, el piñón blanco y el ricino – biodiésel–; y estiércol u otros residuos fermentados anaeróbicamente –para obtener biogás–.

Además de los arriba mencionados, hoy ya se habla de biocombustibles de segunda generación, también llamados biocombustibles avanzados. No obstante, las denominaciones son complejas, porque designan a una mezcla de combustibles obtenidos de cultivos arbóreos o algas y de tecnologías avanzadas aplicadas a las fuentes de biocombustibles de primera generación. Ante ello, diversos países han adoptado diferentes legislaciones sobre aquello que consideran de segunda generación. Pero ese debate está fuera del alcance de esta publicación, aunque valga la pena llamar la atención. De esta forma, se cierra el tema de los combustibles en general para iniciar el tema central: los combustibles fósiles.

## **¿QUÉ SON LOS COMBUSTIBLES FÓSILES Y DE DÓNDE VIENEN?**

Cuando se menciona la palabra fósil en el imaginario popular se visualiza algún esqueleto reconstruido de dinosaurio, ballena o algún gran mamífero. El cine, en particular de Hollywood o japonés con películas como *Parque Jurásico* y *Godzilla*, ha hecho que cualquier niño identifique fósiles con esas osamentas. En el Perú, el Museo de Historia Natural Javier Prado de la UNMSM y otros en diferentes ciudades del país muestran los fósiles recuperados en el territorio peruano. Así, el concepto de fósil (que etimológicamente significa “excavado”) como algo antiguo queda plenamente establecido. De esta

forma, combustible fósil, al menos desde un aspecto lingüístico, sería todo aquello que se tiene que excavar y que es capaz de arder.

Pero ¿qué se puede excavar y es capaz de arder? Pues, aunque algunos minerales como el azufre elemental son capaces de arder, el término "combustible fósil" ha sido reservado para sustancias de origen orgánico; es decir, material orgánico que se descompuso hace millones de años. Esta descomposición, dependiendo de la cantidad de materia orgánica y de las condiciones geológicas existentes, se transformó en carbón mineral (no confundir con el carbón vegetal o carbón de palo que es esencialmente leña deshumedecida y algo modificada), petróleo y gas natural.

La idea de que los combustibles fósiles provenían de los restos de plantas fosilizadas fue establecida con rigor científico por Mijaíl Lomonósov, científico ruso que a mediados del siglo XVIII demostró el origen orgánico del ámbar, el carbón, el petróleo, la turba y el suelo. Sin embargo, el término "combustible fósil" aparece por primera vez en la obra del químico alemán Caspar Neumann, de finales del siglo XVII.

En teoría, desde que surgió la vida en la Tierra, hace más de 3700 millones de años (con absoluta certeza más de 3500 millones de años) —aunque algunos creen que la vida se originó hace 4400 millones de años (unos 100 millones de años después de la formación de los océanos)—, ya se habrían podido formar combustibles fósiles. Sin embargo, la mayor parte de los combustibles fósiles tiene un origen más reciente. Proviene de cuando las plantas y animales ya se habían propagado no solo por el océano original, sino que también habían pasado a la tierra.

El carbón mineral se ha formado principalmente por calentamiento y compactación de materia vegetal en el interior de la tierra, mientras que el petróleo y el gas natural provienen de los restos de microorganismos marinos que sufrieron diversos destinos geológicos. En todos los casos, esto se trata de una desoxigenación, que ocurre en un proceso donde se combina la química y el calor (Mahaveer, Prashant y Bharvee, 2020).

Con la deshidratación y desoxigenación se forman compuestos de carbono e hidrógeno, conocidos como hidrocarburos que, aunque suenan como los hidratos de carbono de los alimentos como el azúcar y el pan, sí contienen oxígeno y por lo tanto no se oxidarán tan fácilmente como los hidrocarburos de los combustibles fósiles. Y es que “hidrato” indica agua ( $H_2O$ ), mientras que “hidro” –del hidrocarburo– solo indica hidrógeno, en este caso en forma elemental (H).

En ambos casos, si los hacemos arder, acabaremos con dióxido de carbono (lo que exhalamos cuando respiramos) y agua. Pero, ¿arden los hidratos de carbono? Lo hacen, pero lentamente en los organismos, sin fuego ni liberación brusca de calor. Aunque, cuidado que el azúcar y la harina también pueden explotar. Cualquier materia orgánica, finamente dividida y suspendida en el aire puede explotar. Esto vale para el almidón, azúcar, harina e incluso plásticos y otros materiales orgánicos muy divididos. De ahí la importancia de evitar fuegos o chispas (fuentes de ignición) en almacenes, fábricas o molinos. Esto se ha aprendido trágicamente, como fue el caso de la refinería de azúcar de Savannah, en Georgia, EE.UU., en febrero del 2008.

Entonces, queda establecido que los combustibles fósiles se formaron cada vez que la vida acumulaba sus restos en condiciones en que la geología no permitía que se descompusieran totalmente. Así, aunque hay petróleo encontrado en Australia proveniente de hace más de 1400 millones de años, más de la mitad de la producción de petróleo del mundo proviene de sedimentos depositados durante el período terciario, conocido también actualmente como la era cenozoica. De esta manera, conforme el dióxido de carbono se iba del aire por fotosíntesis, parte de él se acumulaba como hidrocarburos en bolsas, que se han llamado yacimientos, o como burbujas en materiales conocidos como esquistos o pizarras.

Poquito a poco, cada trocito de carbón, cada gota de petróleo y cada burbuja de gas natural iba haciendo dos cosas: guardar un poco de la energía solar que se había almacenado temporalmente durante la fotosíntesis vegetal, principalmente, y otros procesos biológicos, e ir almacenando carbono que había venido del carbono que hasta entonces estuvo en el

aire en la forma de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y metano ( $\text{CH}_4$ ). Día a día, año a año, milenio a milenio y luego por decenas de millones de años se fueron acumulando, donde las condiciones fueran propicias, la energía de los rayos del Sol de otro tiempo y el carbono de la atmósfera original.

Entonces, ¿son los combustibles fósiles un producto de la vida? Sí, ellos son un legado de las plantas y animales que lentamente desde el océano original fueron colonizando el planeta Tierra, primero desde el mar, donde nace la vida, ya que ahí se encontraba protegida de los letales rayos ultravioleta. Luego, con la acumulación de oxígeno en la atmósfera hace unos 600 millones de años, la vida pudo colonizar esa última cuarta parte de la superficie terrestre, los continentes, de mejor o peor manera. Así, la vida que hay desde los desiertos calientes o helados hasta los bosques tropicales tuvo alguna vez su origen en el océano.

Evidentemente, hablamos de los combustibles fósiles en su estado natural y no de aquellos que obtenemos en las estaciones de gasolina en la forma de petróleo diésel B5, gasohol 7.8, gas licuado de petróleo, gas natural vehicular, gas natural doméstico o ninguno de los productos que provengan de procesos de refinado de los que se hablará más tarde, cuando mencionemos su industrialización.

Ahora que se conoce cómo se forman, es tiempo de hablar acerca de dónde se encuentran. Pese a que hay carbón mineral en casi cualquier país grande del mundo, las mayores reservas se concentran en los Estados Unidos, Rusia, China, Australia y la India. Estos cinco países representan las tres cuartas partes de las reservas probadas. Esto significa que, millones de años atrás, grandes bosques pantanosos, como los aguajales peruanos para ilustración, dieron la materia orgánica para formar tanto carbón. Otro 15 %, se encuentra en otros cinco países: Indonesia, Alemania, Ucrania, Polonia y Kazajistán. Así nueve de cada 10 toneladas de reservas probadas de carbón están en solo 10 países. En el siglo XXI, ellos tendrán que resistir la tentación y hacer que esas reservas permanezcan bajo tierra, ya que el carbón mineral representa la peor amenaza para el cambio climático.

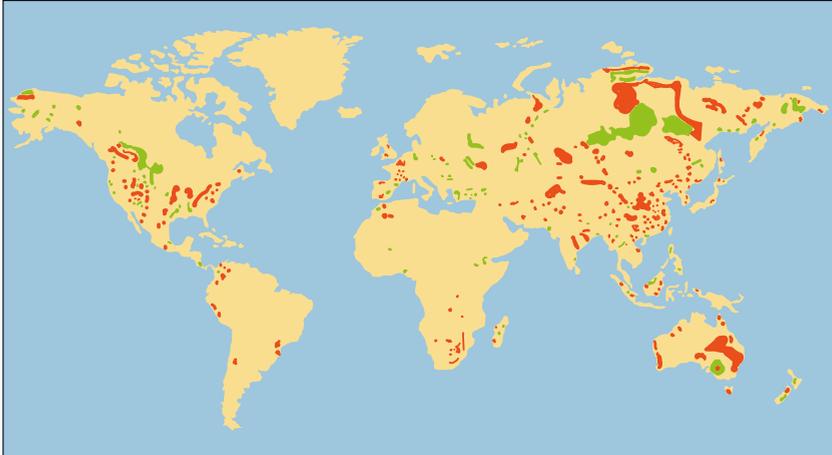
De igual manera, el petróleo y el gas natural no están distribuidos de manera equitativa en el planeta. En cuanto al petróleo, la región más rica es el Medio Oriente, que tiene cinco de los 10 mayores productores de petróleo del mundo –Arabia Saudita, Irán, Irak, Kuwait y los Emiratos Árabes Unidos–, a pesar de que las mayores reservas cuantitativas se encuentran en Venezuela. Otros países extensos como Canadá, Rusia y Estados Unidos también cuentan con reservas. En estos nueve países se concentra más del 80 % de las reservas planetarias, teniendo otros cinco países –Libia, Nigeria, Kazajistán, China y Qatar– otro 10 % de las reservas globales. La lista de las 10 mayores reservas de gas natural es muy similar y a las listas anteriores solo se suma Turkmenistán.

En América Latina, la parte del león en cuanto a gas natural es nuevamente venezolana, con más de 5600 km<sup>3</sup> de reservas de gas natural. Le siguen muy lejos Argentina, Brasil, Perú y México, con menos de 400 km<sup>3</sup> de reservas de gas natural cada uno, seguidos por otros que no superaban los 100 km<sup>3</sup> de reservas de gas natural en 2020.

Hoy, como se verá más tarde, ya no solo consideramos los yacimientos clásicos, sino que gracias al ingenio humano se incorporaron unas décadas atrás los yacimientos submarinos y, desde 2010, una serie de yacimientos de petróleo no convencional y de gas natural provenientes de formaciones geológicas de pizarra o esquisto. De esta manera se ampliaron considerablemente las reservas globales de petróleo y gas.

Esta enorme disparidad geográfica ha tenido profundas consecuencias a lo largo de la historia de los últimos tres siglos. A diferencia de lo ocurrido cuando españoles, portugueses, franceses, holandeses, ingleses y rusos colonizaron las Américas, no es la búsqueda de oro, plata, pieles, azúcar, algodón o madera la causa de la codicia, sino que es el carbón y el petróleo lo que mueve a banqueros, industriales y políticos de todas las naciones, como se verá a continuación.

**Imagen 1.1.** Mayores yacimientos de carbón mineral en el mundo



**Fuente:** Encyclopedia Britannica (s. f.)

**Nota:** En rojo, la antracita y el carbón bituminoso; en verde, el lignito. Nótese la pobreza en carbón de la mayor parte de África y de América Latina frente a Norteamérica, Europa, Asia y Australia.

## HISTORIA ANTES DE LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Antes de la Revolución Industrial, el carbón, el petróleo y el gas natural fueron sustancias curiosas, ya que muchas sociedades antiguas preferían la leña, las velas y hasta el estiércol como combustibles. Sin embargo, el uso prehistórico más antiguo del carbón se remonta a la época de las cavernas, según arqueólogos ingleses que encontraron excavaciones en Norfolk y herramientas en Derbyshire y Monmouthshire, aunque no se sabe si se usaba para rituales, joyería o como combustible. Igualmente, en Gales existe evidencia de que se usaba para cremar a los difuntos en la Edad de Bronce.

Los primeros registros históricos vienen de China, donde se halló una mina de carbón de hace más de 3000 años, aunque algunos autores sospechan que los chinos empezaron a hacerlo hace casi 5500 años. El primer registro occidental lo hace el discípulo de Aristóteles, Teofrasto, quien en su *Peri lithon* o *Tratado de las piedras* señala:

Estas piedras que sacan excavando por su utilidad se llaman carbón y son de naturaleza terrosa. Ellas prenden y el fuego las consume como los carbones vegetales. Se las encuentra en Liguria en el mismo lugar que el ámbar y también en Elea yendo hacia Olimpia a través de las montañas. Los que trabajan los metales fundidos las usan. (Carrasco *et al.*, 2013, p. 117)

Otros pueblos también usaron el carbón más allá de la región euroasiática. Así, en Norteamérica, el pueblo hopi usó el carbón para calentarse, cocinar y secar arcilla, como también los aztecas. Los aborígenes australianos también lo hicieron. En el Perú, Bouchard (2017) cree que por la abundancia de carbón vegetal y la difícil extracción del carbón mineral este no fue usado.

El uso extensivo del carbón empezaría en China en el 200 a. C., época de la que datan registros comerciales de su uso como mercancía. Igualmente, los romanos, cuando llegaron a la entonces isla de Britania, comenzaron a usarlo, aunque cuando ellos se fueron en el siglo V d. C. su uso como combustible fue olvidado. En las crónicas de un monje de los años 700 se dice que su humo servía para espantar serpientes. Al final de los 1100 ya se menciona su uso como combustible. En aquella época, era llamado "carbón de mar" porque carbón a secas era el carbón de palo.

El siglo XIII encontraría así una próspera industria de carbón, controlada principalmente por la Iglesia católica, que poseía las minas alrededor de Newcastle. Luego surgiría un gremio de mercaderes, que arrebataría a la Iglesia una buena parte de su negocio. Sin embargo, el olor pestilente de su combustión hacía que muchos lo rechazaran. Cuando la reina Eleonora visitó Newcastle en 1257, huyó del pueblo ante el mal olor y con temor por su salud y vida. A pesar de que el rey Eduardo de Inglaterra prohibió su uso en 1306, este continuó, aunque con la llegada de la peste negra, como se le llamaba a la peste bubónica, y la mortalidad asociada, su uso decayó al recuperarse los bosques.

La peste negra, llamada así por las bubas o bultos negros en los ganglios linfáticos, recordaba al carbón. Esta no era la primera enfermedad asociada al carbón, el carbunco deriva su nombre de carbúnculo o "carbón pequeño", y este viene de ántrax,

palabra que los griegos usaban para referirse al carbón. Hacia los años 1500, la población inglesa se recuperaba y el carbón vería un renacer no solo por el aumento de la demanda, sino por un cambio de manos en la propiedad minera. La Iglesia católica fue expropiada de sus minas por Enrique VIII y se estableció la Iglesia anglicana.

En la era de Isabel I, la industria de lana inglesa prosperaba. Ello motivó una severa deforestación y que el carbón vuelva a brillar como reemplazo de la leña. De esta forma, pese a todos los reparos relacionados a la contaminación del aire y la pestilencia, el carbón entraría a formar parte de la vida inglesa por los siguientes 500 años. Esto se pudo dar gracias a una revolución arquitectónica que incorporó el uso de chimeneas hasta en los hogares más humildes.

La historia del carbón en Inglaterra es particularmente importante, porque ahí en el siglo XVIII se iniciaría la Revolución Industrial. Es decir, si no se conocen los antecedentes y la historia del carbón en Inglaterra, no se llega a comprender por qué esta empezó allí y no en otros países ricos en carbón como Luxemburgo, Francia, Alemania, Polonia, el Imperio austrohúngaro o el Imperio ruso. Sin la combinación de la presencia de la Iglesia católica, la Carta Magna que limitaba a la Corona, la escasez de madera, la peste negra, la nueva escasez de madera, el desarrollo de las chimeneas y la aceptación social al hollín y hedor del humo del carbón, no habría habido el escenario propicio para la Revolución Industrial.

El petróleo y sus derivados son conocidos desde la antigüedad. Así, la Biblia nos habla de que Noé impermeabilizó su arca con betún. En la antigua Mesopotamia, se comerciaba con asfaltos, betunes y naftas. Los primeros pozos de petróleo se encuentran en Irán y datan de hace más de 2500 años. Los chinos lo entubaban con cañas de bambú o tubos de bronce, los fenicios lo comerciaban por el Mediterráneo y los griegos evitaban incursiones navales vertiéndolo al mar y quemando a las flotas invasoras. Fue usado para embalsamar muertos o para curar a los vivos frente a dolores reumáticos, golpes y quemaduras. Sin embargo, hablamos de cantidades tan pequeñas que la humanidad entera consumía en siglos menos de lo que hoy consumimos en un día: 97,598,000 barriles diarios

en 2019 (Statista, 2022). Es decir, hasta mediados del siglo XIX, el petróleo era una curiosidad más del mundo.

Con el gas natural, el panorama es más complejo. Es preciso recordar que el principal componente del gas natural, el metano, se forma a diario y en todo el mundo. Todas las bacterias anaeróbicas, incluyendo las que viven en nuestros intestinos y los de los rumiantes, lo producen. Se genera en los rellenos sanitarios al descomponerse la basura o en las plantas de tratamiento de agua si no están bien oxigenadas. Es, entonces, un gas ubicuo, aunque no en la calidad y cantidad en la que se encuentra en los yacimientos de gas natural.

Este gas era conocido, y temido, desde la antigüedad, con los nombres de gas grisú o gas de los pantanos. Grisú era como se le conocía en las minas subterráneas de carbón, en las que si se encuentra en una mezcla de entre 5 % y 15 % de metano tiene capacidad de explotar por llamas abiertas, chispas mecánicas o eléctricas, calor u ondas de choque, entre otros factores. En las minas de carbón no solo explotaba el grisú, sino también el polvo de carbón, lo que hacía los estallidos mucho mayores.

El gas de los pantanos fue estudiado por el científico italiano Alessandro Volta (el de los 220 o 110 voltios que se usan a diario), quien publicaría un libro sobre la naturaleza inflamable del aire de los humedales. Dos años después, él escribiría acerca del metano, la molécula de hidrocarburo más simple de toda la serie que luego sería clasificada como alcano por August von Hofmann en 1866. Entre otros estudiosos del gas de los pantanos, se incluye a Joseph Priestley (el descubridor del oxígeno) y a Benjamín Franklin (científico, diplomático y padre fundador estadounidense, célebre por aparecer en los billetes de 100 dólares). Es decir, el gas natural, de origen biológico o fósil, fue estudiado tan solo ya entrada la Revolución Industrial y constituye una excepción en esta historia preindustrial.

# USO DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES Y EL IMPACTO DE SU USO

## REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Pese a lo conocido del término, este resulta controversial hasta la actualidad. Muchos historiadores cuestionan que un cambio tan gradual en la economía y la sociedad sea llamado revolución, como si se tratase de la Revolución americana, la Revolución francesa o la Revolución rusa. Otros rechazan que se le llame industrial, ya que los cambios incluyen cuestiones agropecuarias, demográficas, económicas, energéticas y sociales, entre otras.

El primer registro del uso de este concepto data de una carta enviada en 1799 por el diplomático francés Louis-Guillaume Otto y ya se había generalizado en los años 1830, como lo menciona Jérôme-Adolphe Blanqui en su libro *Historia de la economía política en Europa* de 1837. Otra referencia famosa es la de Federico Engels en su libro *La condición de la clase obrera en Inglaterra* de 1844.

Pero, ¿cuáles son las bases de la industrialización? Aunque tampoco hay un acuerdo pleno sobre esto, se incluyen por lo menos los siguientes prerequisites: abundancia de mano de obra y alimento generada por una alta productividad agropecuaria; habilidades contables, gerenciales y empresariales; una red de puertos, ríos, canales y caminos para mover materias primas y productos; un sistema legal y la estabilidad política que cree el clima empresarial; capital financiero disponible en forma de inversión e innovación tecnológica; y lo más importante desde la óptica de esta publicación, fuentes de energía y metales, como el carbón y el hierro.

Los alimentos que nutrieron la Revolución Industrial fueron principalmente dos: la caña de azúcar, llevada a Europa por los árabes y que luego llegó a las Américas, y la papa, que en un largo camino desde el siglo XVI se terminaría imponiendo en las mesas de la mayor parte de Europa.

En cuanto a las habilidades contables, gerenciales y empresariales, estas se relacionan con las potencias

comerciales italianas del Mediterráneo, la República de Génova, la República de Venecia y otras como las de Ancona, Amalfi, Pisa y Ragusa. Pese a que la contabilidad es conocida desde los babilonios y griegos antiguos, no es sino hasta que Amatino Manucci (no confundir con el Manucci del club de fútbol trujillano del Perú) iniciara la contabilidad de doble entrada por el año 1300, que se modernizaría. Luego, la banca de los Medici la popularizaría.

Un rol indiscutible en el desarrollo contable lo tiene Luca Pacioli, llamado el padre de la contabilidad, quien la codificó por primera vez en 1494. Sin embargo, algunos autores se inclinan por señalar a los banqueros judíos caiotas como los autores en el siglo XI, otros opinan que los italianos la aprendieron de la India e incluso se le atribuye un origen coreano. En cualquier caso, el desarrollo de la contabilidad trajo consigo el desarrollo de la banca.

El primer banco moderno también surgiría en Italia, el Banco di San Giorgio, en el siglo XV. El nombre del término "banco" proviene de los judíos florentinos que llevaban un escritorio con mantel verde para hacer sus transacciones. Inglaterra, con sus primeros billetes oficiales en 1695, facilitaría mucho las transacciones comerciales. Finalmente, el mayor avance empresarial se dio cuando Europa rescató una idea probablemente surgida en China en la dinastía Song, la sociedad por acciones.

Pese a que Francia y Suecia tienen evidencia de sociedades por acciones en el siglo XIII, solo cuando en Inglaterra se creó la Compañía de los Aventureros Mercantes a las Nuevas Tierras, en 1553, empezaría su rápida expansión. La Compañía de la India Oriental y la Compañía de la India Oriental Holandesa se convertirían en paradigmas de la sociedad por acciones desde los años 1600 hasta finales del siglo XIX y XVIII, respectivamente.

La red de puertos, canales y caminos se desarrollaría tanto en Inglaterra, la reina de los mares, como en Francia, Alemania y Austria, aprovechando ríos como el Danubio, Duero, Elba, Loira, Meno, Rin, Ródano, Sena, Támesis y Volga, entre otros. Los caminos seguirían siendo el lado flaco del esquema vial hasta la llegada de los ferrocarriles.

En cuanto al sistema legal y político, el parlamentarismo inglés que limitaba la autoridad monárquica, aunado a la conjunción de la Iglesia anglicana y el Estado —ambos encabezados por los reyes ingleses—, y un sistema legal claramente proempresarial favorecieron el surgimiento de una clase burguesa que de la mano de la monarquía evitaba el surgimiento de grandes poderes feudales, propios de otros países europeos.

El capital financiero se vería muy respaldado con la aparición del patrón oro en Inglaterra, propuesto por Isaac Newton, que establecía la relación entre las monedas de oro y los peniques de plata. Otro papel significativo fue la aceptación de los reales españoles como la primera moneda universal, usada no solo en el enorme Imperio español, sino también de curso legal en los Estados Unidos, Canadá, Brasil y hasta en China. De esta forma, surgen los reales de a ocho, conocidos como dólares o pesos. La influencia fue tal que incluso hoy las monedas de Arabia Saudita y Qatar, dos de los principales países hidrocarburíferos, se llaman riyal en homenaje a los antiguos reales españoles.

Pero quizás lo más importante para llegar a la Revolución Industrial fue la innovación tecnológica. Probablemente, el hecho decisivo favorable a la tecnología en Inglaterra sería el establecimiento de la Real Sociedad de Londres para el Avance de la Ciencia Natural, que —aunque existió informalmente desde los años 1640— fue fundada oficialmente en 1660, y publica desde 1665 la primera revista científica exclusiva del mundo y solo dos meses más tarde que la primera revista con contenido científico no exclusivo, el *Journal des sçavans* francés.

Bajo su lema, *Nullius in verba*, que significa “en la palabra de nadie”, esta sociedad enfatiza el empiricismo o empirismo, que niega el valor de la autoridad de un maestro, tan enfatizado por los escolásticos de esa época. Este alcance serviría como base para la consolidación del método científico. Bajo la presidencia de Isaac Newton, ganaría prestigio y fortalecería el rol de la ciencia y la tecnología en la sociedad inglesa.

Finalmente, se necesitaba aumentar y mejorar la calidad del acero inglés. Benjamín Huntsman, un relojero sumamente insatisfecho con la calidad del metal, inventó el acero de crisol

en 1740 en Sheffield, que en ese entonces producía unas 200 toneladas de acero al año con mineral sueco. Un siglo más tarde, Sheffield produciría unas 80,000 toneladas al año o la mitad de toda la producción europea de acero.

## CALOR, VAPOR E INDUSTRIA

El acero de crisol de Huntsman sería decisivo para consolidar la pieza clave de la Revolución Industrial: la máquina de vapor. Pese a que griegos y egipcios ya habían notado que el vapor podía hacer trabajo, las primeras patentes fueron otorgadas a Jerónimo de Ayanz y Beaumont, militar e inventor español. A los 34 años, luego de una brillante carrera militar, fue nombrado administrador general de las minas del reino, por lo que gerencié más de 500 minas en España y América. Es desde esta posición que comenzará a desarrollar sus 48 inventos patentados –o como se le conocía entonces, “privilegio de invención”–, entre los que se contó una máquina de vapor, que caería en el olvido.

28

Aisladamente, en Francia, Denis Papin inventaría su marmita de Papin, antecesora de las ollas de presión de las cocinas y de las autoclaves usadas en los hospitales. La lista de precursores no estaría completa si no se incluyera a Thomas Savery, Bento de Moura Portugal, John Smeaton, James Pickard y sobre todo a Thomas Newcomen. Pero sería James Watt, quien en su empresa Boulton & Watt, produciría los primeros motores de vapor verdaderamente funcionales, herederos de apasionados investigadores del vapor y el acero y con los enormes recursos carboníferos de los que la Gran Bretaña disponía.

Thomas Savery, el primero de la lista de precursores, trataba de resolver el problema del anegamiento de las minas de carbón, usando el calor contenido en el carbón para realizar trabajo mecánico. Esto lo hacía creando un vacío que elevaba el agua. Estos ingenios funcionaban cuando eran pequeños. Tenían una capacidad limitada y aunque sufrieron explosiones, como eran baratos, fueron usados en la industria textil, estaciones de bombeo de agua y minas.

Bento de Moura Portugal, quien mejoró la máquina de Savery, tuvo un destino cruel, ya que al sospechar el poderoso marqués

de Pombal de su lealtad, lo encerró hasta su muerte por 16 años en la prisión de la Junqueira donde moriría en la miseria y loco. Sin embargo, desde ahí logró producir 28 cuadernos con sus investigaciones, siendo considerado, con el tiempo, como el Newton portugués.

Thomas Newcomen, pastor bautista, recogería las ideas de Papin y Savery –este último socio de Newcomen– y desarrollaría la llamada máquina de Newcomen, que con las mejoras introducidas por Smeaton sería el primer gran paso hacia la Revolución Industrial. Esta máquina, el motor Newcomen, llegó a tener una producción de más de 100 ejemplares antes de que la patente expirase. A este ingenio, James Pickard le colocaría una manivela y un volante para lograr un movimiento giratorio. Luego, el ingeniero William Murdoch, empleado de Watt, usaría el engranaje sol y planeta para eludir la patente de Pickard.

Pero sería Watt el que haría de la máquina de vapor la forma económicamente viable de producir energía mecánica. Su gran mejora consistiría en incorporar una cámara de condensación separada, lo que incrementaría la eficiencia. Watt, en cuyo honor la unidad de potencia eléctrica del sistema internacional se llama vatio, produciría varias patentes, especialmente sobre mejoras a la máquina de vapor. Además, desarrolló el concepto del caballo de vapor, aún usado para vehículos.

La máquina de vapor de Watt no sería el fin de estas, ya que solo se trabajaba con bajas presiones. Sería el ingeniero Richard Trevithick quien las mejoraría con presiones altas desde 1801, al igual que Oliver Evans. Así, en 1814, nueve de sus máquinas de vapor, nueve calderos, dos molinos chancadores, repuestos y herramientas enrumbarían hacia el Callao. Una de sus máquinas terminaría en la Casa de la Moneda. Trevithick luego viajaría al Perú en 1816 por invitación del relojero suizo Francisco Uvillé, quien fue a Inglaterra a buscarlo al encontrar que las máquinas de Watt no funcionaban en las minas de plata anegadas de Cerro de Pasco. Él permanecería en Perú hasta 1822 y en América Latina hasta 1827, luego de pasar por Guayaquil, Costa Rica, Nicaragua y encontrarse con el futuro padre de la locomotora de vapor, Robert Stephenson, en Cartagena de Indias, Colombia.

Más allá de su labor como ingeniero, Trevithick conocería en Perú a Simón Bolívar. Inventó y fabricó una carabina para sus tropas. Días antes de la independencia del Perú, Trevithick ayudó a rescatar objetos de la fragata chilena San Martín, hundida frente a Chorrillos, usando una rudimentaria campana de inmersión. El ingeniero fue pagado por el rescate y empleó ese capital para futuras aventuras. Sus biógrafos censuran que no pensara en su abandonada familia.

Pese a todo el desarrollo británico, la máquina de vapor más eficiente sería inventada por el ingeniero estadounidense George Corliss. Las máquinas de vapor de Corliss fueron tan buenas que en menos de una década ya se exportaban a Escocia y luego comenzaron a ser fabricadas bajo licencia en Inglaterra. Corliss ganó el primer premio del concurso de los 100 mejores fabricantes de motor del mundo en la Feria Mundial de 1867, en París.

En el centenario de la patente de la máquina de vapor, la Academia Estadounidense de las Artes y las Ciencias le otorgó el Premio Rumford con estas palabras: "Ningún invento desde el tiempo de Watt ha mejorado tanto la eficiencia de la máquina de vapor como este por el que ahora se presenta la medalla Rumford". En la actualidad, existen docenas de motores Corliss operativos, la mayoría en museos, como el del Instituto Tecnológico de Massachussets, aunque también en destilerías e ingenios azucareros. El motor Corliss, por su velocidad casi uniforme, era particularmente adecuado para la industria textil.

Además de hacer funcionar a la máquina de vapor de las industrias, el calor generado por los combustibles fósiles ha sido usado para calentar viviendas y ciudades enteras en lugares muy al norte, muy al sur o muy altos durante los inviernos. Ya se ha mencionado cómo la chimenea cambió la relación con el carbón mineral. El último gran uso para generar calor lo vemos a diario, en las cocinas y restaurantes, para preparar los alimentos.

## **CÓMO MOVIERON AL MUNDO? TRENES, AUTOS, BARCOS Y AVIONES**

### **Vehículos a vapor**

A finales del siglo XVIII, se intentarían los primeros vehículos a vapor, pero solo con la tecnología de Trevithick esto se haría viable en 1804. Sin embargo, habría que esperar a 1825 con la locomotora de Stephenson para que los trenes de vapor se hicieran realidad, los mismos que funcionarían hasta finales del siglo XX. También se intentó usar autos a vapor, pero no resistieron al desarrollo de la tecnología del motor de combustión interna.

Los barcos a vapor surcaron ríos y mares durante los siglos XIX y XX, como se verá más adelante. El ruso Aleksander Mozhaiki intentó volar, en 1882, con un avión a vapor con una potencia de 30 CV, pero no pudo despegar de tierra sino hasta 1884, bajo circunstancias meteorológicas muy propicias, por lo que su invento no fue muy viable para uso común.

Los trenes a vapor llegaron al Perú por orden de Ramón Castilla, y el país ostentaría el título del ferrocarril más elevado del mundo hasta el año 2005, cuando en China se construyó la ruta Qinghai-Tíbet. En 1850, el primer tren peruano recorrió la ruta entre lo que hoy es la plaza San Martín, del Cercado de Lima, hasta lo que hoy es la plaza Grau, del Callao. Para 1877, ya existían más de 1500 kilómetros de vías férreas, aunque un tercio de ellas se destruyeron durante la Guerra del Pacífico.

Hasta 1930, la red ferroviaria peruana se continuó ampliando, llegando en su mejor momento a superar los 4500 kilómetros. Los ferrocarriles en el Perú incluso brindarían conexión internacional, haciendo el servicio entre Tacna y Arica y conectando por ferri Puno con Bolivia. En la actualidad, de acuerdo con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, contamos con alrededor de 2000 kilómetros de líneas férreas. Las principales rutas son el ferrocarril del sur, el central, el de Huancayo a Huancavelica (conocido como el "Tren macho") y el de Tacna a Arica. Sin embargo, hay casi 8000 kilómetros de vías férreas en proyecto esperando que, de concretarse, permitirían viajar en tren desde Paita hasta Desaguadero. Además, recientemente se han priorizado los proyectos para

el Tren Inca, de Cajamarca a Puno, y el Tren Grau, de Tumbes a Tacna.

La ventaja de los trenes es que no son dependientes de la locomotora o de algún tipo de combustible. Así, las locomotoras de vapor fueron desplazadas por locomotoras Diesel y, hoy en día, buena parte de trenes del mundo son eléctricos.

El barco a vapor, con máquinas o turbinas a vapor, se desarrollaría en el continente americano. Primero, John Fitch, en 1787, navegó por el río Delaware con un prototipo que no era viable. Otro estadounidense, Robert Fulton, en 1807, construyó su barco, que por su enorme tamaño fue conocido como el “monstruo de Fulton”. Los barcos a vapor liberarían el transporte de la dependencia de vientos, corrientes y mareas, iniciando el fin de los barcos a vela que por milenios acompañaron a la humanidad.

El primer vapor civil peruano se llamó El Perú, de la Compañía Inglesa de Navegación en el Pacífico, que en 1840 hizo su entrada en el puerto del Callao. El primer barco de guerra a vapor peruano fue el vapor Rimac, comprado por Castilla e incorporado a la Marina en 1848. Se hundiría en punta San Juan en 1855 en Marcona, donde una generación más tarde también se hundiría trágicamente el transatlántico Italia. Sin embargo, el primer vapor que surcó aguas peruanas fue el colombiano Telica, un velero transformado a vapor, que llegaría a Huarmey en 1829 y donde haría explosión al probablemente sobrecargar sus calderas.

Así, se abría para el Perú la era de la navegación de vapor, haciendo que los viajes durasen menos de 40 días como se puede ver en un mapa de 1881, uno de los primeros mapas isocrónicos del mundo, elaborado por la Sociedad Geográfica Real inglesa.

Con propósito de ilustración, se adjuntan los mapas con distancias isocrónicas –es decir, que se recorren el mismo tiempo– para 1914, aún con barcos, y para 2016, que con la llegada de la aviación ha puesto a la mayor parte del planeta a menos de dos días de viaje desde Londres. Han sido elaborados por la empresa Rome2Rio (ver imágenes 1.2 y 1.3).

Resulta paradójico que en nuestra época no sean las distancias, sino los pasaportes, los recursos económicos y la falta de disponibilidad de tiempo, los mayores obstáculos que tenemos para recorrer el vasto mundo que la tecnología nos ha puesto al alcance. Solo para ciudadanos de países como Japón, Singapur y varios Estados de la Unión Europea, entre otros, el mundo es un lugar abierto, mientras que para muchos, sigue siendo trágicamente, un mundo ancho y ajeno.

## **Vehículos de combustión interna**

Un vehículo de combustión interna es aquel que tiene un motor de explosión que genera energía mecánica directamente sin usar un intermediario como el vapor. Los creadores de los primeros fueron dos italianos, Eugenio Barsanti y Felice Matteucci, sacerdote e ingeniero, respectivamente. Ellos aseguraron sus patentes en 1853. Sin embargo, los primeros motores, al carecer de fase de compresión y dada su dificultad para arrancar al estar detenidos, limitaron su uso a motores fuera de borda.

Este motor sería mejorado hasta llegar al que en 1886 patentó Nikolaus Otto y luego al que en 1894 creara el empleado de la firma MAN, Rudolf Diesel. En ambos casos, tanto en los motores ciclo Otto como en los de ciclo Diesel, pueden funcionar en dos o cuatro tiempos. Así, hoy tenemos motores de dos tiempos gasolineros en las ruidosas motocicletas y en las motosierras que devastan los bosques tropicales; los de cuatro tiempos gasolineros en carros, motos grandes, lanchas y avionetas; los de cuatro tiempos Diesel en buses y camiones y los de dos tiempos Diesel en trenes y buques. Existen otros motores como el Wankel y el de carga estratificada, pero su uso es absolutamente marginal.

## **Automóviles y otros vehículos terrestres**

Todos estos motores rápidamente fueron llevados a vehículos terrestres que se movían solos o, como los conocemos hoy, automóviles. Si bien desde la máquina de vapor, tales máquinas habían sido imaginadas, solo con el motor de explosión se pudieron viabilizar. Así, el primer automóvil con

motor de combustión interna fue fabricado por Karl Benz en 1886, lo cual desató hacia la primera década del siglo XX una ola de comerciantes y fabricantes de automóviles en muchos países, incluso el Perú.

El primer automóvil peruano fue a vapor, era un Gardner Serpollet francés, hecho por encargo y llevado a Huaraz en cajas. A Lima llegaría luego otro auto a vapor, en 1903, un Locomobile importado por Ricardo Flores. Pero lo más notable en cuanto a la automovilística peruana fue la hazaña de Juan Alberto Grieve, que al ver la poca potencia de los autos europeos importados decidió construir el suyo, hecho casi totalmente en el Perú. Las partes que importó fueron el carburador, el encendido de la firma Bosch y las llantas Michelin.

Cuando Grieve quiso vender su producto al Gobierno, la respuesta del presidente de la República de aquel entonces, Augusto B. Leguía, quedaron registradas para la infamia por su hijo Jorge Grieve: "Nosotros necesitamos de los productos de países avanzados y no experiencias con productos peruanos" (Ingol, 2015). Esta actitud confirma plenamente lo expresado por el profesor estadounidense Lawrence Harrison (1985) en su libro *El subdesarrollo es un estado mental*.

A muchas ciudades del mundo, los automóviles llegaron a solucionar, aunque hoy parezca increíble, un grave problema ambiental. En palabras de la revista *Scientific American*, de 1869, Nueva York se encontraba plagada de "polvo callejero, sucio, destructor de la salud y asesino de la paciencia" proveniente del estiércol seco de los caballos (Harmon, 2020). La virreinal costumbre de hacer que las damas circularan por el interior de las calles está relacionada a la dificultad de lavar los delicados vestidos femeninos de la mezcla de orina y estiércol de caballo que abundaba en las calles de cualquier ciudad antes de la llegada de los automóviles.

El automóvil cambiaría la forma de las ciudades, mucho más de lo que el tren lo había hecho anteriormente, ya que permitiría alojarse y habitar cualquier lugar en donde hubiese un camino transitado. Ya no había que depender de vías férreas ni de horarios de los trenes. Bastaba comprar un auto y circular a cualquier lugar adonde llegase el camino.

En 1908, mientras Grieve construía su auto, un norteamericano hacia que los automóviles abandonaran la categoría de productos suntuarios. Hasta esa época, los autos eran como hoy las lanchas deportivas, las avionetas o los helicópteros privados: juguetes de personas ricas. Henry Ford, a sus 45 años, presentó su afamado modelo T, verdadera obra maestra tanto de ingeniería como de logística. Ford puso el volante a la izquierda, lo que hoy es el estándar en la mayor parte del planeta (siendo excepciones notables India, Japón y el Reino Unido, así como muchas excolonias británicas). Encapsuló el motor y la transmisión, incorporó el monobloque y simplificó el sistema de suspensión. Además, su vehículo facilitaba el aprendizaje del manejo.

De esta manera, Ford creó el carro barato y fácil de reparar que inundaría el mundo. Ford no solo fue un hábil ingeniero, también mostró sus dotes en *marketing* y logística. Así, se aseguró una enorme presencia mediática para todos sus productos e innovaciones, modelo replicado en la actualidad por empresas como Apple y Tesla. También implementó un sistema de concesionarios independientes que le permitió llegar a cada ciudad de Estados Unidos y mostraba sus productos a los granjeros como una herramienta de trabajo. Sus clubes automovilísticos harían de los carros casi una religión.

En una década, cerca de la mitad del mercado estadounidense era de Ford, en buena medida gracias a dos ideas que incorporó: la estandarización y la cadena de montaje. Si bien las ideas no eran suyas, él llevaba su implementación casi a la perfección. Su modelo T superó los 15 millones y fue producido ininterrumpidamente por dos décadas.

Ford también fue un político, pacifista e internacionalista y se presentó a senador por el Partido Demócrata en 1918. Sin embargo, sería derrotado por su contendiente republicano Truman Newberry en una reñida elección (50.19 % a 48.47 %, cualquier parecido con la realidad peruana es pura coincidencia). Su contrincante aprovecharía su pacifismo, el que evitara que su hijo Edsel fuera llevado a la Primera Guerra Mundial y, sobre todo, su furibundo antisemitismo. En realidad, perdió por menos de 8000 votos. Ford no aceptó su derrota, y pasó años tratando de destituir a Newberry llegando a la Corte Suprema, donde Newberry obtendría una decisión de

cinco a cuatro a su favor. Cansado del proceso, Newberry renunció en 1922, siendo sucedido por un expleado de Henry Ford, James Couzens.

Henry Ford serviría de inspiración al régimen nazi, incluso en su antisemitismo, para crear la empresa Volkswagen, hoy Grupo Volkswagen, el principal fabricante de automóviles del mundo. Este conglomerado, responsable de los mayores escándalos automotrices de la última generación. El más reciente es el "Dieselgate", ahora difundido hasta en Netflix. Dicho escándalo hizo que Volkswagen tuviera que pagar más de 20,000 millones de dólares entre compensaciones y multas en Estados Unidos (cerca de un mes entero del producto bruto interno de todo el Perú) en 2016.

Luego del final de la Segunda Guerra, nuevos actores aparecerían en la industria automotriz. Tata en India, Ferrari en Italia, Hyundai en Corea y Honda en Japón llegarían para quedarse por décadas. Para 1950, los Estados Unidos sobrepasaba los 40 millones de autos en circulación y Japón llegaba a producir 32,000 autos anuales, de los 10.5 millones producidos globalmente, principalmente en Estados Unidos con ocho millones. Sin embargo, Japón y Alemania se preparaban a tomar el rol de los dos principales productores de carros de ese tiempo, Estados Unidos y Reino Unido.

Así, en 1953, Toyota incorporaría el concepto de la *lean manufacturing* o producción sin desperdicios y, en 1954, la Volkswagen llegaría a ser la cuarta firma automotriz del mundo, superada solo por las tres grandes empresas norteamericanas, General Motors, Ford y Chrysler. En ese mismo año, Mercedes Benz incorporaría los frenos de disco, la suspensión independiente, la inyección de combustible y las llantas radiales, distanciando su ingeniería del estándar norteamericano. De esta manera, Alemania reemplazaría a Reino Unido como segundo productor.

Para los años 60 del siglo pasado, Estados Unidos ya importaba más autos que los que exportaba. Alemania hacía de Volkswagen una empresa abierta al público y Estados Unidos ya producía menos de la mitad de los carros del mundo, mientras Alemania, Gran Bretaña, Francia y Japón sumaban posiciones.

Al inicio de los 70, Japón ya era el segundo fabricante de autos en el planeta, en especial gracias a la baja contaminación de sus vehículos. Con la llegada de la Organización de Países Exportadores de Petróleo y el alza del precio de los combustibles en 1973, Japón se convertiría en el gran exportador global. Más allá de esto, en los 80, las japonesas Toyota y Nissan tenían una productividad por trabajador que duplicaba la de las empresas norteamericanas y europeas.

Los 80 traerían muchas novedades: por primera vez la gasolina superaría un dólar por galón (3.785 litros), Japón se convertiría en el primer productor mundial de autos y, para 1989, el japonés Honda Accord sería el auto más vendido en Estados Unidos, llegando este modelo a los 18 millones de unidades vendidas en 2020.

Los 90 y la primera década del nuevo milenio consolidarían a los combustibles fósiles en el mundo empresarial. En 2005, de las 10 mayores empresas del mundo, cuatro eran petroleras (BP, Shell, Exxon y Total) y cuatro vendían autos (General Motors, Toyota, Daimler Chrysler y Ford). En 2008, la coreana Hyundai se convierte en la cuarta automotriz mundial detrás de Toyota, General Motors y Volkswagen. En 2009, China desplaza de su histórico primer puesto como comprador de vehículos automotores a Estados Unidos.

La mayor amenaza actual para el motor de explosión son los carros eléctricos. Los primeros aparecieron en Estados Unidos, Europa e India en la década de 1890, pero para 1907 se mostraban poco competitivos, en especial frente al modelo T. Nueve décadas después, en vísperas del Protocolo de Kioto y para limitar las emisiones globales de gases de efecto invernadero, Toyota y General Motors produjeron vehículos eléctricos. El de Toyota era un híbrido y el de General Motors uno totalmente eléctrico. Esta tendencia se reafirmaría en los años 2000, con la creación del Segway –un autoequilibrado vehículo personal– en 2001 y la aparición de Tesla en 2003. Pero con la llegada del híbrido chino BYD, producido en masa, y el Leaf de Nissan, en 2009, sería que los autos eléctricos empezarían su masificación.

Para consolidar su posición, las empresas automotrices jamás jugaron limpio contra trenes, tranvías o el transporte público de

motores de explosión. Siempre se han encargado de destruir o sabotear el funcionamiento y horarios de trenes urbanos o tranvías eléctricos e incluso de hacer que el transporte público sea caótico, corrupto, incómodo y limitado, para poder asegurar al automóvil privado como un sueño clasemediero que brinda libertad y comodidad. Esto ocurrió también en el Perú, donde las automotrices estuvieron relacionadas a la pérdida de competitividad de trenes y a la desaparición de los tranvías limeños en los años 60, como quedó ilustrado en la obra *Los tranvías de Lima*, de Jiménez e Hidalgo (2009).

En un mundo eminentemente urbano, muchos planificadores han comprendido que el automóvil privado es una pesadilla de contaminación, siniestralidad y, por encima de todo, congestión que roba la vida y la salud de los supuestos felices choferes.

En 1961, el químico holandés y profesor de Caltech, Arie Jan Haagen-Smit, probaría rotundamente que los carros eran los principales responsables del *smog* californiano, hipótesis que formulara a mediados de los años 50. Luego, Haagen-Smit sería el primer presidente de la Junta de Recursos de Aire de California, siendo designado por el no menos célebre, entonces gobernador de California, Ronald Reagan, en 1968. Su trabajo serviría para la legislación federal de contaminación del aire y control de vehículos de motor de 1965, la que derivaría en 1970 en la Ley de Aire Limpio. Esta norma, que controla la contaminación vehicular y establece el retiro gradual del plomo (hecho que en el Perú demoraría hasta 2005), así como el uso de convertidores catalíticos, sería la inspiración de un movimiento global por la calidad del aire.

Según un reporte de la OMS (2018), 1.35 millones de personas fallecen anualmente por accidentes de tránsito, lo que representa más de 3700 muertes diarias. Es la principal causa de deceso entre los cinco y 29 años, y en todas las edades mata más que el VIH-SIDA. Los accidentes vehiculares producen una pérdida del 0.12 del PBI global.

Por todas estas razones, muchos jóvenes en países desarrollados, pese a contar con los recursos económicos para adquirirlos, son declarados enemigos de la compra de un vehículo privado, priorizando la caminata, el ciclismo

y el transporte público como alternativas para sus viajes diarios. Esta obsesión por el vehículo privado es doblemente ridícula en países que ni siquiera producen ni los vehículos ni los combustibles que se usan, lo que destruye economías locales y desperdicia vidas en medio de la congestión por un estrafalario afán de estatus socioeconómico.

En la actualidad, el Perú importa unos 100,000 a 200,000 vehículos livianos anualmente, y unos 300,000 vehículos menores, como motocicletas y mototaxis. El parque automotor peruano, sin incluir vehículos menores, es cercano a los tres millones de vehículos en 2022, con aproximadamente dos tercios de ellos circulando en el área metropolitana de Lima y Callao.

Si bien el vehículo terrestre automotor –autos, motocicletas y camiones– representa el mayor uso de los motores de combustión, un rol importante lo cubrió durante todo el siglo XX primero la navegación y luego la aviación. Incluso, los viajes al espacio se han hecho usando kerosene, como el que llevara el primer satélite artificial, el Sputnik 1 de la desaparecida Unión Soviética.

## **Barcos**

El uso de combustibles de motor interno en la navegación empieza en 1903 con la barcaza petrolera rusa Vandal, propiedad de la empresa petrolera de los hermanos Nobel, Branobel, aunque luego de la muerte de Alfred Nobel, el creador del Premio Nobel. En la actualidad, los motores Diesel marinos son capaces de moverse con la mayoría de combustibles fósiles, desde el gas natural, pasando por el kerosene, aceite pesado y hasta la orimulsión venezolana desde el 2006. Sus emisiones contaminantes son en la actualidad reguladas por la Organización Marítima Internacional (OMI), a través del convenio MARPOL.

Si bien con la llegada de la aviación el transporte de pasajeros se reduciría mucho, tan solo a ferris cortos o cruceros de placer, el transporte de carga marítima aumentaría muchísimo gracias al arribo de los contenedores.

Pese a que los contenedores datan del siglo XIX, ya que eran usados en la Inglaterra de la década de 1830, estos tenían problemas de falta de estándares. Su uso marítimo empezaría en el Cuerpo de Transporte del Ejército de Estados Unidos, con el desarrollo del sistema CONEX en 1956. Se llegaría a 200,000 en 1967. La OMI, arriba mencionada, los estandarizaría con estándares ISO en 1970, creando un auge del transporte marítimo por ahorro de tiempo y recursos. La importancia del comercio naval ha quedado demostrada luego de la crisis de la cadena de suministros en los años 2020 y 2021, tanto por la crisis del canal de Suez como por la epidemia de la COVID-19.

Si hoy disponemos de los textiles de Bangladesh, los juguetes chinos, los electrodomésticos coreanos y de las cervezas holandesas en los supermercados, es gracias a los contenedores. Los contenedores y el cada vez más obsoleto código de barras, que viene siendo reemplazado por los códigos QR, representaron las mayores revoluciones del comercio en el siglo XX.

No se sabe en realidad cuántos contenedores circulan por el mundo. Las estimaciones indican unos 25 millones de unidades en servicio a diciembre del 2021, en unidades equivalentes de 20 pies. El mercado global es controlado por seis gigantescas empresas: MSC, Maersk, COSCO, CMA CGM y Hapag-Lloyd. De 1980 a 2017, la cantidad de mercadería circulando por los mares pasó de 102 a 1830 toneladas métricas entre 1980 y 2017 —aumentó más de 17 veces en 37 años—, según Martín Placek para Statista (2021).

## **Aviación**

Los combustibles fósiles en motores de combustión interna han movido la aviación casi desde sus inicios. Si bien la aviación se inicia desde el siglo XVIII con globos llevados por el viento y dirigibles que podían ser guiados, ellos no brindaron nunca la comodidad, rapidez y seguridad que se esperaba. Luego de la tragedia del Hindenburg, en 1937, la aviación con globos y dirigibles ha permanecido para usos anecdóticos.

Pese a una larga y disputada lista de pioneros de la aviación, se coincide en que los hermanos Orville y Wilbur Wright, en

diciembre de 1902, inauguraron la era de vuelos motorizados controlados. La aviación iría rompiendo hitos desde ahí, incluyendo el cruce de los Alpes realizado por el peruano Jorge Chávez Dartnell, quien muriera a consecuencia de la hemorragia sufrida al estrellarse al aterrizar luego de culminar su intento.

Luego de su exitoso despliegue en la Primera Guerra Mundial en operaciones de reconocimiento del terreno, localización de artilleros e incluso ataques aéreos, la aviación rompería una serie de hitos en los años 20 y 30. En estas décadas se completarían los vuelos transatlánticos y transpacíficos, así como surgirían los Douglas DC-3, los primeros aviones exclusivamente de pasajeros del mundo.

Los motores de combustión interna serían utilizados en aviación en aparatos con turbinas como los turbopropulsores para helicópteros, aunque también son usados en barcos, tanques y locomotoras. Además, serían usados en turbohélices, ideales para aviones subsónicos.

## **Aviación con motor a reacción**

Aunque también es larga la lista de contribuyentes a la aviación con motores de reacción, el primer motor fue desarrollado en Reino Unido por Frank Whittle cinco meses antes de que Hans von Ohain y Ernst Heinkel presentaran el suyo en setiembre de 1937. El primer avión de reacción volaría en Alemania el 27 de agosto de 1939, escasos días antes de que Alemania invadiera Polonia desencadenando la Segunda Guerra Mundial. La producción en serie de este motor alemán se lograría en 1944 para el avión Messerschmitt Me 262, que luego de la guerra sería estudiado por estadounidenses y soviéticos. Al mes siguiente de la entrada en servicio de los Messerschmitt alemanes, los británicos pondrían su propio escuadrón de *jets* Gloster Meteor. Soviéticos (Lyul'ka), japoneses (Kikka) y checoslovacos (Avia) sacarían sus propios aviones a chorro en 1945.

En 1952, los primeros aviones de pasajeros a reacción son construidos, y puestos en servicio al año siguiente. En 1956, Aeroflot, compañía soviética de aviación, se vuelve la primera aerolínea en operar únicamente con aviones a chorro. Esta

firma sacaría el primer avión de pasajeros supersónico un mes antes del vuelo inaugural del Concorde franco-británico. Sin embargo, la aviación supersónica tendría los días contados, primero los aviones soviéticos y luego, en 2003, el Concorde serían retirados del servicio.

La aviación con motor a reacción le abrió al Perú nuevos mercados y permitió mayores contactos. Hoy, desde Perú, es posible viajar a todo el continente americano y algunas capitales europeas en vuelo directo, vía Sao Paulo o Buenos Aires al sur de África, vía Santiago de Chile o Buenos Aires a Nueva Zelanda o Australia, y vía Norteamérica, Brasil o Europa al Asia. En 2021, el vuelo más largo sin escalas cubría 15,349 km de distancia en 18 horas y 50 minutos entre Nueva York y Singapur. Esto significa que es posible técnicamente volar sin escalas de Lima a Johannesburgo en Sudáfrica, a Auckland en Australia o a Dubái en los Emiratos Árabes Unidos con un gran ahorro de tiempo de ser económicamente viable. El reto técnico es poder conectar con el Asia, la región más poblada y hogar de la mayor parte de la economía global, sin escalas.

## Viajes al espacio

Desde que Pedro Paulet Mostajo, científico peruano, construyera el primer cohete de combustible líquido en el siglo XIX, sin publicitarlo pero recibiendo el reconocimiento de Wernher von Braun y la NASA estadounidense, ha pasado mucho tiempo. Aunque hoy muchos cohetes ya usan como combustible el hidrógeno o combustibles sólidos, muchos otros siguen usando el hidrocarburo RP-1 (siglas inglesas de propelente de cohete: *rocket propellant*), T-1 y RG-1, combustibles similares al kerosene que continúan en uso por su confiabilidad. El mejor ejemplo de esto es el cohete Falcon 9 Block 5 lanzado en mayo del 2020, así como los cohetes rusos Soyuz, y los que debían entrar en operación en 2022, Angara 1.2, A5 y A5P. En el Perú, los cohetes sonda de la CONIDA usan combustible sólido.

En conclusión, los combustibles fósiles siguen moviendo al mundo. Desde los viajes cotidianos en buses y taxis, pasando por trenes Diesel, barcos de carga, aviones y hasta naves espaciales, los combustibles fósiles vienen moviendo al mundo desde la primera locomotora a vapor ya hace más de 200 años.

## ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES FÓSILES

La electricidad, omnipresente en nuestros días, es también relativamente reciente. Los combustibles fósiles han participado en su generación desde sus inicios en el siglo XIX, cuando en 1882 Edison usara una máquina de vapor para mover el dínamo con que se generaba la electricidad que iluminaba el sur de Manhattan. El mismo Edison establecería la primera planta generadora a carbón en Londres en 1890. La necesidad de mayores eficiencias de combustible fue determinante para decidirse por la corriente alterna. Con la llegada de las turbinas de vapor en 1906, la capacidad de generación eléctrica se expandiría.

El calor residual de las centrales eléctricas a vapor es usado para calentar viviendas y oficinas en países fríos y para desalinizar agua en países desérticos. Si bien las centrales eléctricas térmicas pueden trabajar con energía nuclear, geotérmica, de biomasa y hasta con energía solar, la mayoría usa combustibles fósiles como fuente de calor. Así, el carbón, el petróleo y el gas natural participan en la generación eléctrica en todo el mundo.

En el caso peruano, las centrales eléctricas fueron por muchos años de petróleo y luego de la primera crisis petrolera en 1974, hidroeléctricas. En la década de los 90, entrarían a funcionar una central de carbón en Ilo, Moquegua, y una de gas natural en Aguaytía, Ucayali. Con la llegada del gas de Camisea y gracias a la interconexión nacional, hoy el Perú cuenta con una de las matrices más limpias de la región, alimentada por energías renovables convencionales y no convencionales (solar y eólica) y gas natural. El combustible diésel y el residual ó siguen siendo usados en sistemas aislados. De esta forma, aunque presente en reserva, en la realidad el sistema interconectado consume energía proveniente de fuentes renovables o de centrales térmicas a gas natural, la mayoría de ellas muy eficientes que hacen uso del llamado ciclo combinado.

Sin embargo, hay lugar para mejoras, ya que algunos de los países de la región ya han podido minimizar hasta la casi erradicación el uso de combustibles fósiles en la generación eléctrica. La hidroelectricidad en Paraguay, la energía eólica en Uruguay, la geotermia en México y Centroamérica y el reciente

desarrollo de la energía solar chilena nos muestran el sendero a seguir. Es un camino arduo, donde se debe evitar la pobreza energética, con el dilema comer o pagar la luz, actualmente sufrida por tantos ciudadanos de la Unión Europea, el Reino Unido o México.

## FERTILIZANTES Y COMBUSTIBLES FÓSILES

Con la llegada de la Revolución Industrial, la producción en masa empezaría. Algunos de los primeros productos fueron máquinas y herramientas para el campo. Además, en el siglo XIX se alteró la necesidad de fertilizantes. El ingenioso esquema de rotación de cultivos, usado por siglos y consistente en dejar descansar la tierra luego de uno, dos o hasta tres cultivos ya no bastaba para asegurar la productividad.

La historia de los fertilizantes se remonta a los años 1600, cuando el Imperio español, conducido por la casa Habsburgo, creó el primer imperio moderno. En esos años, el neerlandés Jean Baptiste van Helmont desmontó el mito de que las plantas se alimentaban del suelo. En 1609, plantó un arbusto en un macetero con 100 kilos de tierra y cinco años más tarde constató que este había perdido menos de 100 gramos. Este experimento, base de la fisiología vegetal, demuestra que la planta toma muy poco del suelo, en comparación con el agua incorporada y el aire circundante. Por el nivel de conocimiento en ese entonces, él llamaba a los nutrientes del suelo "elementos alquímicos".

El siguiente gran avance lo haría el alemán Johann Glauber, quien desde Ámsterdam sería considerado como uno de los primeros ingenieros químicos (Furter, 1982). Este farmacéutico, famoso por su generosidad con los pobres, hizo grandes avances en química inorgánica. Fue el primero en hacer ácido muriático concentrado y produjo el sulfato de sodio, que hasta la fecha se usa en farmacia como laxante y es conocido como la sal de Glauber. Para hablar de este gran hombre y de los 40 libros que escribió se precisaría desviar esta historia. Sin embargo, lo que trae a colación su obra es que postuló en 1630 que el nitrato de potasio, nombre científico del salitre, era la esencia de la vida y un gran abono. De esta forma, Glauber se convirtió en el padre de los fertilizantes químicos.

Aunque posteriormente el inglés John Woodward y el suizo Théodore de Saussure harían avances teóricos en el tema de fertilizantes, no sería sino hasta el siglo XIX que los fertilizantes alcanzarían presencia global. Fueron los avances teóricos de Justus von Liebig, con la ley de Liebig, y de John Lawes los que resaltarían el papel del fósforo en la producción agrícola en los años 1840. Esto desencadenaría la explotación del guano, a medio mundo de distancia de Europa, en el Perú.

Entender la historia republicana peruana de 1845 a 1884 no es posible sin hablar del guano y el salitre, los abonos fosforados y nitrogenados, respectivamente, que fueron el equivalente económico al petróleo actual en el siglo XIX. De 1845 a 1865, el guano fue el principal sustento de la economía peruana, pero por la pérdida de calidad y productividad de las islas guaneras el comercio de fertilizantes se desplazaría al salitre hasta 1879.

A diferencia del guano, hallado frente a las costas de Lima, el salitre se ubicaba en el entonces sur peruano y en menor medida en la entonces costa boliviana. A diferencia del guano que solo requería recogerlo y empacarlo, el salitre demandaba tratamiento, lo que requería capital. Además de su uso como fertilizante, el salitre también servía para la fabricación de explosivos. Lo demás es historia. El salitre desencadenaría la Guerra del Pacífico, dejando a Chile como el proveedor mundial de salitre hasta la década de los 1930.

### **Proceso Haber-Bosch**

Al inicio del siglo XX, quedaba claro que el salitre chileno no abastecería la demanda global de fertilizante nitrogenado. Pero, el nitrógeno es casi el 80 % del aire. Había que fijar el nitrógeno como lo hacen las plantas leguminosas. Aquí entra a tallar el químico Fritz Haber, nacido en la hoy ciudad polaca de Wroclaw. Haber, quien, pese a ser judío se sentía alemán por la condición igualitaria de los judíos prusianos, así como por una educación mixta con católicos y protestantes, asistiría tanto a las dos universidades químicas más prestigiosas de Berlín como a Heidelberg, donde trabajaría con Robert Bunsen, el creador del mechero Bunsen.

A fines del siglo XIX, el antisemitismo germano era palpable y Haber se convierte al protestantismo buscando una carrera académica en Karlsruhe y Leipzig. Es en este período que Haber junto a Robert Le Rossignol descubriría el proceso catalítico (es decir, la presencia de una sustancia que acelera una reacción química sin participar en ella) que permitía crear amoníaco a partir de hidrógeno y nitrógeno del aire en condiciones de alta temperatura y presión. Este proceso de laboratorio fue llevado a producción industrial por Carl Bosch de la firma BASF. Bosch cambiaría los catalizadores de Haber (el raro osmio y el caro uranio) por catalizadores más baratos basados en hierro, aún usados, aunque hoy se cuenta con mejores catalizadores. Ambos recibirían el Premio Nobel de Química, Haber en 1918 y Bosch en 1931. En su discurso de aceptación, Bosch con humildad reconoció: "La bacteria del nitrógeno nos enseña que la naturaleza, con sus sofisticadas formas de química de la materia viviente, aún entiende y usa métodos los cuales no sabemos todavía cómo imitar". Esto sigue siendo realidad un siglo más tarde.

La vida de Bosch sería trágica. Por su sentimiento germano, participó en la Primera Guerra Mundial y en el desarrollo del arma química gas mostaza. Ello hizo que su primera esposa, una química pacifista, se suicidara por la vergüenza que sentía de él. Su segunda esposa, otra judía conversa al cristianismo, se divorciaría 10 años después de su matrimonio.

En agosto de 1933, meses después de que Adolf Hitler se convirtiera en canciller alemán, Haber abandonaría Alemania para siempre, con la salud rota. Otros científicos lo salvaron invitándolo a Inglaterra, donde se quedó unos meses. En ese período, Chaim Weizmann, bioquímico y luego primer presidente de Israel, lo invitó a Palestina. Pero Haber moriría en el camino. Sus hijos tuvieron la fortuna de escapar de la Alemania nazi, aunque no así otros familiares, muchos de los cuales morirían en los inhumanos campos de concentración.

El impacto del proceso Haber-Bosch fue brutal para la economía chilena, el casi monopolítico proveedor de salitre del mundo. El precio del salitre cayó a menos de la mitad entre 1925 y 1934 y su fuerza de trabajo a menos de la cuarta parte, como lo relatan Collier y Sater en su *Historia de Chile: 1808-2002*.

En la actualidad, el proceso Haber-Bosch consume más del 1 % de la energía mundial, proviniendo la mayor parte de esta energía de combustibles fósiles, y produce más de 160 millones de toneladas de amoníaco anuales, dominando el ciclo del nitrógeno y convirtiendo una vez más a los humanos en una fuerza geológica.

## UN MUNDO PLÁSTICO

Además de sus usos en los productos industriales (incluyendo los fertilizantes), en la cocción de los alimentos de la mayor parte de la gente, en el transporte que mueve a la humanidad y el comercio y en la electricidad de la que depende la vida moderna, los combustibles fósiles han sido materia prima de muchos productos industriales. De esta manera, a partir del coque y el alquitrán de alta temperatura, de la hulla, así como del petróleo y el gas natural, se ha venido usando a los combustibles fósiles no como combustibles sino para la fabricación de aleaciones metálicas con carbón, para el asfalto y muchos otros productos, sobre todo los plásticos.

Llamamos plásticos a un amplio rango de materiales sintéticos o al menos semisintéticos que usan polímeros como ingrediente principal. El fenómeno de la plasticidad ya era conocido en sustancias naturales, como la caseína de la leche, el caucho (planta amazónica), la celulosa de los árboles y el colágeno hoy tan publicitado en cosmética. Su primer gran uso fue el proceso de vulcanización del caucho en 1839 para el desarrollo de neumáticos. El término plástico fue acuñado por Leo Baekeland, el creador de la bakelita (los peruanos mayores recordarán la firma Bakelita y Anexos S. A., más conocida como BASA) en 1907. Sin embargo, hoy se considera a la parkesina como el primer plástico producido en el mundo en 1855. El PVC o cloruro de polivinilo, tan presente en las ferreterías actuales, sería descubierto por una síntesis accidental en 1872.

El mayor teórico de los plásticos sería el químico alemán Hermann Staudinger, que en 1953 ganaría el Nobel de Química por sus estudios de la química macromolecular.

La escasez de caucho americano llevaría al ruso Sergei Lebedev a crear, en 1910, el caucho sintético, conocido como buna y

hecho a partir de un producto derivado del petróleo, aunque también se puede hacer de alcohol obtenido por fermentación o destilación. Alemania y Estados Unidos también copiarían este proceso, lo que acabaría con el mercado americano del caucho ya golpeado por las plantaciones del sudeste asiático.

A mediados de los años 30 del siglo XX, el plástico llegaría a todos los hogares en discos de vinilo que reemplazaban a los viejos discos de shellac, un plástico más básico. En los 40, llega el nylon a las medias femeninas y a los cepillos de dientes. Para los años 60, PET, polipropileno y polietileno eran usados en muchos productos de la vida diaria. El poliuretano sería la última gran incorporación. En los 80, algunos países empezaron a adoptar los primeros billetes de plástico, como Australia.

Los plásticos sintéticos nos dieron sustancias maleables, impermeables y baratas que aislaban del ruido, corriente eléctrica y moderadamente del calor, e incluso eran resistentes a la corrosión y degradación. Pero como se verá más adelante, traerían consigo una factura muy alta, que hoy todos pagamos.

## **IMPACTOS DEL USO DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES**

El impacto del uso de los combustibles fósiles se puede dividir en dos grupos: impactos de su uso como combustible e impactos de su uso como materiales. A su vez, el impacto de su uso como combustible dependerá de dónde se emplee: en motores de combustión vehiculares, como fuente de calor doméstico o de calor industrial. Igualmente, al hablar de su uso como material, es preciso separar el de aquellos utilizados sin polimerizar, como el asfalto y los aceites lubricantes, y el de aquellos que se transforman en plásticos, especialmente de los llamados plásticos de un solo uso.

### **Impactos del uso como combustible**

Los impactos del uso como combustible dependerán de cuatro cosas: lo que se quema, cómo se quema (temperatura, presión

y medidas de control de emisiones al final del sistema), dónde se quema y lo que escapa sin ser quemado. En todos los casos, la quema implica el regreso a la atmósfera de dióxido de carbono (el mismo que humanos y animales exhalan cuando respiran). El problema es que, desde hace más de 250 años, y en especial en los últimos 50, la humanidad viene liberando el carbono que a la naturaleza le costó millones de años enterrar. Esta brusca liberación tiene el carácter de una fuerza ecológica y en nuestros días causa la probablemente mayor amenaza ambiental del siglo XXI: el cambio climático.

## **El cambio climático**

Esta tercera gran roca alrededor del Sol, mal llamada Tierra, es en realidad un planeta azul visto desde el espacio. Esto se debe a la presencia del agua, una sustancia que, por sus características químicas, sirve como base para la vida. La vida surgió en el mar y cada vez que la vida en las superficies terrestres ha colapsado, por fenómenos climáticos, cósmicos o geológicos, ha vuelto a él. Para los humanos, animales terrestres, el mar es algo lejano, pese a que las células humanas aún reconstruyen el océano de donde salieron.

La vida, que se cree que surgió en el mar como síntesis química, aprendió a usar al Sol como fuente de energía y empezó a capturar enormes cantidades de carbono en dos formas. Primeramente, biomasa viva en plantas, animales y microorganismos; luego, en la forma de compuestos en los cadáveres de los seres vivos: los carbonatos de los esqueletos de organismos acuáticos, que no se reintegraron al ciclo del carbono para su reuso en biomasa y se transformaron en los llamados combustibles fósiles.

El aumento de la población humana, el crecimiento económico, el armamentismo –sobre todo en el siglo XX–, el consumo en masa y la obsolescencia programada obligaron a la especie humana a recurrir a cada vez mayores cantidades de combustibles fósiles y de carbonatos para uno de los materiales más importantes usados por la humanidad, el cemento.

Ya en el siglo XIX, en 1896, el gran químico sueco Svante Arrhenius, ganador del Premio Nobel de Química en 1903, fue

el primero en manifestar que los combustibles fósiles iban a generar, o al menos acelerar, el calentamiento del sistema climático global. Durante la primera mitad del siglo XX, la humanidad estaría muy ocupada en las fratricidas guerras mundiales como para recordar el aviso de Arrhenius. Recién en los años 50 del siglo pasado se darían las dos grandes condiciones para rememorar su advertencia.

La primera se dio en 1957, en medio de la Guerra Fría entre Estados Unidos y la entonces Unión Soviética, y coincidente con un período de gran actividad solar, cuando más de 30,000 científicos e ingenieros de todo el mundo colaboraron para realizar el Año Geofísico Internacional. En el marco de las investigaciones realizadas ese año, que llevaron al Tratado Antártico y a avances en satélites artificiales, entre otros, Estados Unidos establecería un laboratorio en Mauna Loa, Hawái, para medir concentraciones de gases, entre ellos el dióxido de carbono.

Este laboratorio, propiciado por Roger Revelle y administrado por Charles Keeling, pronto daría frutos. Keeling no solo estableció la fuerte estacionalidad de las concentraciones del dióxido de carbono, sino que para 1961 quedaba claro su preocupante crecimiento. Esto sirvió para que la Fundación Nacional para la Ciencia de Estados Unidos le avisará al comité asesor científico del entonces presidente Lyndon Johnson sobre los peligros que entrañaba el aumento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero, en especial el dióxido de carbono en 1965.

En noviembre de 1959, paradójicamente en la celebración del centenario de la industria estadounidense del petróleo, el controversial y genial físico Edward Teller pronunciaría las siguientes palabras:

Damas y caballeros, estoy aquí para hablarles sobre la energía en el futuro. Comenzaré por decirles por qué creo que los recursos energéticos del pasado deben ser sustituidos. Primero que nada, estos recursos energéticos se acabarán conforme usemos más y más combustibles fósiles. Pero yo quisiera mencionar otra razón por la que probablemente tenemos que mirar por abastecimientos adicionales de combustibles. [...] Cada vez que queman combustibles convencionales, crean

dióxido de carbono. El dióxido de carbono es invisible, es transparente, es inodoro, no daña la salud, ¿entonces por qué preocuparnos de él? El dióxido de carbono tiene una extraña propiedad. Transmite la luz visible, pero absorbe la radiación infrarroja que es emitida por la Tierra. Su presencia en la atmósfera causa un efecto invernadero. [...] Ha sido calculado que un aumento de temperatura correspondiente a un 10 % de incremento en el dióxido de carbono sería suficiente para derretir el hielo polar y sumergir Nueva York. Todas las ciudades costeras se cubrirían y, como un porcentaje considerable de la población humana vive en las regiones costeras, pienso que esta contaminación química es más seria de lo que la mayoría de personas tienden a creer. (Franta, 2018)

Luego de su charla, Teller sería cuestionado y se le pidió que resumiera brevemente el peligro del contenido incrementado del dióxido de carbono. Según el historiador Benjamín Franta, él respondió así:

En el presente (1959), el dióxido de carbono ha subido 2 % sobre lo normal. Para el 70 será quizás 4 %, para el 80, 8 % y para el 90, 16 % (según Teller, unas 360 partes por millón, contra las 417.7 al 20 de enero de 2022), si mantenemos el crecimiento exponencial en el uso puramente de combustibles convencionales. Para ese tiempo, habrá un serio impedimento adicional para la radiación que abandona el planeta. Nuestro planeta se volverá un poquito más caliente. Es difícil decir si serán dos grados Fahrenheit, solo uno o cinco. Pero cuando la temperatura suba unos pocos grados en todo el globo, existe la posibilidad de que los casquetes polares comiencen a fundirse y el nivel de los océanos empiece a elevarse. Bueno, no sé si ellos cubrirán el edificio Empire State o no, pero cualquiera puede calcularlo mirando el mapa y notando que los casquetes sobre Groenlandia y sobre la Antártida son quizá de unos cinco mil pies de grosor. (*Idem*)

El Instituto Americano del Petróleo recibiría otra advertencia en 1968, esta vez del Instituto de Investigación de Stanford (SRI) en su informe *Fuentes, abundancia y destino de contaminantes atmosféricos gaseosos*, escrito por E. Robinson y R. C. Robbins.

En su reciente libro *Ellos sabían*, James Gustave Speth (2021) narra cómo las administraciones federales estadounidenses

ya tenían claro conocimiento de los impactos del uso de combustibles fósiles sobre el cambio climático, desde la administración de James Carter (1976-1980).

Pero no solo Estados Unidos sabía de esto, en 1979, la Organización Meteorológica Mundial (OMM), junto a demás organizaciones de Naciones Unidas (UNESCO, FAO, OMS, PNUMA y otras), organizó la conferencia global de expertos en el clima y la humanidad con más de 350 especialistas. En su declaración final, los expertos exhortaron a tomar total ventaja del conocimiento del sistema climático, tomar acción para mejorar ese conocimiento y **prever y prevenir cambios de origen humano en el clima que puedan ser adversos al bienestar de la humanidad**. Esto último sería ratificado por la conferencia de 1985, donde los científicos recomendaron, por primera vez, considerar una conferencia global sobre el clima.

La OMM, armada por esta recomendación en el X Congreso Meteorológico Mundial de 1987 y ante las cada vez mayores demandas sobre el estado del conocimiento sobre el cambio climático inducido por el hombre, autorizó al secretario general de Naciones Unidas, Javier Pérez de Cuéllar, a consultar con el director ejecutivo del PNUMA sobre el establecimiento de un grupo científico sobre cambio climático inducido por los humanos.

De esta forma, en una sesión conjunta en noviembre de 1988, se desarrolla la forma de operar del recién creado Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (conocido como IPCC, por sus siglas en inglés). Desde entonces, ha producido seis ciclos de informes regulares, donde se muestra el estado de avance de la ciencia de las bases físicas del cambio climático, la vulnerabilidad, impactos y adaptación al cambio climático, así como la mitigación del mismo.

Este grupo, criticado por unos como demasiado cauteloso y por otros que lo consideran alarmista, ha resumido los avances de la ciencia en estos temas ya durante más de una generación. Y las perspectivas son complejas. Si bien, por un lado, se han desarrollado tecnologías alternativas, la economía global sigue fuertemente atada a los combustibles fósiles. Las emisiones siguen aumentando, al igual que las concentraciones de los gases de efecto invernadero. Y los

impactos del cambio climático ya se hacen sentir, en los polos, en glaciares tropicales, en el nivel de los océanos y en muchos ecosistemas vulnerables.

## **Afectación de la calidad del aire por quemas de combustibles fósiles**

Las quemas de combustibles fósiles han afectado la calidad del aire por siglos. Desde la prohibición del carbón por Eduardo I de Inglaterra hace más de 700 años, hasta la temible “sopa de arvejas” tóxica de Londres en los años 50 del siglo pasado y el *smog* fotoquímico de Los Ángeles, California, en los años 60, la historia está llena de estos ejemplos. El impacto de los combustibles fósiles se siente en el aire de las cocinas a gas y las estufas de los países fríos (aunque cocinar con leña tiene impactos peores).

En su más reciente estimación, la Organización Mundial de la Salud le atribuye siete millones de muertes anuales a la contaminación del aire, tanto en exteriores como al interior de los hogares. Si bien hay humos generados por leña, incendios forestales, quema de residuos agrícolas o de residuos sólidos urbanos, una gran parte de estos millones de muertos, así como la carga de enfermedad asociada que no se traduce en muertes, se puede vincular a los combustibles fósiles. En 2019, la OMS estimaba que el 99 % de la población mundial vivía en lugares donde no se cumplían las recomendaciones de calidad del aire de esta organización.

Las sustancias vinculadas a esta contaminación son de forma directa el monóxido de carbono, los óxidos de azufre, los óxidos de nitrógeno, el material particulado por debajo de los 2.5 micrones (milésimas de milímetro) de diámetro y la formación en algunas condiciones del ozono troposférico (no ese que nos protege en la estratósfera de la radiación ultravioleta sino el que daña piel, pulmones, plantas y materiales en la atmósfera baja que habita la gente).

Pese a los avances en la tecnología vehicular, así como los controles que se dan en algunas industrias, el uso extensivo de los combustibles fósiles lleva a mucha contaminación con todas sus consecuencias.

## Impactos del uso como materiales

Los impactos del uso de los combustibles fósiles, no como combustibles, sino como materiales, se pueden resumir en el impacto de los aceites, asfaltos y otros productos petroquímicos, y el impacto de los plásticos en la acumulación de residuos sólidos en tierra, en las islas de plástico y en los microplásticos.

## Impactos de aceites, asfaltos y otros productos petroquímicos

Tanto el carbón de hulla, como el petróleo y el gas fueron usados como materiales desde el siglo XIX, aunque su gran despliegue empezaría en el siglo XX. Quizás el más evidente es el asfalto. En la actualidad, el asfalto está desplegado por todo el planeta, en los caminos y carreteras para automóviles y como impermeabilizante de techos planos o paredes. Este asfalto, aunque se puede encontrar de forma natural, hoy es principalmente hecho por destilación de petróleo crudo a temperaturas entre 204 °C y 525 °C.

En un estudio del 2020 en *Science Advances*, Peeyush Khare y Drew Gentner, entre otros, encontraron que los materiales asfálticos a temperatura ambiente y en especial bajo intensa luz solar producían mezclas complejas de compuestos orgánicos, incluyendo contaminantes peligrosos, entre ellos múltiples cancerígenos, conocidos como aerosoles orgánicos secundarios. Estos aerosoles son particularmente peligrosos en los sitios y fechas más calurosos e iluminados por su implicancia en la actividad química dependiente de la luz, la actividad fotoquímica.

Otras sustancias muy comunes son los aceites lubricantes, los que evitan desde el desgaste y la fricción hasta los ruidos molestos en las bisagras de las puertas. Si bien en algunas ocasiones podemos usar aceites naturales, incluso los comestibles como el aceite de oliva o los usados en cosmética, para muchas aplicaciones, como la mecánica automotriz o la industria, se requiere de propiedades de aceites derivados del petróleo.

Conforme el aceite se va usando, se va contaminando, por un lado, con residuos de combustible y, por otro, con partículas provenientes del desgaste de los metales, y va perdiendo propiedades por lo que se debe cambiar. Estos aceites, de baja capacidad de degradación biológica, muchas veces son descartados a desagües donde pueden infiltrarse a la napa freática o, en zonas de baja presión, a las tuberías que llevan agua potable.

Se debe considerar que estos aceites tienen una capacidad de contaminar el agua en proporciones tan bajas como uno en mil litros, deteriorando tanto la calidad de sabor y olor como produciendo muy diversas enfermedades, de acuerdo al grado y forma de exposición. Además del daño a la salud humana, los aceites forman barreras agua-aire, bloquean la luz solar y producen daños a las especies acuáticas, desde invertebrados hasta peces, aves y mamíferos en la cadena alimenticia.

Otra gran fuente de impacto son los productos provenientes de la industria petroquímica. Esta industria principalmente produce tres tipos de productos: aromáticos, para la producción de plásticos y fibras sintéticas; olefinas, en especial la tríada BTX (benceno, tolueno y xilenos); y en algunas ocasiones gas de síntesis, que servirá para producir metanol o amoníaco. En gran medida, los impactos son similares a los ya mencionados para los aceites, con el agravante de que, en muchos casos, los productos de la industria petroquímica son considerados más peligrosos por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) de la OMS. Esto incluye a los plásticos. Sobre estos, más allá de los problemas que más abajo se detallan, como la biodegradabilidad o el impacto en la vida marina, en algunas ocasiones la presencia de sustancias añadidas o que se forman con el uso o cuando se queman, como las dioxinas, que son cancerígenas, actúan como disruptores endocrinos (interfieren con las hormonas) y dañan el sistema inmunológico.

Un caso relativamente reciente fue el del bisfenol A, también llamado BPA, que era muy usado en muchas botellas de plástico duraderas, como los biberones de los bebés y los recipientes para alimentos que se llevan al microondas. Pese a ser sospechoso desde los años 1930, recién en 2010 la Administración de Alimentos y Drogas de los Estados Unidos

(FDA) publicaría un informe que recomendaba evitar la exposición de envases con este material en hornos microondas. Igualmente, en algunos países europeos, como España y Francia, entre otros, ya se encuentra prohibido su uso en el papel térmico, por la exposición que implica.

## Biodegradabilidad de los plásticos

En un artículo de mayo del 2021 en *FEBS Open Bio*, Raffaele Porta afirma que los futuros arqueólogos denominarán al período posterior a la Era del Hierro, la Era del Plástico. Pero existen materiales muy usados como los ladrillos, el vidrio o el cemento como para darle tanta importancia al plástico. Sin embargo, la diferencia radica en su destrucción. Como se ha visto anteriormente, los plásticos han marcado fuertemente su presencia en tierra y mar durante más de 70 años. Su fortaleza, flexibilidad y versatilidad han hecho omnipresente y multiusos al plástico.

56

En la actualidad, cuando se dice plástico se habla de más de 20 grupos de materiales, aunque seis de ellos representan cerca del 90 % de la producción mundial: cloruro de polivinilo (conocido como PVC), nylon, poliestireno, polietileno, polipropileno y tereftalato de polietileno (llamado PET). Todos ellos pueden ser remodelados al fundirlos, aunque no se pueden reciclar juntos, y por eso son conocidos como termoplásticos. El otro grupo que incluye materiales como el poliuretano y la melamina, así como otras resinas, es conocido como termoestable y tiene un reuso muy complejo.

Con una presencia tan corta en la Tierra, los microorganismos no han desarrollado mecanismos para degradar los plásticos. Esto no era un problema en 1950 cuando se producían cerca de dos millones de toneladas, pero lo es para los 350 millones de toneladas del 2020 y lo será más en el futuro de continuar su crecimiento.

En los últimos años, se ha investigado cómo degradar los plásticos, aún sin mucho éxito. Si bien existen datos alentadores acerca de algunas especies de hongos como el *Pleurotus ostreatus* o el *Cochliobolus spp.*, entre otras, esto está todavía muy lejos de llegar a ser una tecnología universal para el

problema de la acumulación de los plásticos. Mientras tanto, su producción, consumo y descarte siguen aumentando.

Muchas de las iniciativas para regular los plásticos son solamente torpes lavadas de cara ambiental (conocidas en inglés como *greenwashing*) y están orientadas a mejorar los ingresos de tiendas y supermercados (cobrar por las bolsas) y cobrar un impuesto no dirigido, lo que sirve para la caja fiscal pero no para obras específicamente ambientales. La única medida efectiva es prohibir el uso de aquellos plásticos no reciclables, en especial los de un solo uso, como es el caso de los envases de poliestireno expandido, conocidos con diferentes nombres en cada país de habla hispana (tecnopor en Perú, poliespuma en España o unigel en México).

## **Impactos de los plásticos en la vida marina**

Tanto la disposición de basura urbana directamente en el mar, antes de la firma del convenio MARPOL, como los barcos que descargan su basura en alta mar, y todos aquellos que lo siguen haciendo ilegalmente, han hecho que buena parte de los 8300 millones de toneladas de plásticos que el mundo ha producido y que no han terminado en un relleno sanitario hayan ido a parar al mar. Por procesos de erosión, mucho de este plástico ha terminado convirtiéndose en microplástico de un tamaño menor a los cinco milímetros y ha contribuido a la formación de las islas de plástico.

Esta problemática saltó a la luz gracias al oceanógrafo estadounidense Charles Moore, quien en 1997 descubriría la isla de plástico del Pacífico Norte, la mayor de todas, aunque desde esa época se han encontrado otras en el Atlántico Norte y Sur, en el océano Índico e incluso en el Pacífico Sur (2011).

La isla de basura del Pacífico Norte, también llamada gran zona de basura en el Pacífico, es considerada por algunos como la unión de dos zonas de basura vinculadas. La zona afectada en el Pacífico Norte es alrededor de tres veces todo el territorio peruano en área y se calcula que tiene una cantidad de basura en el orden de los 100 millones de toneladas. En ella, se encuentran aproximadamente seis kilogramos de basura por cada kilogramo de plancton.

Pese a que, en la imaginación de muchos, estas islas parecen que fueran grandes masas de basura flotante, no lo son, ya que en su mayoría están constituidas por el microplástico arriba mencionado. Allí encontramos de todo: artículos o fragmentos de bolsas, botellas, celulares, cepillos de dientes, encendedores y lapiceros, etc. Acompañan fibras de celulosa que se cree que provienen de los miles de toneladas de papel higiénico que terminan en los mares.

De acuerdo a un estudio realizado por la revista *National Geographic* (s. f.), se creía que el 80 % del plástico del océano provenía de fuentes terrestres y el resto de barcos y otras fuentes marinas. Sin embargo, un estudio más reciente atribuye mayor responsabilidad a las redes pesqueras de material sintético que hoy predominan en la industria.

Otro estudio (Ryan *et al.*, 2019) sobre la basura plástica encontrada en la isla Inaccesible, parte del archipiélago Tristán da Cunha, en el centro del océano Atlántico Sur, mostraba un rápido crecimiento de las botellas de plástico. Pese a que uno de los envases databa de 1971 y era de polietileno, la mayoría eran recientes y de PET. Estas botellas, según el estudio, eran mayormente de origen chino, lo que dada la distancia era un imposible geográfico, salvo que se considere la descarga proveniente de los buques mercantes que navegan por esas aguas.

La contaminación por plásticos ha llegado a tal nivel en la última década que figura como un indicador clave de la contaminación marina bajo el Objetivo de Desarrollo Sostenible 14.1 de la Organización de las Naciones Unidas.

Esto no sorprende, considerando que se producen 480,000 millones de envases plásticos de bebidas; es decir, más de un millón de botellas por minuto, según Laville y Taylor en un artículo de *The Guardian* de 2017. Además, estos son excelentes indicadores, tanto de su origen como de su fecha de manufactura, ya que ambos datos se encuentran impresos en ellas. Pese a que se les ha atribuido duraciones de siglos, los estudios muestran que, en el caso del PET, se degrada en condiciones de alta radiación ultravioleta en dos décadas, aunque esto puede durar mucho más de no haber favorables condiciones para su degradación. En cualquier caso, reducir toda la basura plástica en los océanos es imperativo en el siglo XXI.

## IMPACTOS DE LA PRODUCCIÓN Y TRANSPORTE

Para hablar de los impactos de la producción y el transporte de los combustibles fósiles es necesario entender la naturaleza de estos combustibles (de fuentes convencionales o yacimientos y de no convencionales), los lugares en los que se producen los diferentes combustibles fósiles y los canales a través de los cuales se transportan. Estos impactos a su vez se pueden categorizar en ambientales y sociales. Se clasifican por el medio al que afectan y su clase de impacto social, que ocurre sobre trabajadores de producción y distribución de los combustibles fósiles, así como sobre los dueños (empresas públicas y privadas) de estos combustibles.

Las principales fuentes no convencionales de petróleo o gas de esquisto o de pizarra son relativamente jóvenes, pese a que se vienen explotando por más de 200 años, ya que eran absolutamente marginales debido a su costo. Recién en 1998, cuando George Mitchell rompió la barrera de cuatro dólares por millón de BTU comenzó su explotación masiva. Esto se permitió por la creación por parte del ingeniero Mitchell de una nueva y revolucionaria tecnología, el fraccionamiento hidráulico, más conocido como *fracking*.

Desde el punto de vista ambiental, el *fracking* tiene impactos sobre el uso de la tierra, el consumo de agua, las emisiones a la atmósfera –principalmente metano–, fugas de salmueras y fluidos fracturantes, contaminación del agua, ruido y salud. A su vez, las salmueras pueden sacar contaminantes presentes en los suelos, incluyendo metales pesados y sustancias radioactivas como el radio, radón, torio y uranio. Además de todo lo anterior, también se genera un impacto por sismicidad inducida por la fractura hidráulica y los pozos de disposición del agua usada.

## IMPACTOS AMBIENTALES DE LA PRODUCCIÓN Y TRANSPORTE DE CARBÓN, PETRÓLEO Y GAS

### Calidad del aire y cambio climático

La producción de carbón, petróleo y gas, desde el punto de vista de la calidad del aire y el impacto sobre el cambio

climático, está asociada a las llamadas emisiones fugitivas. El metano, el segundo gas de efecto invernadero, está vinculado a la producción de todos los combustibles fósiles, pero, sobre todo, a la de petróleo y gas. La Agencia Internacional de Energía estimó que las emisiones fugitivas en la producción de petróleo y gas fueron de 76.4 millones de toneladas de metano en 2020. Para contextualizar, en su último inventario (2016), las emisiones de metano de todo el Perú no llegaban a 1.3 millones de toneladas al año. Es decir, solo en fugas se pierde a nivel global cerca de 60 veces lo que todo el Perú genera en un año de este gas. Cabe señalar que durante los 20 años luego de que es emitido, cada tonelada de metano impacta sobre el cambio climático como lo hacen 80 toneladas de dióxido de carbono. Ello implicaría que las fugas anuales equivalgan a más de 6000 millones de toneladas de dióxido de carbono; sin embargo, por su descomposición química, el impacto se reduce en periodos de un siglo o más a unos 2300 millones de toneladas de dióxido de carbono.

Estas fugas provienen de tres actividades: venteo, que es la liberación intencional de metano como parte de la actividad productiva; flameo incompleto, que es la quema del metano por seguridad; y emisiones fugitivas, que son escapes involuntarios que ocurren durante la producción, transporte o refinado del petróleo o el gas. Puede haber hasta ocho combinaciones de fuentes, dependiendo de si son fuentes en tierra, en el mar, no convencionales, o en la distribución, combinadas por el hecho de que se puede tratar de petróleo o gas. Sin embargo, tres son las principales: petróleo convencional en tierra, gas natural convencional en tierra y distribución de gas natural. La Agencia Internacional de Energía también establece que el 43 % de estas emisiones se podrían reducir sin costo neto (por el gas natural recuperado), lo que no ocurre debido a los costos de inversión.

En un reciente estudio (2022), Thomas Lauvaux *et al.*, del Laboratorio de Ciencias del Clima y el Medio Ambiente en Saclay, Francia, identificaron a partir de observación satelital que los tres países con mayores plumas de emisión por fugas eran Turkmenistán, Rusia y los EE.UU. Pese a las limitaciones metodológicas, que dificultan observar emisiones bajo densa cobertura nubosa o a gran altitud como ocurre en Canadá o China u observar las que vienen de plataformas marinas,

el satélite Sentinel-5P de la Unión Europea pudo identificar a los llamados ultraemisores, que representan el 12 % del metano fugado global. Solo en los tres países señalados, si se detuvieran las fugas, se ahorraría el equivalente climático a 20 millones de autos al año.

## **Aguas residuales**

De todos los residuos producidos en las fases de exploración y explotación, se estima que el 80 % son aguas residuales; en el caso de campos de petróleo antiguos se calcula que puede llegar a un 95 % (Hedar y Budiyo, 2018). Estas aguas pueden contaminar tanto aguas superficiales como subterráneas, así como también suelos. Las aguas residuales producidas vienen de agua salina o de agua de formación. El agua salina puede venir de un flujo por encima o por debajo de la zona hidrocarbúfera, de la propia zona o ser un flujo de fluidos y aditivos inyectado. El agua de formación es la que aflora cuando el hidrocarburo emerge mezclado con agua salina.

Se calcula que se producen tres barriles de agua residual por cada barril de petróleo. Estas aguas son reinyectadas al mismo pozo o a pozos secos y tienen que ser tratadas para que no rompan estándares de calidad ambiental (ECA) si son descargadas al ambiente. Sin embargo, aun cumpliendo con los estándares de calidad ambiental, pueden contener compuestos orgánicos e inorgánicos poco comunes y no regulados en los ECA que interfieran con la sostenibilidad ambiental.

El contenido de sustancias tóxicas dependerá de la geología del sitio, tiempo de vida del reservorio, tipo de hidrocarburo producido, etc. Entre los componentes más comunes, se encuentran hidrocarburos disueltos y dispersos, formaciones minerales dispersas, compuestos químicos usados para la producción, gases disueltos y una larga lista de sólidos que abarca asfaltenos y bacterias, incluyendo las que reducen sulfatos, ceras y productos de corrosión, entre otros. Además de estos compuestos, hay que añadir los usados en los procesos de la industria, como agentes contra emulsión, biocidas, coagulantes, inhibidores de corrosión y sarro y solventes para prevenir depósitos de parafinas.

En el caso del gas natural, no se usa agua de inyección. El agua obtenida es una mezcla de agua de formación y agua condensada. Estas aguas pueden ser hipersalinas y muy ácidas. Se produce menor cantidad de aguas en campos de gas natural que de petróleo. Los productos usados en esta industria incluyen etilenglicol y metanol, que irán al agua. Estas aguas suelen tener mayor concentración de sustancias volátiles que las que vienen del petróleo.

La descarga de esas aguas impacta en particular a la vida acuática. La salinidad es uno de los mayores problemas, en especial por la presencia de sodio. Otros iones inorgánicos pueden causar problemas en agua dulce, como los iones calcio, cloruro y potasio. Sin embargo, los principales problemas provendrán de la materia orgánica. Entre estos compuestos se pueden diferenciar los que vienen de la dispersión de petróleo y los de material orgánico no hidrocarburífero.

Un peligro particular lo representan los hidrocarburos aromáticos –como el benceno, etilbenceno, tolueno y xileno– y poliaromáticos. Los primeros son muy abundantes en las aguas de la producción de gas natural.

Estas aguas se pueden tratar de múltiples maneras para prevenir impactos; sin embargo, las principales técnicas de tratamiento pueden resultar costosas y difíciles de implementar en locaciones remotas, por lo que las empresas deciden asumir riesgos de ser sancionadas dado lo esporádico de las intervenciones por parte de los reguladores. Si la situación de aguas contaminadas en la industria del gas y petróleo es común, aun en países desarrollados, el panorama resulta poco alentador en la mayoría de países en desarrollo, en donde el medio ambiente se sigue considerando como una externalidad menor.

## **Residuos sólidos**

En comparación a los demás impactos, este puede llegar a parecer una trivialidad, aunque dado que ocurre en muchos casos en ambientes prístinos se requiere una adecuada gestión ambiental de los residuos sólidos. Estos residuos, que pueden ser tanto residuos sólidos comunes como peligrosos,

deben ser tratados conforme a ley. Un acápite aparte merecen aquellos residuos que, siendo o no peligrosos, entran en la categoría de residuos no municipales, los que –de acuerdo al Decreto Legislativo 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos– requieren todas las medidas que resulten necesarias para asegurar el manejo selectivo, la prevención de impactos y riesgos ambientales; asimismo, se debe exigir el uso de equipos, instalaciones e infraestructuras adecuadas para su manejo ambiental y sanitariamente adecuado.

Ante las reiteradas demostraciones de debilidad institucional, cada vez se hace más evidente el requerimiento de una vigilancia ciudadana efectiva tanto por parte de autoridades locales como de la sociedad civil, en este como en otros múltiples aspectos ambientales.

### **Impactos sobre las comunidades biológicas**

Los impactos a la biodiversidad se producen a través de la contaminación del aire, agua y suelos como a través de intervenciones directas que involucran conversión y fragmentación de los hábitats, deforestación, erosión de suelos y sedimentación de cauces fluviales. Además, en muchos casos, las actividades de exploración y explotación petrolera, que se realizan en zonas remotas y en condiciones naturales, abren la puerta a otras actividades económicas y sociales, lo que significa una migración a través de asentamientos informales, aparición de agricultura, actividades ganaderas o plantaciones forestales, y el desarrollo de infraestructura de caminos o portuaria que puede ocasionar mayores daños a la flora y fauna que los impactos originales.

Si bien muchos de los impactos ambientales directos son manejables con el uso de tecnologías adecuadas y una adecuada inversión en ellas –lo que gran cantidad de las industrias se esfuerzan en evitar–, para muchos de los impactos secundarios se requiere un manejo ambiental, social y político que en, lugar de reforzar, mitigue los impactos colaterales surgidos por la actividad de exploración y explotación del petróleo y el gas.

Un error común es creer que el impacto ambiental se da únicamente en función de la cantidad derramada. Obviamente, una mayor cantidad derramada está asociada a un mayor riesgo, pero en algunas ocasiones derrames pequeños que ocurren en un ambiente sensible y en un momento crítico pueden tener efectos muy perniciosos.

La vulnerabilidad a los impactos de los derrames varía en la fauna de acuerdo a su tipo. A continuación, se mencionarán los impactos de derrames en ambientes marino-costeros, para luego continuar con los fluviales. De los mamíferos, la mayoría de los cetáceos como ballenas y delfines así como las focas escapan; sin embargo, las nutrias marinas son vulnerables. En las aves, todas las que tienen costumbres zambullidoras son muy vulnerables y pueden morir. Ellas requieren tratamiento especializado y no es recomendable la asistencia por voluntarios inexpertos. La mortalidad de peces varía, el uso de dispersantes en los derrames la agrava y hace a las especies comerciales no utilizables. La mayoría de crustáceos y moluscos son muy vulnerables, también los corales, erizos de mar y gusanos marinos. Algunas especies como las lapas parecen tener resistencia a esta contaminación.

En cuanto a la flora, los peores impactos ocurren en ecosistemas muy sensibles como los manglares. Las plantas costeras muestran variados grados de sensibilidad. Las perennes son las mayores víctimas y la recuperación se da con plantas anuales.

Respecto a los derrames fluviales en ambientes tropicales, quizás el caso más conocido sea la contaminación a gran escala generada por Chevron-Exxon en Ecuador, donde se estima que unos 18,500 millones de galones de residuos tóxicos fueron a parar a fosas sin aislamiento, pantanos, arroyos y ríos en zonas de bosques tropicales durante 28 años.

En estos ambientes, hay muy pocos estudios sobre el impacto en la microbiota. Los estudios se concentran en la vegetación y la fauna. En la flora, la cobertura de las hojas por el petróleo y la reducción de la actividad fotosintética genera mayor impacto que cuando el petróleo es expuesto a las raíces. Hay que señalar que muchas actividades de remediación de petróleo incluyen compactación de suelos.

Como en el medio marino, los mayores impactos son percibidos por la fauna. Aquí, de igual manera, los daños son producidos por el contacto físico y por la contaminación del entorno; es decir, por ingesta o inhalación. Los vapores del petróleo dañan el hígado, los pulmones y el sistema nervioso central. Al ingerirse, se generan daños al tracto intestinal y algunos estudios indican problemas reproductivos. De manera similar al mar, nutrias de río y aves zambullidoras cargarán las peores consecuencias. Aquí también los caracoles y la fauna terrestre invertebrada serán impactados.

Los peces son afectados de múltiples maneras, ya que sus tejidos asimilan el petróleo del agua, los alimentos y los sedimentos. Como en el medio marino, la mayor toxicidad es presentada por los compuestos aromáticos hidrosolubles. Las etapas de huevos y larvas son más sensibles que los adultos. Los contaminantes más persistentes en el tiempo son los de naturaleza poliaromática, es decir, con varios anillos bencénicos.

## **IMPACTOS SOCIALES DE LA PRODUCCIÓN Y TRANSPORTE DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES**

Los impactos sociales de la producción y transporte de combustibles fósiles se diferencian poco de los de otras industrias extractivas como la minería. Los problemas sociales de esta explotación de recursos naturales, efectuada en el marco de la globalización, es conocida en la literatura especializada como el problema del extractivismo, bautizado así por el término "industrias extractivas" con que el Banco Mundial llamaba a las actividades mineras y de explotación de combustibles fósiles cuando se refería a proyectos de gran alcance.

Es en ese contexto que citamos los impactos sociales propios del extractivismo en general, y que de no ser mitigados aparecen en mayor o menor medida en todos los proyectos de producción y transporte de combustibles fósiles. Si bien la lista no es completa, como lo advierte el autor Eduardo Gudynas (2018), estos serían los principales impactos sociales: a nivel local, la aparición de conflictividad, desplazamientos

territoriales, surgimiento de asimetrías económicas y violencia; a nivel nacional, a través del llamado efecto derrame, se habla de desterritorialización, dependencia económica, erosión de la democracia, flexibilización laboral, subordinación política y violación de derechos humanos.

A través de todos estos impactos, prima la sombra de la corrupción. Esto ocurre sin diferenciar el sesgo ideológico, ya que se han encontrado casos tanto en administraciones conservadoras como aquellas que se hacen llamar progresistas. Muy pocos países han podido manejar los impactos de una extracción masiva de combustibles fósiles. Abundan los casos de dictaduras aliadas a corporaciones transnacionales en África y Asia y enormes entramados de corrupción, tanto en el caso de empresas nacionales como en los concesionarios extranjeros.

## **IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIALES DE LA PRODUCCIÓN Y TRANSPORTE DE COMBUSTIBLES FÓSILES EN EL PERÚ**

66

De todo lo arriba señalado, se pueden encontrar ejemplos en el Perú, tanto en el ámbito de lo social como de lo ambiental. A diferencia de lo que ocurre en regiones como el Medio Oriente, donde la explotación de hidrocarburos se da en un entorno desértico de menor sensibilidad biológica, en el caso peruano, ha ocurrido en la zona costera adyacente a un mar tropical, en el propio mar, en particular cerca del punto de encuentro de las corrientes de agua fría y caliente que les sirvieron a Charles Darwin para generar sus observaciones en su famoso libro *El origen de las especies*, y en la selva amazónica.

En otras palabras, en el Perú, los hidrocarburos se encuentran en lugares apartados de las principales urbes, tanto de la costa como de la sierra, e incluso a cierta distancia de las principales ciudades amazónicas. Por ello, sus impactos son principalmente sentidos en zonas rurales, por poblaciones dependientes de recursos pesqueros o poblaciones rurales que se ven impactadas en su forma de vida, lo que puede ser sobremanera sensible cuando se habla de pueblos indígenas, especialmente de aquellos en aislamiento voluntario.

El impacto social de la producción de hidrocarburos en el Perú es de larga data. La International Petroleum Company (IPC), durante décadas, se negó a pagar los tributos correspondientes a la explotación de los yacimientos petrolíferos de La Brea y Pariñas. En 1968, la frustrada negociación del pago de adeudos de esta empresa culminó en el escándalo conocido como "Página 11", que desencadenaría el golpe de Estado del general Juan Velasco y la creación de la empresa Petróleos del Perú.

Si bien, en los lugares de producción, los impactos ambientales son razonablemente manejables, los impactos sociales siguen siendo de gran escala. Quizás el caso reciente más emblemático sea el del distrito de Megantoni, escindido del distrito de Echarate el 6 de julio de 2016, por una ley de creación. En este distrito, de menos de 7000 habitantes de acuerdo al censo de 2017, se encuentran cuatro lotes (56, 57, 58 y 88) del gas de Camisea y 32 comunidades, incluyendo comunidades nativas machiguengas y asháninkas que representan más de la mitad de la población. Dispone, gracias al canon que recibe, de más de 200 millones de soles anuales (más de 50 millones de dólares para menos de 10,000 habitantes) de presupuesto público y además cuenta con la presencia de las empresas hidrocarburíferas CNPC Perú, Pluspetrol y Repsol.

De acuerdo a un artículo del portal *Ojo Público* (Cárdenas, 2020), esta nueva municipalidad y su alcalde, Daniel Ríos Sebastián, acumularon en menos de dos años seis procesos de investigación en la Fiscalía Especializada en Delitos de Corrupción de Funcionarios de la provincia de La Convención, por negociación incompatible, abuso de autoridad, peculado, concusión, cohecho y asociación ilícita. En el mismo artículo, se señala que entre 1590 proveedores figuraban regidores o familiares, lo que indica la presencia de la modalidad conocida como puerta giratoria de salida, ya que al abandonar un funcionario el cargo se convierte en proveedor de la misma institución donde trabajó.

En 2018 y 2019, se reportaron derrames de líquidos de gas natural en el distrito de Megantoni, los que ocasionaron la muerte de peces en la quebrada del río Kemariato, afluente del Bajo Urubamba. En diciembre de 2021, el Juzgado de Investigación Preparatoria de Echarate dictó 36 meses de

prisión preventiva contra el alcalde Daniel Ríos y otros cinco implicados por delito de falsificación de documentos para ocultar un caso de nepotismo.

Si bien en el Perú la contaminación ambiental y la corrupción de funcionarios son omnipresentes, estas se exacerban en los lugares donde se produce la extracción y transporte de hidrocarburos y adonde llegan los recursos provenientes del canon por dicha extracción.

## **ACCIDENTES, DERRAMES E INCENDIOS**

La historia de la explotación de los combustibles fósiles es una marcada por accidentes –muchos de ellos fatales–, derrames de líquidos –tanto los propios hidrocarburos líquidos como aguas asociadas a su producción– e incendios accidentales o provocados. En esta sección, revisaremos algunos de los mayores accidentes, derrames e incendios relacionados a la explotación y transporte de combustibles fósiles.

### **Carbón mineral**

En cuanto a la minería del carbón, se han registrado accidentes desde el inicio de su explotación, pero el recuento histórico se suele iniciar en 1812 con el accidente británico en Felling Colliery, que mató a 92 personas. Este tipo de siniestros se debían a que la iluminación era hecha con velas o lámparas poco seguras. Con la expansión de la minería del carbón a todo el mundo, ocurrirían otros accidentes masivos durante el siglo XIX. De esta forma, hubo 319 muertos en el incendio de la mina Marianský en Příbram, en 1892, en el entonces Imperio austrohúngaro, lo que sería superado por el desastre de la mina Courrières en Francia, hasta hoy el peor accidente minero europeo y que causó la muerte de 1099 mineros, supuestamente por la explosión de polvo de carbón.

De estos desastres de la minería del carbón, el peor sería el de la mina de Benxihu, en el norte de la actual China, entonces la Manchuria títere del Japón, donde murieron 1549 personas. La Unión Soviética investigó el accidente en 1945 y descubrió que pocos trabajadores murieron por la explosión de gas y

polvo de carbón. La mayoría de las muertes se debieron al envenenamiento por monóxido de carbono producido cuando los japoneses decidieron cerrar la ventilación y sellar la boca del pozo después de la explosión inicial. Desafortunadamente, estos grandes desastres no son cosa del pasado, pese a los avances hechos en seguridad. La mina de carbón de Eynez en Soma, Manisa, Turquía, tuvo una explosión e incendio que acabó con la vida de 301 personas en mayo del 2014. La confederación de sindicatos KESK atribuyó a la privatización de la mina el accidente. Una moción para investigar el caso fue rechazada en el Parlamento por la mayoría progubernamental.

## **Petróleo**

Los impactos ambientales de los derrames de petróleo dependerán del tamaño de la mancha petrolera; el tipo de petróleo derramado; su movimiento y características de meteorización; la ubicación del derrame; el área del estuario, mar o playa afectada; la sensibilidad del medio ambiente regional, por ejemplo la proximidad a zonas de anidamiento de aves o quelonios; el número de hábitats diversos afectados, tales como pared rocosa, playa, manglar, humedal; la época del accidente, por ejemplo, si es durante etapas reproductivas o periodos migratorios; la naturaleza, toxicidad y persistencia del petróleo; la variedad de especies en la ubicación del derrame, entre otros factores. Los impactos sociales son aún más complejos, ya que dependerán del uso económico del entorno y de la capacidad de las poblaciones para asimilar las consecuencias ecosistémicas del desastre, lo que involucra un número muy grande de factores.

La historia de los primeros derrames de petróleo no ha estado bien documentada, así que solo se tiene evidencia a partir del siglo XX. El derrame de 1300 toneladas de petróleo en 1903 en Australia (algo menor que el de Ventanilla) fue el primero bien registrado. Fue ocasionado por un barco que encalló cerca de Punta Nepean, en el estado de Victoria, y que pertenecía a la Asiatic Petroleum Company, una subsidiaria de la Royal Dutch Shell. Australia no vería un hecho similar hasta 1975. Pero los accidentes de petróleo no solo ocurren en barcos. En 1910 y por casi un año y medio, el pozo petrolero Lakeview

Gusher liberaría más de 1.2 millones de toneladas de petróleo, equivalentes a nueve millones de barriles de crudo, de los que se recuperaría menos de la mitad. Pese a esto, no se produjo ningún incendio, lo que es considerado milagroso.

No obstante estos accidentes iniciales, la era de los grandes accidentes empezaría a fines de los años 60 del siglo XX con el accidente del Torrey Canyon, que con sus 120,000 toneladas de petróleo crudo es el más grande hasta la fecha. Este barco alquilado por BP y que llevaba petróleo kuwaití encalló cerca de las islas Sorlingas por un error de navegación. Al ser el primer gran vertido marino, la capacidad de respuesta era casi nula. Los intentos de reflote y salvamento fracasaron y se perdieron vidas en el intento. El uso de químicos fue infructuoso. Para tratar de incendiar el petróleo, se autorizó su bombardeo con napalm. El ataque consistió en 161 bombas, 16 cohetes, 1500 toneladas de napalm y 9800 galones de kerosene. La BBC anunció en 2010 que la costa de Guernsey había quedado casi limpia gracias a un proceso de biorremediación, 43 años después del accidente.

El Torrey Canyon era solo el abanderado de una larga lista de derrames ocasionados por accidentes navales durante los años 70 y 80 del siglo pasado. En orden cronológico, Texaco Denmark, Sea Star, Urquiola, Amoco Cadiz, Atlantic Empress/Aegean Captain, Irenes Serenade, Castillo de Bellver, Odyssey y Exxon Valdez son barcos que derramaron cada uno de ellos más de 100,000 toneladas de petróleo al mar en esas décadas. Por todos estos accidentes, la Organización Marítima Internacional decidió en 1983 adoptar la tecnología de doble casco, lo cual fue impulsado por la decisión del Gobierno de Estados Unidos de adoptarla luego del accidente del Exxon Valdez.

Pero lo peor estaba por llegar en 1991 cuando, en el marco de la Guerra del Golfo, se produjo un derrame considerado un acto de ecoterrorismo o terrorismo ambiental. Dicho derrame, calificado como el mayor de la historia con un estimado de entre 270,000 a 820,000 toneladas de petróleo, ocurriría el mismo año en que el ABT Summer, buque iraní en ruta a Europa, se incendió y derramó 260,000 toneladas a 1300 kilómetros de las costas de Angola. Ya en el nuevo milenio, el buque Prestige, en España en 2002, y el Sanchi, en China en 2018, nos muestran

que la era de los accidentes navales de gran escala e impacto aún no ha terminado.

Pero los accidentes marítimos no solo están relacionados con barcos. Con el aumento de la extracción de petróleo en alta mar, también aumentaron los accidentes y derrames en plataformas marinas. Probablemente, el caso más emblemático, ya que prosigue hasta la actualidad, es el de la plataforma marina Taylor, destruida por el huracán Iván frente a las costas de Luisiana en los Estados Unidos. Esta fuga, que supera largamente los tres millones de barriles de petróleo a la fecha, de no ser contenida, se estima que podría continuar por los próximos 100 años derramando de 300 a 700 barriles diarios.

El ingeniero Timmy Couvillion desde 2019 ha recuperado parte de ese petróleo y gas que contaminaría el medio ambiente, para venderlo como aceite reciclado. En dos años, capturó unos 1000 galones diarios y ha sido demandado por la empresa responsable del derrame. Taylor ha perdido tanto el juicio como la apelación. También perdió la recuperación de 432 millones de dólares gastados en operaciones de limpieza.

Este derrame fue descubierto gracias a otro, el de BP producido en la plataforma Deepwater Horizon en 2010. Actualmente, ese es el mayor derrame registrado, con 4.9 millones de barriles, superando tanto a Taylor como al Ixtoc I ocurrido en los años 1979-1980, que derramó más de tres millones de barriles.

Ixtoc I, plataforma de propiedad de Petróleos Mexicanos (PEMEX), explotó mientras perforaba a 3600 metros bajo el suelo marino, causando un derrame en un ecosistema particularmente sensible. La ubicación de la plataforma en la bahía de Campeche, que forma parte del golfo de México, hace de este un ambiente tropical en el que las corrientes dirigen el derrame a la costa de Texas y la de Tamaulipas, esta última hogar y zona de anidación de las tortugas marinas bastardas, la más amenazadas del mundo. Esta tortuga marina es la más pequeña, pues no supera los 70 centímetros ni pesa más allá de 45 kilogramos. Miles de ejemplares bebés fueron trasladados a zonas limpias.

Pese a las enormes magnitudes de los eventos antes mencionados, el caso del Deepwater Horizon opaca a todos.

Según el Gobierno estadounidense, al menos unos 4.9 millones de barriles se derramaron frente a las costas de Luisiana entre abril del 2009 y setiembre del 2010. En este derrame se intentaron todo tipo de respuestas, desde barcos limpiadores, barreras flotantes, quemadas controladas y más de 7000 toneladas de agentes químicos dispersantes. El accidente, que tuvo consecuencias documentadas sobre la fauna, se debió –según una comisión de la Casa Blanca– a una serie de decisiones orientadas a la reducción de costos. La compañía ha tenido que abonar al Gobierno más de 20,800 millones de dólares en multas y pagos, y hasta el 2018 había gastado en total más de 65,000 millones como consecuencias de su actitud negligente y de reducción de costos. Ninguno de los ejecutivos implicados recibió condenas de prisión. La máxima pena fue de 10 meses de libertad condicional, pese a las vidas perdidas y las actitudes criminales de los ejecutivos. Este desastre incluso ha sido dramatizado por Hollywood en la exitosa película *Horizonte profundo*, de 2016.

## Gas natural

Las experiencias sobre riesgos de accidente asociados con el sector energético muestran que, en comparación al carbón o al petróleo, la siniestralidad del gas natural es menor. Esta información está basada en la experiencia histórica global de accidentes relacionados con la energía en los países de la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OCDE).

El gas natural posee las estadísticas más bajas, en cuanto a mortalidad, de todos los tipos de combustibles fósiles, tanto para países miembros como no miembros de la OCDE. Las consecuencias derivadas de los accidentes en el procesamiento de gas natural son también claramente inferiores a los de otras cadenas de producción de combustibles fósiles, y no superan a la fecha las 100 víctimas mortales. En un estudio de la OCDE (2010), donde se abordan los riesgos de accidentes relacionados con el sector energético, se demostró que, según las condiciones tecnológicas de los países, los riesgos de accidentalidad energética, sobre todo con respecto al aprovechamiento de gas natural, son muy bajos.

Esta afirmación está debidamente sustentada por medio de estudios realizados en diversos países del continente europeo.

En realidad, de disminuir el uso del gas en las próximas décadas, esto se deberá más a motivos ambientales que vinculados a accidentes o derrames. En caso de estos últimos, hay líquidos asociados al gas natural, de naturaleza volátil.

## **Accidentes en el Perú**

En cuanto a accidentes en el Perú, pese a que ha habido una serie de accidentes menores alrededor de la explotación del gas natural en Aguaytía (como el incendio del 30 de julio de 2018, con cinco personas heridas), Camisea y Talara (fuga de gas en el mar de Talara por tubería corroída a inicios del 2019), estos no han sido muy significativos (ver informes de accidentes de OSINERGMIN, s. f.). Asimismo, dada la pequeña magnitud de la explotación de carbón mineral en el país, su siniestralidad ha sido muy baja. Los accidentes en el Perú han estado concentrados alrededor de la actividad petrolífera, incluso en fechas muy recientes, como se ilustra en el caso que se presenta a continuación.

## **Callao, 15 de enero del 2022: Bitácora de una tragedia**

La bitácora era originalmente una caja vecina al timón donde se guardaba la brújula en los barcos. Con el tiempo, se convirtió en sinónimo de “cuaderno de bitácora”, es decir, el lugar donde –según la Real Academia Española– “se apunta el rumbo, velocidad, maniobras y demás accidentes de la navegación”. En otras palabras, es el diario de navegación. Hoy, este término se usa como metáfora en muchos otros ámbitos. Más allá de los buques, hay bitácoras de diversas tragedias, desde la muerte de los dinosaurios a más recientes como accidentes de trenes. Aquí, se busca reconstruir lo sucedido y cuestionar si lo que ocurrió fue una casualidad del destino o la crónica de una muerte anunciada.

El 20 de diciembre de 2021, el volcán Hunga Tonga, situado a casi la misma latitud que la ciudad de Iquique en Chile, hizo erupción y emitió una columna de humo visible desde la

capital de Tonga, Nukualofa. El 11 de enero, se declaró la etapa de inactividad, la que duraría poco. El 14 de enero, ocurría una gran erupción con nube de cenizas de 20 km de altura. A las 11:00 p. m. en Lima (4:00 UTC), ocurrió una gran erupción que emitió unas 400,000 toneladas de dióxido de azufre a la atmósfera, lo que enfriará el hemisferio sur por algunos meses. Parece que ha sido la mayor explosión volcánica de este siglo y la mayor desde el volcán filipino Pinatubo en 1991.

Esa erupción produjo un terremoto de magnitud 5.8 y un tsunami con olas de 1.5 a dos metros de alto en Tonga y de hasta 2.5 metros en Vanuatu. En Kagoshima, Japón, a las 9:55 a. m. de Lima, se registró una ola de 1.2 metros.

Las consecuencias del oleaje se hicieron sentir más allá de Asia y Oceanía, en Chile, Ecuador, Estados Unidos, México y Perú. Según los especialistas de ASISMET, en el Callao se registró una altura máxima de ola de 76 centímetros, mientras que en Marcona se alcanzó los 72 centímetros, en Paita y en Cerro Azul se llegó a 65 centímetros. Al Perú, las olas llegaron poco antes de las 9:00 a. m. hora peruana, lo que coincidía con una marea baja. Las olas anómalas fueron registradas a partir de las 02:00 p. m., lo que se acentuaría a partir de las 03:00 p. m. y continuaría hasta el día siguiente.

Es en estas circunstancias que el 14 de enero llegó a Ventanilla el Mare Doricum, buque tanque de bandera italiana de 274 metros de eslora (largo), 48 metros de manga (ancho) y capaz de portar una carga de 158,319 toneladas (DWT). Llegó trayendo a Repsol un millón de barriles de crudo brasileño. Durante la tarde del 15 de enero, de ese millón de barriles, se derramaron unos 6000 (0.6 % de su carga), cantidad luego aumentada a cerca de 12,000 barriles (11,900 aproximadamente), aunque Repsol afirma que fueron 10,396. En cualquier caso, considerando que más allá de las 700 toneladas (equivalentes a cerca de 4000 barriles) cualquier derrame se considera como de gran magnitud, este se clasificaría así.

Las imágenes de la fauna que sobrevivió al desastre son devastadoras: lobos marinos cubiertos de petróleo arrastrándose por la arena; aves prácticamente inmobilizadas por un manto negro que las cubría de pies a cabeza, muchas de ellas siendo rescatadas por las personas que se encontraban

en las playas Costa Azul, Bahía Blanca y Cavero, en Ventanilla, donde se inició el derrame.

Especialistas del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) acudieron a estas playas para atender a la fauna silvestre afectada por el derrame. El lunes 17, informaron del rescate de tres cormoranes, un piquero y un zarcillo que fueron llevados al Parque de las Leyendas para ser atendidos.

“El impacto ambiental del petróleo en el mar es muy grave pues. Al no mezclarse con el agua, rápidamente se extiende sobre la superficie, dañando inicialmente a todos los organismos de la superficie y las orillas del mar”, señaló el biólogo marino Yuri Hooker, director del Laboratorio de Biología de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (Sierra, 2022).

Hooker explicó que un derrame de petróleo en el mar tiene efectos devastadores en tres niveles. El primer impacto es directo sobre las aves marinas y mamíferos acuáticos como delfines, lobos marinos y nutrias, que necesitan respirar aire atmosférico, así como sobre peces de superficie, entre ellos pejerreyes y lisas, y especialmente sobre el plancton. “Estos microorganismos no solo son alimento de muchas especies, sino que allí se encuentran los huevos y larvas de casi todos los peces e invertebrados (mariscos) que viven en la costa”, agregó (*idem*).

Un segundo nivel de impacto se da en las playas tanto de arena como de rocas. En esta zona, llamada intermareal – explicó Hooker– vive una enorme cantidad de organismos que no pueden escapar del petróleo, como muymuyes, palabritas, machas, cangrejos carreteros y otros, además de estrellas de mar, erizos, anémonas, choros y una gran diversidad de caracoles y cangrejos que están en las orillas rocosas y mueren al ser alcanzados por el petróleo. En las rocas también están las guaridas de las aves y las nutrias marinas. “El efecto en el intermareal es catastrófico”, indicó.

Por último, un tercer nivel de impacto –continuó Hooker– ocurre en el fondo del mar, pues el petróleo, que inicialmente no se mezcla con el agua, con el tiempo va capturando dentro de su masa una gran cantidad de plancton y granos de arena. “El petróleo se hace más pesado y se hunde como una lluvia de gotas pegajosas que se adhieren a las rocas y organismos del

fondo marino, así como a las branquias de los peces”, precisó el biólogo marino (*idem*).

El martes 18 de enero, el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP) informó que el petróleo vertido en el mar peruano había llegado hasta la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras, que incluye Islotes de Pescadores, y la Zona Reservada Ancón.

La Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras se estableció en diciembre de 2009 como la primera red de áreas naturales protegidas en América del Sur. Está formada por 22 islas y 11 puntas que albergan aves guaneras en toda la costa del Perú y tiene una superficie de 140,833 hectáreas de islas, costa y océano.

En cuanto a la Zona Reservada de Ancón, su extensión es de 10,452 hectáreas. Es un espacio de poco oleaje y temperaturas ligeramente superiores a las aguas circundantes, que ha permitido la presencia de una gran diversidad de especies. Esta zona es de singular importancia para la reproducción de la fauna acuática costera.

“Es una situación grave y ha llegado hasta zonas protegidas con fauna y flora que se necesita conservar”, señaló la bióloga marina Andrea Collantes, experta en derrames de hidrocarburos. “Son más de 50 kilómetros de distancia por tierra, un aproximado de 27 millas náuticas en el mar”, precisó Collantes sobre la distancia desde el punto del derrame hasta donde ha llegado el petróleo (*idem*).

Collantes señaló que la afectación del derrame de petróleo se da en varios niveles. Por un lado, está el nivel biológico – es decir, los efectos sobre el mar y la biodiversidad–, pero también hay un impacto socioeconómico para los pescadores artesanales y el turismo.

Más allá de estas ilustradas opiniones locales, a mediados de febrero, la Unidad Ambiental Conjunta del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios (OCHA), con el patrocinio del mecanismo de protección civil de la Unión Europea, emitieron un informe (ONU, 2022a) con tres grandes objetivos: primero, lograr la contención, mitigación y

limpieza del área natural; segundo, la gestión y coordinación de la emergencia en los ámbitos ambiental, humanitario y socioeconómico; y finalmente, reducir futuros riesgos.

Uno de los aspectos que resalta el informe es la existencia de más de 30 entidades estatales a nivel nacional y local involucradas en la respuesta. Según lo que la misión ha podido observar, en un inicio, las operaciones de contención y limpieza estaban marcadas por un abordaje en "silos", donde cada uno de los actores trabajaba estrictamente de acuerdo con su mandato, sin coordinar con los demás.

En cuanto a la evaluación del impacto ambiental, esta permitió: comprender la evolución de la contaminación; identificar las metodologías más adecuadas para la realización de la operación de limpieza; estimar la tasa de recuperación de diferentes biotas, ecosistemas y organismos marinos; y determinar las implicaciones para la salud humana a través del consumo de alimentos marinos.

Los componentes evaluados han incluido el análisis de la meteorización del crudo y la distribución de la contaminación, la vulnerabilidad de los recursos naturales al hidrocarburo, así como los métodos de limpieza adoptados y las metodologías aplicadas para la recolección de información ambiental. Para tener una idea definitiva del impacto, es necesario complementar este análisis preliminar con un análisis y monitoreo más exhaustivo.

El informe señala que este es el primer gran derrame de petróleo de Buzios. Este, por sus características, no se solidificará y evaporará alrededor de un máximo de 30 %. El resto permanecerá en la superficie y, por agregación de partículas a la emulsión, sumergiéndose. El 27 de enero, la misión pudo observar que, en varias playas de arena con una baja presencia de contaminación, se seguían aplicando las técnicas de recolección de la contaminación adecuadas para la fase inicial en vez de las que corresponden con la fase final.

De acuerdo al informe, al principio de la crisis, los ámbitos de competencia de los distintos organismos e institutos que han participado en la evaluación del impacto ambiental no estaban claramente definidos, al estar el proceso de coordinación por parte del MINAM en curso.

En cuanto a los impactos, el informe no evidencia evaluaciones de daños ni análisis de necesidades realizados a la población afectada que permitan conocer sobre los daños sufridos, las necesidades y cantidad de población afectada en sus medios de vida, ni su diferenciación por género, edad y ubicación. Solamente se reporta la realización de empadronamientos a las localidades a través de las asociaciones de pescadores.

El informe constata que las comunidades no han recibido una información oportuna, precisa y pertinente sobre el impacto del derrame, las acciones de respuesta ni los planes de asistencia humanitaria o de recuperación socioeconómica. Además, no ha podido confirmar la presencia de un mecanismo de retroalimentación y respuesta frente a las necesidades de las comunidades (ni por parte del Estado ni de la empresa), para permitir recibir y responder sistemáticamente a comentarios formales e informales de las personas afectadas. Igualmente, no ha constatado la existencia de mecanismos que faciliten la participación de las comunidades afectadas en el análisis de necesidades ni en la elaboración de acciones de respuesta o en la búsqueda de soluciones a los problemas sociales y económicos causados por el derrame en la costa del Perú. Asimismo, desde la perspectiva humanitaria y socioeconómica, la respuesta ha sido esporádica y poco organizada, con algunas instituciones gubernamentales que han llegado a la zona afectada a entregar canastas de alimentos, principalmente.

Se evidencia la necesidad de fortalecer la articulación y coordinación entre el Gobierno nacional y los locales, para hacer frente a la emergencia. En conclusión, hasta el 10 de febrero, se observó que el manejo de información estaba disperso en lo que se refiere a las acciones que involucran a la población afectada, sin que se pudiese identificar al responsable de la conducción de esta, lo que se traduce en desconcierto y confusión por parte de las comunidades perjudicadas.

En suma, este desastre pone en evidencia la debilidad de coordinación entre agentes del Gobierno central, de ellos con autoridades locales, con la empresa responsable, con la sociedad civil nacional y con los agentes cooperantes internacionales. La ambigua e inadecuada normativa llama

a la reflexión sobre la idoneidad del modelo de gestión ambiental que plantea el Gobierno, las instituciones que se han creado y sobre las personas responsables de todo esto. Tres décadas de gestión ambiental en el Perú, tan promocionada y rimbombante, quedan desnudadas por cerca de 2000 toneladas de petróleo, que solo han recordado a los pobladores de la capital lo que nuestros hermanos viven día a día en los entornos mineros e hidrocarbúricos del interior del país.

Justamente, para mostrar esta realidad, en los siguientes párrafos resumiremos los principales mensajes de la que es tal vez la publicación más importante de este milenio en cuanto a los derrames experimentados en la Amazonía peruana en las primeras dos décadas del nuevo milenio, el libro *La sombra del petróleo: Informe de los derrames petroleros en la Amazonía peruana entre el 2000 y el 2019* (León y Zúñiga, 2020), de lectura imprescindible para el que quiera conocer la realidad de los impactos que ha causado en épocas recientes el hoy casi cincuentón Oleoducto Norperuano y las diversas actividades de explotación, tanto en la selva norte como en la central.

El mencionado informe empieza con un contexto de las actividades de hidrocarburos en la Amazonía peruana y su marco normativo sobre derrames, así como sobre el medio ambiente y daños. Luego, presenta los discursos y prácticas petroleras frente al impacto de los derrames, lo que incluye los alegados beneficios petroleros frente a los costos socioambientales de los derrames, en especial el canon, lo cual hace concluir que no compensa a los pobladores locales.

Sobre las menciones de uso de tecnología de punta frente a la observada precariedad de la gestión de derrames, se da cuenta de todas las deficiencias tanto en prevención y predicción, principalmente la ausencia del Sistema Automático de Supervisión, Control y Adquisición de Datos y Monitoreo de Condiciones Operativas (SCADA), que se emplea para recolectar información en tiempo real desde sensores instalados en el ducto y exhibir estos datos en los monitores para el control y la supervisión desde lugares remotos. Ello sirve para activar los sistemas de protección, paradas automáticas y control en casos de accidentes o emergencias. Igualmente, se indican las deficiencias en protección catódica.

En cuanto a la precaución, el informe menciona la falta de funcionalidad de los sistemas de reinyección de las aguas de producción, las mismas que son “aguas tóxicas con altos índices de salinidad que contienen metales pesados carcinogénicos” (Campanario y Doyle, 2017, citados por León y Zúñiga, 2020, p. 39). A todo esto, se suman los problemas de remediación que, de acuerdo al informe, han recibido 58 medidas correctivas que ordenan la correcta limpieza en casos de mala remediación.

En lo concerniente a las responsabilidades de los derrames, el informe presenta que se ha señalado de manera inconsistente que estos ocurren por obra de terceros siempre, mientras que, de acuerdo a OEFA y OSINERGMIN, casi dos tercios ocurren por corrosión, fallas y condiciones naturales, lo que sumado a causas naturales hace que más del 70 % de los derrames no se produzcan por intervenciones de terceros, lo cual es contrario a la narrativa repetida por los medios de comunicación ante la opinión pública. La tabla anualizada presenta que los derrames causados por terceros se dieron mayormente entre 2009 y 2011, en 2013 y luego en los años 2016 y 2017.

En su penúltimo capítulo, el informe señala cómo el principio de autoridad, en el caso de los derrames, es usado de manera arbitraria y discriminatoria contra las comunidades, pues se trata con guante blanco y se permiten largas judicializaciones a las empresas responsables. Un claro ejemplo de este trato favorable se presenta con el caso Shanshococho.

El último capítulo del informe presenta un debate acerca de la ilegalidad de la ocupación de las zonas donde ocurren los derrames frente a la propiedad ancestral por parte de las comunidades indígenas que existen sobre el territorio.

Adicionalmente al cuerpo del informe, existe una sección con cinco conclusiones y 14 recomendaciones, que presentan la visión de los autores. Se abren, en primer lugar, nuevas interrogantes, pero también se presenta una serie de propuestas, que –aunque tienen muy poca probabilidad de ser aceptadas por la burocracia imperante o las cúpulas empresariales– deberían formar parte del debate alturado acerca de una situación que afecta a muchos de los peruanos que viven en el territorio amazónico. Además, la reciente declaración de emergencia climática debería también

incluir los impactos de los causantes de los gases de efecto invernadero sobre las zonas de producción y transporte de su insumo básico.

## **TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y SUS BARRERAS**

### **SITUACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO**

De acuerdo a la evaluación de agosto de 2021 del Grupo de Trabajo 1 del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2021), es inequívoco que la influencia humana ha calentado la atmósfera, el océano y la tierra, produciendo cambios ampliamente dispersos y rápidos tanto en ellos como en la criósfera y la biósfera. La escala de estos cambios recientes y el estado actual de muchos aspectos del sistema climático no tienen precedentes en siglos e incluso en algunos casos en milenios.

La evidencia del cambio climático se ha fortalecido desde la anterior evaluación (2013). Se observaron cambios en extremos climatológicos y meteorológicos, como ciclones tropicales, olas de calor, precipitación extrema y sequías. Gracias a un mejor entendimiento de los procesos climáticos, la evidencia paleoclimática y la respuesta del sistema climático al creciente forzamiento radiativo, el mejor estimado de equilibrio de sensibilidad climática es de 3 °C (aumento de temperatura comparado a la era preindustrial), en un rango más angosto que en la evaluación anterior.

La trayectoria del sistema climático hará que la temperatura superficial global se incremente al menos hasta mediados de siglo bajo cualquiera de los escenarios que han sido considerados. El calentamiento global de 1.5 °C y 2 °C se excederá durante este siglo a menos que ocurran grandes reducciones en las emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero en las décadas venideras. Además, bajo escenarios con incrementos de las emisiones de dióxido de carbono, los sumideros oceánicos y terrestres (bosques y suelos) se espera que sean menos efectivos en desacelerar la acumulación de dióxido de carbono en la

atmósfera, limitando su efecto benéfico. Finalmente, eventos poco probables, tales como el colapso de las placas de hielo (Antártica y de Groenlandia), cambios abruptos en la circulación oceánica, algunos eventos extremos compuestos y un calentamiento sustancialmente mayor que el evaluado como muy probable, no pueden ser descartados y fueron evaluados.

Limitar el calentamiento global causado por la humanidad requiere limitar las emisiones acumulativas de dióxido de carbono, alcanzando al menos emisiones cero netas de este gas, junto a fuertes reducciones de otros gases como el metano (gas natural), el óxido nitroso (parcialmente producido por los combustibles fósiles) y gases fluorados, que desde hace un siglo son usados por la humanidad, especialmente en refrigeración, aerosoles y espumas. Reducciones de emisiones de metano fuertes, rápidas y sostenidas también limitarían el efecto de calentamiento resultante de la menguante contaminación por aerosoles y mejorarían la calidad del aire.

Finalmente, el informe dice que se requerirán alrededor de 20 años luego de esas grandes reducciones para poder empezar a ver efectos discernibles en las tendencias de aumento de la temperatura global emergiendo frente a la variabilidad natural, y que se requerirán períodos mayores para muchas otras características del sistema climático.

En conclusión, se requieren grandes reducciones de gases de efecto invernadero. Por más de que se intente trasladar la culpa del calentamiento global a la basura, al cemento, a la deforestación o a las vacas y otro ganado rumiante, el peso de la evidencia es claro y enfático: sin combustibles fósiles nunca hubiera ocurrido el cambio climático que estamos viviendo actualmente. Desde los años 70 del siglo pasado, las emisiones de gases de efecto invernadero son largamente dominadas por los combustibles fósiles. En esa época, los combustibles fósiles empezaron a superar toda la capacidad estimada de absorción anual de bosques, océanos y suelos del planeta, lo cual, como se ha visto en capítulos anteriores, era de conocimiento de los Gobiernos.

## ¿EL FIN DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES?

El fin de los combustibles fósiles ha sido un sueño de larga data desde que mostró su verdadero rostro. En décadas pasadas, al reemplazar a los caballos, la leña y las velas, fueron vistos con innegables simpatías. Con la llegada de la electricidad, esta se quedaría como fuente de iluminación y de motores domésticos, y los combustibles fósiles se quedarían en la industria, la cocción y calefacción doméstica, en el transporte y también en la generación eléctrica.

Sus competidores, la energía hidroeléctrica y la energía nuclear, tenían grandes dependencias; la primera, de la abundancia de agua, y la segunda, solo presente desde mediados del siglo XX como fuente de electricidad, de poseer tecnología avanzada (tanto de generación como de seguridad), de la disponibilidad del combustible nuclear fisionable y de un rechazo generalizado por un pequeño número de accidentes (28 con fatalidades múltiples o pérdidas superiores a los 100 millones de dólares entre 1952 y 2011, en promedio uno cada dos años) que han sido muy publicitados, lo que ha hecho que haya un rechazo generalizado.

En América Latina, solo Argentina, Brasil y México cuentan con centrales de energía atómica. Por otro lado, la energía hidroeléctrica está muy desarrollada en Brasil, que supera a Estados Unidos y solo es superado por China en capacidad de generación. Otros países latinoamericanos, como Venezuela, México, Colombia y Argentina, tenían entre el doble y casi el triple de capacidad instalada hidroeléctrica en 2020 del Perú, cuya capacidad generadora es superada también por Paraguay y Chile y se equipara a la ecuatoriana. Resulta paradójico que Francia, Italia, España, Suecia y Austria se encuentren entre los países con mayor capacidad instalada, mientras que la Unión Europea se preocupa por los impactos ambientales de la hidroelectricidad en países en desarrollo.

Por estas razones, y pese al surgimiento en el último medio siglo de criterios de eficiencia energética y de energías renovables no convencionales (es decir, sin contar con la biomasa tradicional –estiércol–, leña o turba ni la ya mencionada hidroelectricidad), los combustibles fósiles se han mantenido en el centro de la atención, aunque con una marcada diferenciación geográfica y temporal.

La preocupación por los combustibles fósiles, como se ha visto anteriormente, surgió a mediados del siglo XX por sus impactos ambientales (concretamente del carbón mineral y luego, en los 60, del petróleo por los automóviles), pero también por su escasez. De esta forma, aunque las reservas de carbón son consideradas enormes, las de petróleo han sido motivo de preocupación desde que Eugene Ayers, investigador de la empresa Gulf Oil proyectara (sin modelo matemático que lo sustentara) el fin del petróleo antes del año 2000.

Este fin no significa la inexistencia del recurso, sino cuándo este deja de ser económicamente explotable. En 2012, un profesor sueco de la universidad de Uppsala, Kjell Aleklett, publicó el libro de divulgación *Peeking at peak oil* que difundió el concepto de "pico petrolero" (*peak oil*). En realidad, según la Agencia Internacional de Energía, el pico de producción petrolera convencional se alcanzó en la década pasada y ha sido complementado por los líquidos de gas natural, crecientes desde los años 80 del siglo pasado, y en este milenio por las arenas bituminosas del Canadá, pero sobre todo por la incursión del petróleo de fraccionamiento hidráulico. En conclusión, de los 100 millones de barriles diarios que consume la humanidad hoy, el petróleo convencional solo aumentó en un millón de barriles diarios desde 2005. Aproximadamente el 30 % es provisto por fuentes no convencionales.

Hay que resaltar que el crecimiento entre 1984 y el 2018 pasó de 60 millones de barriles al día de petróleo a más de 100 millones. Crecimientos similares fueron experimentados por el gas natural y el carbón mineral. El carbón mineral, que tuvo un pico productivo en 2014, se ha mantenido en alrededor de unos 8000 millones de toneladas anuales a pesar del cambio climático, los impactos ambientales y los impactos sanitarios. Nuevamente, resulta paradójico al menos que países que regularmente organizan conferencias globales de cambio climático, como Alemania y Polonia, se encuentren entre los mayores productores de carbón mineral del mundo.

En cuanto al gas natural, este es visto por muchos como un combustible de transición; es decir, es la metadona que curará a la humanidad de la adicción a la heroína que representa la adicción al carbón mineral y al petróleo, aunque otros dudan sobresi debería ser erradicado de manera conjunta. En cualquier

caso, la producción global superó los cuatro billones ( $4 \times 10^{12}$  o en inglés *4 trillions*) de metros cúbicos. Aproximadamente, la cuarta parte es producida por Estados Unidos y otra cuarta parte por Rusia, Irán y China. Latinoamérica, con un 5 % de la producción global, es un actor minoritario en la producción de este combustible, aunque resulte de importancia comercial para países como México, Colombia, Argentina, Bolivia y Perú.

Por el constante desarrollo tecnológico en explotación de petróleo y gas, que ha incurrido en mayores profundidades en los océanos, así como por la llegada de nuevas zonas de explotación en el Ártico y a futuro también en la Antártida, el fin de los combustibles fósiles no se dará por el agotamiento de las reservas (lo cual en el caso del carbón mineral plantea un horizonte milenar). El fin de los combustibles fósiles no ocurrirá por su extinción, o como lo dijo el exministro saudita de petróleo, Sheikh Ahmed Zaki Yamani: “La Edad de Piedra no terminó porque se acabaron las piedras”.

Si se quiere acabar con los combustibles fósiles o al menos reducirlos para asegurar la sostenibilidad planetaria, se debe —como se hace con los tumores cancerosos— cortar el suministro de alimento; en este caso, la financiación. Sin embargo, un revelador informe de 2021, publicado en la revista *Climate Policy* (Elliot y Löfgren, 2022), muestra que 10 de los principales bancos globales proporcionaron casi un billón y medio de dólares (*1.493 trillions* en inglés) a las compañías de combustibles fósiles del 2016 al 2019.

En la lista, no sorprende la presencia de cuatro bancos estadounidenses, tres canadienses y dos japoneses, pero sí la presencia del banco británico Barclays, pues cabe recordar que la conferencia de cambio climático de 2021 se organizó en Glasgow, Reino Unido. Si bien en Europa, Barclays es el más notorio, financiando incluso proyectos de *fracking* y carbón mineral, otros bancos —alemanes, franceses, suizos, españoles e italianos— seguían apostando por el desarrollo de la industria del carbón mineral al interior del continente europeo en 2018, mientras su maquinaria de propaganda exculpatoria (conocida como *greenwashing*) los sigue pintando como los paladines y adalides de la lucha contra el cambio climático y por la sostenibilidad global.

Otro estudio, *Banking on Climate Chaos* (Rainforest Action Network et al., 2021), encontró que los 60 mayores bancos comerciales y de inversión habían aportado 3.8 billones de dólares para combustibles fósiles entre 2016 y 2020. Si bien de 2019 a 2020 esto supuso una caída de 9 %, aun en 2020, este nivel era superior al de 2016, año de entrada en vigor del Acuerdo de París. Su tendencia quinquenal todavía apunta en la dirección equivocada, lo que refuerza la necesidad de abandonar el discurso barato “de emisiones netas cero en 2050” y empezar a tomar acciones inmediatas relacionadas a las inversiones en combustibles fósiles, en especial, en los de mayor impacto climático y ambiental.

En conclusión, el fin de los combustibles fósiles, ni por recursos naturales ni por recursos financieros, es previsible en esta década sin una intervención fuerte de parte de los Gobiernos.

## ¿CAPTURA Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO?

86

Uno de los sueños de la industria de los combustibles fósiles desde hace décadas es lograr el “carbón limpio” y el “petróleo limpio”, términos que cuando aparecieron hacían referencia al carbón y petróleo con bajo contenido de azufre, pero que desde los años 90 del siglo pasado están cada vez más asociados a lograr combustibles fósiles sin emisiones de gases de efecto invernadero. Para lograr esto existen varias propuestas, las que detallaremos a continuación.

Aunque lo más común es asociar la captura y almacenamiento de carbono a enterrar el dióxido de carbono generado en las rocas del subsuelo o en las profundidades oceánicas, las cosas no son tan sencillas. Cuando esta tecnología apareció en los años 70 del siglo XX tenía como propósito la recuperación mejorada de gas natural en los pozos; es decir, usar el dióxido de carbono para poder extraer más gas natural. El principio es muy simple: bombear el dióxido de carbono para poder sacar el remanente de gas que no quería aflorar. A la fecha, grandes proyectos como Shute Creek, Century, Santos de Petrobras y Gorgon son todos de esta tecnología. Luego se usaría el dióxido de carbono en diversas plantas químicas, como en la producción de fertilizantes.

Desde 2012, sin embargo, la tecnología se ha diversificado a otras áreas como la producción de hidrógeno, que es considerado como un medio energético de emisión cero, ya que al combustionar produce únicamente vapor de agua. En 2014, aparecieron las plantas generadoras eléctricas de carbón con captura de carbono. Pese a la existencia de estas plantas, como la de Petra Nova a unos 50 kilómetros de Houston, Texas, sus problemas de costos no son fácilmente solubles, por lo que su operación ha quedado suspendida. Resta en solitario la de Boundary Dam, aunque se han anunciado grandes plantas de carbón con captura a partir de 2024.

También se han anunciado plantas eléctricas de gas natural con captura de carbono, que se espera que entren en operación a partir de 2025; asimismo, ya se encuentran en construcción o desarrollo plantas incineradoras de residuos sólidos e incluso plantas de producción de cemento con captura de carbono. Finalmente, para cerrar este paquete de tecnologías, se encuentra en desarrollo la tecnología de captura directa de aire, aunque no se espera que opere antes de mediados del 2026.

A noviembre del 2020, se habían construido 51 plantas de captura y almacenamiento de carbono en todo el mundo (de las cuales ni 20 estaban en operación). Pese a esto, el Instituto Global de Captura y Almacenamiento de Carbono, de acuerdo a su informe de 2021, confía en que hacia 2040 esta tecnología comenzará a tener resultados significativos, al llegar a una reducción de emisiones de 10,000 millones de toneladas de dióxido de carbono a fines del siglo XXI. Cabe señalar que si bien esta tecnología se encuentra en desarrollo, construcción u operando en Norteamérica, Europa, Medio Oriente, China y Australia, entre otros lugares, en América Latina solo se ha aplicado en Brasil (Santos de Petrobras) a la fecha.

De acuerdo a la Agencia Internacional de Energía Atómica en su informe especial sobre uso y almacenamiento de carbono capturado, publicado en el 2020, limitar el calentamiento global a 2 °C requiere incrementar la capacidad de esta tecnología de 40 millones de toneladas anuales a 5600 millones de toneladas a 2050. Eso significa multiplicarla 140 veces. Para lograr esto, se estima que se necesitaría entre 655,000 millones y 1.28 billones de dólares en inversiones de capital al año 2050.

Estas tecnologías merecieron incluso un informe especial del IPCC en 2005, que concluyó que no se encontraban maduras. Pese a haber sido generosamente subsidiadas y tener algunas aplicaciones prácticas, como la recuperación mejorada de petróleo y gas, siguen siendo desafiantes, tanto por sus aspectos tecnológicos como por los económicos. El futuro dirá acerca de la viabilidad de estas tecnologías y su aplicabilidad en países como el Perú.

## ENERGÍAS RENOVABLES

Llamamos energías renovables a aquellas que no dependen de los recursos naturales minerales como los combustibles fósiles o los combustibles nucleares usados en las centrales nucleares. Han sido parte de la energía de la humanidad en múltiples formas: en la leña y velas tan usadas hasta la llegada de los combustibles fósiles y de la electricidad; en las velas de los barcos que movieron la navegación hasta el siglo XIX; y en los molinos de viento o agua usados para moler el trigo u otros cereales primero y ahora empleados para generar energía eléctrica.

Todas estas energías renovables dependen del Sol: biomasa, eólica, hidroeléctrica, oceánica y solar. La energía geotérmica es la única que proviene del calor de la Tierra. La energía solar proviene originariamente del fenómeno de fusión, que también la humanidad trata de domesticar, pero aún con resultados muy limitados a la fecha, aunque esperanzadores para dentro de algunas décadas.

La situación de las energías renovables es evaluada anualmente por la organización REN21, una comunidad global de actores de energía renovable provenientes de Gobiernos, organizaciones intergubernamentales, industrias, ONG y de instituciones académicas. En su último informe, titulado *Renewables 2021 Global Status Report* (REN21, 2021), se presenta el estado de las energías renovables a nivel global. De esta manera, el informe nos recuerda que, pese a los problemas relacionados con la pandemia, las renovables continuaron su crecimiento global, pero no sin anotar que sus obstáculos previos persistieron.

Así, mientras se ve un crecimiento de las energías renovables en la generación eléctrica, se ve un incremento limitado en las aplicaciones que demandan calor para la calefacción doméstica (aunque con algún desarrollo de las bombas de calor eléctricas) y menor en los sectores industriales que demandan alta temperatura. En cuanto al transporte, las energías renovables representan menos del 4 % del total, principalmente con biocombustibles como biodiésel o etanol, aunque se espera que el porcentaje crezca con el desarrollo de vehículos eléctricos. El crecimiento de las energías renovables se encuentra concentrado en la generación eléctrica, en especial en China.

En 2020, el gigante asiático logró generar un 40 % adicional a la capacidad renovable ya instalada a nivel mundial (117 de 256 GW totales). Además, a fines del 2020, ya al menos 19 países contaban con más de 10 GW de capacidad de generación con energías renovables, sin contar el uso de energía renovable hidroeléctrica. Esto es ensombrecido por el crecimiento del uso de las energías fósiles, que continúa.

El informe también resalta que en todas las áreas se cuenta con cambios favorables en cuanto a compromisos políticos relacionados al cambio climático, aunque no sin altibajos. Así, mientras hay gran promoción a la generación eléctrica y el transporte eléctrico, las políticas se inhiben de dirigirse a los sectores industriales y de construcción. Cabe resaltar que en el ámbito de las políticas también se incluye el almacenamiento de energía; es decir, el uso de baterías y otros almacenes, en especial para gestionar la intermitencia de las energías eólicas y solar fotovoltaica.

El informe recoge además las tendencias de mercado e industriales para cada una de las tecnologías renovables, tanto en las ya establecidas –como bioenergía, geotermia e hidroelectricidad– como en las no convencionales, solar –tanto fotovoltaica como concentrada o de calentamiento– y eólica –tanto en tierra como en el mar–, e incluso la aún incipiente energía oceánica, que llegó a 0.527 GW a fines del 2020.

Quizás el aspecto más alentador sea el económico, donde el sector de la energía renovable ha mostrado su extraordinaria

resiliencia, ya que las inversiones en energías renovables crecieron en 2 %, superando los 300,000 millones de dólares en 2020. Sin embargo, este desarrollo fue desigual, pues se presenta un crecimiento de 13 % en países desarrollados y una caída de 7 % en economías emergentes y en desarrollo. Además, más de 1300 instituciones e inversionistas institucionales, que mueven más de 15 billones de dólares, han prometido dejar de invertir en activos relacionados a combustibles fósiles. No obstante, solo el tiempo corroborará o desmentirá esas promesas.

## **BARRERAS Y OPORTUNIDADES PARA LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL PERÚ**

Desde 2009, la Agencia Internacional de las Energías Renovables (conocida como IRENA, por sus siglas en inglés) opera como una organización intergubernamental con sede en la ciudad de Masdar, en los Emiratos Árabes Unidos. Su mandato es facilitar la cooperación, promover el conocimiento y la adopción, así como el uso sostenible, de las energías renovables. En 2014, a invitación del Gobierno peruano, la IRENA produjo una evaluación de la preparación para las energías renovables (*Peru Renewables Readiness Assessment*), que concluyó recomendando siete acciones, tres de ellas relacionadas a subastas de energía renovable y otras cuatro sobre la incorporación de renovables en la red, desarrollo de renovables rurales, desarrollo de biocombustibles para el transporte y la actualización periódica de las evaluaciones de los recursos solares y eólicos.

Asimismo, desde 2017, el Perú cuenta con la Asociación Peruana de Energías Renovables (SPR), grupo civil sin fines de lucro que reúne a empresas y organizaciones que apuestan por el desarrollo de las energías renovables, exceptuando a las grandes hidroeléctricas; es decir, involucra a las no convencionales, como la energía solar, eólica, geotérmica, mareomotriz, biomasa y pequeñas hidroeléctricas, así como las que intervienen en algún punto de su cadena de valor.

Esta asociación presentó su agenda sectorial (SPR, 2021), donde vincula a su gremio con la reactivación económica

y el cumplimiento de la mitigación de emisiones acordada internacionalmente, y propone medidas para la promoción y desarrollo de energías renovables. Justamente, es en esta última sección donde propone remover las barreras que de forma expresa o tácita quedan indicadas. A partir de la lectura de su documento, se pueden identificar las siguientes barreras principales:

- 1 Los costos marginales del sistema no reflejan adecuadamente el costo de producción eléctrica.
- 2 Falta de separación de los mercados de energía y potencia.
- 3 Hay vacíos regulatorios en participación en licitaciones de largo plazo, remuneración de la potencia firme aportada y de fomento de tecnologías que brindan estabilidad de carga y seguridad al sistema eléctrico.
- 4 Igualmente, se consideran como barreras en el corto plazo el marco tributario y la limitación del beneficio de depreciación acelerada al 2025, solicitando su extensión por una década más.
- 5 Hay ausencia de un proceso de planificación energética consistente con objetivos nacionales de competitividad y ambientales.
- 6 Hay ausencia de regulaciones de sistemas de almacenamiento.
- 7 Falta reglamentación de la generación distribuida.
- 8 Hay inexistencia de la promoción del hidrógeno verde para la descarbonización industrial.

El Perú, en 2022, ha tenido una sobreoferta de generación, ya que la demanda máxima en hora punta es de alrededor de 7000 MW, y la capacidad de generación es de aproximadamente 13,500 MW. Así que, a menos que en los próximos tres o cuatro años aumente mucho la demanda, el país no va a necesitar capacidad adicional. Lo que se necesita es una visión a mediano o largo plazo sobre el desarrollo de su demanda, tanto industrial, incluyendo la minera, como la de la electrificación del transporte, al menos el intraurbano, y el paso a la cocción doméstica eléctrica a partir de la tecnología de inducción. Para materializar esta visión, se requiere pensar

en cómo abaratar el kilowatt hora doméstico, principal barrera actual de expansión de la demanda.

Pese a lo anterior, en algunos aspectos se ve luz al final del túnel. Algunos proyectos de energías renovables cuentan con contratos de compraventa de energía (*Power Purchase Agreement* o PPA) de largo plazo. Quellaveco, mina de la empresa Anglo American, será la primera mina con suministro 100 % renovable.

Hace un quinquenio, a nadie le importaba lo renovable, solo calidad del suministro, precio y seguridad. Hoy, el mundo ha cambiado y los clientes piden energías renovables. Es un cambio radical. Aunque no exista una disposición a pagar un adicional para tener energía verde, sí la están pidiendo más y más.

A finales de 2022, se debía estar cerrando la única planta de carbón del país, de 135 MW, la que es hoy una planta de emergencia, que opera alrededor de una semana al año y que será reemplazada con un nuevo proyecto eólico, Punta Lomitas, con capacidad de 260 MW. Esto convertirá al Perú en un país *coal free* o libre de carbón mineral, primer paso de la transición energética.

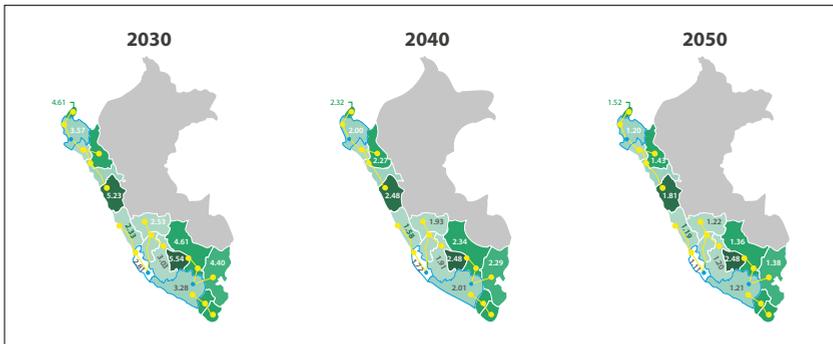
En 2021, la consultora Deloitte, por encargo de la empresa ENEL, publicó el informe *Hoja de ruta de transición energética en Perú. Un modelo energético sostenible para Perú al 2050* (Deloitte, 2021), donde evaluaba escenarios para la transición energética al 2050, mostrando que el Perú podía llegar a tener una generación limpia hasta en un 86 %, dejando a esa fecha tan solo un 2 % de la generación eléctrica a gas natural. Este informe también incluye 16 recomendaciones para que el Perú logre tanto la transición energética como la transición hacia una economía baja en carbono.

Para cerrar, es necesario señalar el gran potencial que tienen las energías renovables en el país. El Perú es abundante en recursos de biomasa renovable en el oriente y potencialmente en el norte, y de energía eólica tanto en algunas locaciones específicas en tierra (Talara, Malabrigo y Marcona, principalmente) como a lo largo del litoral. El sur peruano está particularmente privilegiado tanto en recurso geotérmico como solar, con un potencial que va más allá de lo solar

fotovoltaico y que se puede fácilmente orientar a la energía solar concentrada y a partir de esta incurrir en la producción de hidrógeno verde, tanto para la generación eléctrica y la industria como para el transporte interprovincial de pasajeros y carga, y en un futuro incluso para la navegación acuática y aérea.

Sobre el hidrógeno verde, la Asociación Peruana de Hidrógeno (H2) y Engie Impact presentaron en setiembre del 2021 los resultados del primer diagnóstico sobre el potencial del hidrógeno verde en Perú, tanto en lo que refiere a producción como a consumo. En el estudio, se establecieron estimaciones para los años 2030, 2040 y 2050, con un crecimiento progresivo a futuro y teniendo en cuenta la geografía. Las regiones que son centros de consumo y que poseen mejores condiciones renovables son el sur, centro y noroeste del país (ver imagen 1.5).

**Imagen 1.5.** Perú tiene potencial para desarrollar hidrógeno verde, aumentando su competitividad para los años 2040 y 2050



Fuente: H2 y Engie Impact (2021)

El costo nivelado del hidrógeno (LCOH) baja cuando aumenta la escala, la demanda industrial y el desarrollo tecnológico e innovación (ver tabla). Cabe aclarar que el estudio considera el transporte de hidrógeno mediante tuberías, el cual aumenta entre 0.05 a 2.5 USD/kg H<sub>2</sub> el costo de producción, según la distancia y cantidad a transportar. Y esto genera valores finales

en el punto de consumo de entre 1.3 y 1.6 USD/kg H<sub>2</sub>, al 2050. Traduciendo estos datos, recién hacia 2040 se ven costos competitivos comparables y hacia el 2050 se pueden bajar de los dos dólares, cifra buscada por analistas y desarrolladores de negocio a nivel internacional.

**Tabla 1.1.** Costo nivelado del hidrógeno, capacidad de electrolizadores y capacidad renovable

Año	Costo nivelado del hidrógeno LCOH USD/kg H <sub>2</sub>	Capacidad de electrolizadores MW	Capacidad renovable peruana MW
2030	2.51-5.23	630-850	960-1300
2040	1.78-2.48	3350-4530	6000-8130
2050	1.13-1.61	9400-12700	15760-21330

**Fuente:** H2 y Engie Impact (2021)

El hidrógeno verde será útil para las industrias con grandes necesidades de energía. Los camiones mineros son un ejemplo de aplicación perfecta, ya que tienen mucha necesidad de energía y en el Perú hay muchas minas cercanas a zonas con abundantes recursos solares o eólicos. En los carros, en las ciudades, el hidrógeno tendría que competir con las baterías, pero en la carga no, porque para un gran camión de carga minero la batería tendría que ser tan pesada que dañaría la eficiencia del vehículo. Es decir, el hidrógeno resulta eficiente si se necesita recorrer mucha distancia o se demanda mucha energía. Para uso intraurbano, el carro eléctrico es mucho mejor, aunque no sea esta opinión compartida por los fabricantes y vendedores de vehículos con motores de explosión.

## EPÍLOGO

Mientras se escriben estas líneas, en Ucrania retumban los cañones de los Ejércitos de la Federación Rusa, y Ucrania se convierte en un trágico campo de pruebas de antiguas armas soviéticas y nuevas armas occidentales y rusas. El gatillo de este conflicto fue la región del Donbás, con las regiones (óblast) de Donetsk y Lugansk de población rusoparlante. La historia de este conflicto es imposible de entender si no se tiene en cuenta a los combustibles fósiles, ya que estas jurisdicciones representaban el 30 % de las exportaciones de Ucrania hasta 2014.

Para entender la presencia de esta población rusa hay que remontarse al Imperio ruso, ya que en 1913 esa área producía el 87 % del carbón usado en el imperio. Incluso, en tiempos de la Unión Soviética, la mitad del carbón provenía de allí. En esta zona, se encuentra el 90 % de todas las reservas de carbón de Ucrania, razón que dificulta la aceptación de la independencia de estas localidades. El otro 10 % del carbón ucraniano es lignito, que por su baja calidad se dejó de producir hace casi 30 años.

Por el conflicto que en 2014 estalló en esta zona, en 2016 se produjo menos de la mitad de carbón que el promedio de 2011 a 2013. Hasta 2021, Ucrania importaba carbón, tanto de Rusia como de Sudáfrica, lo que lo encarecía mucho. Por este motivo, el Gobierno ucraniano tuvo en 2020 que priorizar el uso del carbón para las centrales eléctricas, dejando de lado la calefacción doméstica y la industria. Cabe señalar que desde siempre ha habido minas ilegales en todo el Donbás, lo que contribuyó al desarrollo de mafias ilegales.

Pero Ucrania no es solo una tierra de producción de carbón mineral, sino que hasta 2021 más de 40,000 millones de metros cúbicos de gas fluyeron por Ucrania desde Rusia. Esto representó la tercera parte de las exportaciones rusas a Europa. Para entender la situación del gas natural, hay que saber que Ucrania produjo, en 2019, 20,700 millones de metros cúbicos, mientras tenía una demanda de 26,000 millones. Para cubrir el déficit, desde 2014 Ucrania se ha visto forzada a importar gas natural desde Eslovaquia, Hungría y Polonia.

El 27 de febrero de 2022, el Ejército ruso realizó una serie de ataques contra infraestructura energética ucraniana, destruyendo tanto un gasoducto cerca de la segunda mayor ciudad ucraniana, Járkov, así como un depósito de petróleo adyacente a una base aérea cercana a Kiev, en Vasylkiv.

Pero el conflicto no se limita a su espacio geográfico, sino que ha causado un incremento de los precios del petróleo a nivel global. De esta manera, el barril de petróleo Lula de Brasil, que el 20 de diciembre de 2021 no llegaba a 73 dólares, el 2 de marzo de 2022 ya rozaba los 109 dólares, ¡un aumento de casi 50 % en menos de tres meses!

Finalmente, la guerra en Ucrania también impactará en los biocombustibles, ya que se ha afectado la producción y exportación de aceite de girasol. Ucrania produce el 60 % mundial, que representa el 76 % de sus exportaciones. Esto coincide con un año malo para la producción de aceite de soya en Argentina, Brasil y Paraguay. Todo esto presionará para que se destine al mercado alimenticio global una parte del aceite de colza y de palma, que actualmente se ha destinado a la producción de biodiésel. Ello tendrá grandes impactos en los consumidores más pobres de las regiones de África y Asia, que también afrontarán la subida del precio de la harina de trigo debido al enorme peso, 25 % del mercado mundial, que representan en conjunto Rusia y Ucrania.



# 2



# **PETRÓLEO Y SOCIEDAD:**

**IMPACTOS Y RUTAS  
PARA DEJAR LOS  
HIDROCARBUROS BAJO  
TIERRA Y RECONCILIARNOS  
CON EL FUTURO EN EL PERÚ**

---

**POR ANTONIO ZAMBRANO ALLENDE**



**TRATADO DE  
NO  
PROLIFERACIÓN  
DE COMBUSTIBLES  
FÓSILES**

## INTRODUCCIÓN

Ni el Estado ni las empresas extractivas han remediado uno solo de los más de 3000 pasivos ambientales de hidrocarburos que se han producido en el Perú. Más de medio siglo después de la llegada de la actividad extractiva petrolera al país, es posible decir que la promesa de bienestar, prosperidad y desarrollo que se vendió para la sociedad en su conjunto no solamente fue un fraude, sino que nunca pretendió realmente impulsar sociedades democráticas y mucho menos superar las desigualdades o elevar la calidad de vida de la nación peruana en su conjunto.

100

Entrando a la tercera década del siglo XXI, resulta evidente, tanto por los datos científicos como las constataciones estadísticas, que los cantos de sirena del siglo XX no deberían seguir desviando el barco que nos lleva al futuro como nación y como planeta. Más bien, ante el aprendizaje del engaño, la contaminación, el lucro privado, la degradación de territorios y la explotación de recursos, se deben plantear alternativas reales desde los pueblos, que pongan por delante sus intereses y eliminen de forma definitiva la idea de "zonas de sacrificio" en nuestros territorios directamente impactados.

El Panel Intergubernamental de Expertos de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (IPCC) advierte que, si no reducimos dramáticamente la dependencia de las economías a los combustibles fósiles, superaremos la línea de no retorno en los próximos años. Eso implica que países como el Perú corren el riesgo de perder o degradar los ecosistemas sobre los que están basados su economía, cultura, política, alimentación e idiosincrasia.

En el presente documento, pretendemos apenas proponer algunos argumentos sobre una necesidad inminente: la urgencia de desarrollar políticas de reparación, inversión, prohibición e incentivo para hacer la transición a una economía de cero emisiones de gases de efecto invernadero, en la que no solamente hayamos superado la dependencia del petróleo y del gas que nos atan al subdesarrollo, sino que, con un enfoque de justicia climática y social profunda, reconozcamos con medidas concretas los derechos de nuestros pueblos indígenas sobre sus territorios, así como el derecho de la sociedad peruana de vivir independiente, soberana, sana y próspera, respetando a las generaciones futuras y a nuestra Tierra.



## ¿QUÉ ES LO QUE ESTÁ EN JUEGO?

La adicción al petróleo, que se ha intensificado desde la primera mitad del siglo XX, ha llegado al siglo XXI convertida en un problema que ya no podemos esconder bajo la alfombra. Los cerca de 100 millones de barriles de petróleo que consume la humanidad cada día para mantener la maquinaria económica global desequilibran la atmósfera del planeta.

El daño que genera la quema de petróleo junto con el gas y el carbón hace que macroestudios como el del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) hayan determinado que la emisión de gases de efecto invernadero en los ecosistemas terrestres y marinos del planeta están llevándonos al borde del colapso. En su último documento (IPCC, 2022), que revisa más de 34,000 estudios científicos, afirma que a pesar de los conocimientos previamente acumulados en décadas, no se está mejorando la situación política y más bien se direcciona hacia un aumento en las olas de calor, incendios forestales, sequías, huracanes, oleadas de frío, tormentas o inundaciones. No es nada que no haya pasado ya antes, pero se ha intensificado y nos encontramos con cada vez menos capacidad y tiempo de reaccionar si no hacemos algo urgente para prevenirlo.

El hecho de que el 2019 y 2021 hayamos tenido picos históricos en la quema de petróleo y en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) da un indicador clave de que los Gobiernos nos están fallando sistemáticamente.

En esa misma dirección, el último reporte (*idem*) analiza las capacidades de adaptación, las vulnerabilidades y los impactos del cambio climático en todos los territorios del planeta. Aunque, como en documentos anteriores, el IPCC demuestra su optimismo al identificar que existe una ventana de oportunidad de pocos años en los que tenemos que cambiarlo todo, también muestra su profunda preocupación por evidenciar cómo estamos perdiendo un tiempo valioso, pues esta ventana se ha empezado a cerrar aceleradamente. “Demorarnos es mortal”, afirmó el secretario general de las Naciones Unidas, António Guterres, como parte de su discurso de presentación del informe del IPCC. No deja de tener este documento un respaldo científico a la trágica frase.

Esto implica que la respuesta no solamente debe ser coordinada, sino global. A pesar de la responsabilidad común pero diferenciada; es decir, a pesar de que hay países que tienen más “culpa” que otros en la emisión histórica y actual de la contaminación planetaria, al fin de cuentas, para lograr superar este problema, absolutamente todos los Estados y sociedades deben hacer su parte, no solamente para mitigar los efectos, sino para adaptarse e intentar proteger a los territorios y ecosistemas de los impactos que se avecinan.

A menos que las emisiones en cada territorio se reduzcan mucho más rápido de lo que plantean las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) de los Gobiernos, los daños serán cada vez mayores y más difíciles de manejar con los presupuestos que tenemos. Asimismo, existe la posibilidad de que parte del planeta y en particular de nuestro país se vuelvan inhabitables. En este sentido, la ambición como principio de nuestras políticas públicas locales y nacionales debe formar parte del nuevo credo de la clase política y de las exigencias que los activistas, científicos y ciudadanos debemos impulsar.

Sin embargo, es importante mencionar que los cambios e impactos no solamente son futuros. En el territorio peruano, se

vienen registrando cada vez más intensamente desde hace al menos un par de décadas, y se conoce ampliamente cómo esto viene perjudicando a nuestras poblaciones, los alimentos, el desplazamiento y otros aspectos. No hay, ni en los países del sur ni del norte global, infraestructura o capacidades suficientes para hacer frente por más tiempo sin que sectores económicos corran el riesgo de desintegrarse.

Las pobres cadenas de suministros e infraestructura que existen —y que abastecen no solamente de alimentos, sino también de energía, combustible, vestido y otros elementos clave para el funcionamiento de los procesos nacionales— son altamente frágiles al cambio climático y débiles en cuanto a las necesidades que tenemos de asegurar recursos en un contexto de crisis internacional global; es decir, el Perú, al ser un país periférico, no garantiza ni los bienes de importación ni los fondos para conseguirlos ante una posible escasez. La financiación internacional para la adaptación es menor de lo prometido y necesario, y las medidas nacionales pertinentes no se están aplicando.

De acuerdo con la vicesecretaria general de la ONU, Amina Mohammed, Latinoamérica no solamente no estaría alcanzando sus expectativas de acción climática, sino que “no estamos en camino de alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible para el 2030” (ONU, 2022b). Es más, en un tercio de las metas de los ODS, en la región se ha retrocedido, según un análisis que hiciera el pasado 7 de marzo durante la quinta reunión del Foro de Países de América Latina y el Caribe sobre Desarrollo Sostenible. En ese sentido, se reconoció que hay grandes desafíos estructurales, pero también que se es la región más desigual del planeta, con altos niveles de endeudamiento, desempleo e informalidad, un marco de política pobre y poco financiamiento estatal. Esto nos hace muy vulnerables y con menor acceso a derechos.

Mohammed (*idem*) menciona que existen al menos cinco prioridades de acción que los países de la región deberían promover para alcanzar los ODS:

- 1 Aumentar la resiliencia contra la pandemia.
- 2 Aumentar y acelerar las inversiones en la protección de las personas y los ecosistemas en la primera línea de la crisis climática.
- 3 Potenciar las transiciones justas en la conectividad digital, la energía y los sistemas alimentarios.
- 4 Reinventar el futuro de la educación tras recuperarse de las enormes pérdidas de aprendizaje de la pandemia.
- 5 Acelerar la igualdad de género y la transformación económica.

A simple vista, podemos darnos cuenta de que tres de estas cinco recomendaciones se encuentran directamente vinculadas con la posibilidad de desarrollar alternativas económicas y políticas que nos retiren del extractivismo y del consumo, en particular de la dependencia de los combustibles fósiles.

## IMPACTOS EN LA SOCIEDAD Y EL AMBIENTE

Como sabemos de manera bastante documentada, el fenómeno del cambio climático que vivimos en la actualidad, a diferencia de todos los anteriores en la historia del planeta Tierra, no se ha generado en millones de años, sino apenas en los últimos dos siglos, desde el inicio de la Revolución Industrial. Además, es el primero antropogénico; es decir, originado por el ser humano y en particular por su sistema de producción capitalista industrial que, para multiplicar la fuerza de trabajo humana, quema combustibles fósiles como fuente de energía que alimenta las máquinas necesarias para la producción en masa de mercancías.

La increíble exacerbación en la producción y el consumo nos ha llevado a modificar la composición misma de la atmósfera y ha desencadenado la crisis climática en la que vivimos. Se han puesto en riesgo las condiciones mismas de vida de nuestra especie y de al menos un millón de otras (Sierra, 2019), en lo que se ha venido a denominar la sexta extinción en masa de la vida en la Tierra.

En resumen, la actual crisis ambiental es ocasionada por la forma en la que interactuamos con la naturaleza. Las máquinas, al acelerar la capacidad productiva humana en las sociedades del norte geopolítico global (principalmente Europa y Estados Unidos y, ahora, China junto con algunos otros pocos países), han utilizado insumos que concentran grandes cantidades de energía en combustibles sólidos, líquidos y gaseosos (carbón, petróleo y gas natural) para quemarlos y mover los motores de la economía mundial hasta la actualidad.

La carrera desesperada por conseguir y monopolizar estos insumos para definir sus precios y establecer los límites del desarrollo de las sociedades ha marcado el siglo XX como ningún otro.

De los tres combustibles mencionados, el petróleo se ha definido como el más importante, dominando hasta el día de hoy cerca del 80 % del sector energético mundial y llevándonos a la quema de alrededor de 100 millones de barriles de petróleo cada día.

### **Fragilidad económica**

En el Perú, a pesar de ser un país periférico en la economía global, los combustibles fósiles marcan la vida con mucha fuerza desde mediados del siglo XX. En estos años, han afectado y contaminado de distintas maneras el territorio de 41 de los 65 pueblos indígenas que habitan nuestra Amazonía (León y Zúñiga, 2020, p. 7), en especial desde la construcción del Oleoducto Norperuano (ONP) en 1972, que atraviesa 1106 km desde la selva norte hasta la costa de Piura.

El impacto ha pasado por el contacto inicial, la apertura de rutas de penetración, la utilización de territorios ancestrales, la transmisión de enfermedades y cesiones de territorio para el establecimiento de centros poblados de enclave para cientos de trabajadores o directamente instalaciones de las plantas de extracción, así como la masiva contaminación del agua y la tierra, con la desaparición, a su vez, de fuentes de agua, alimento, biodiversidad y la degradación de lo que se ha venido a denominar servicios ecosistémicos.

A pesar que el discurso oficial afirma que la industria petrolera en el Perú cuenta con tecnología de punta para la extracción y transporte de petróleo, en los últimos siete años –e incluso en pandemia– se han registrado más de 100 derrames petroleros. Además, dicha tecnología no está instalada en los puntos clave, y hay una particular carencia de sistemas de prevención temprana y sistemas de corte en caso de derrame, que son los más importantes para la población.

Al mismo tiempo, el costo de mantener una economía dependiente anclada en los combustibles fósiles ha implicado para el Perú cuantiosas pérdidas económicas y la imposibilidad de contar con soberanía energética. Esto nos ha hecho perder, en cálculos oficiales, solamente entre 1994 y 2019, alrededor de 17,000 millones de soles en compra-importación de petróleo desde distintos países del mundo (León y Zúñiga, 2020, p. 18). Ello, obviamente, limita la capacidad del Estado para atender otras actividades básicas y otras tantas estratégicas, que pueden pasar por sectores en crisis durante estas mismas tres décadas, como educación, salud, agricultura, ambiente o ciencia y tecnología, rubros postergados y con una política de austeridad permanente. En particular, la ciencia e investigación tecnológica podría ser la punta de lanza de desarrollo de programas de formación desde las universidades, que busquen alternativas de aceleración nacional de la transición energética, aprovechando las potencialidades nacionales, y que planteen políticas más adaptadas a nuestros mercados laborales y a las necesidades de nuestra industria, comercio y vivienda.

### **Presión sobre los bosques**

Otros tipos de impactos se pueden ver en la cuenca amazónica, que ocupa más del 70 % del territorio nacional. Alrededor de esta, y por diferentes actividades extractivas, América Latina pierde cada año más cobertura boscosa que cualquier otra región del mundo (Saget *et al.*, 2020, p. 32).

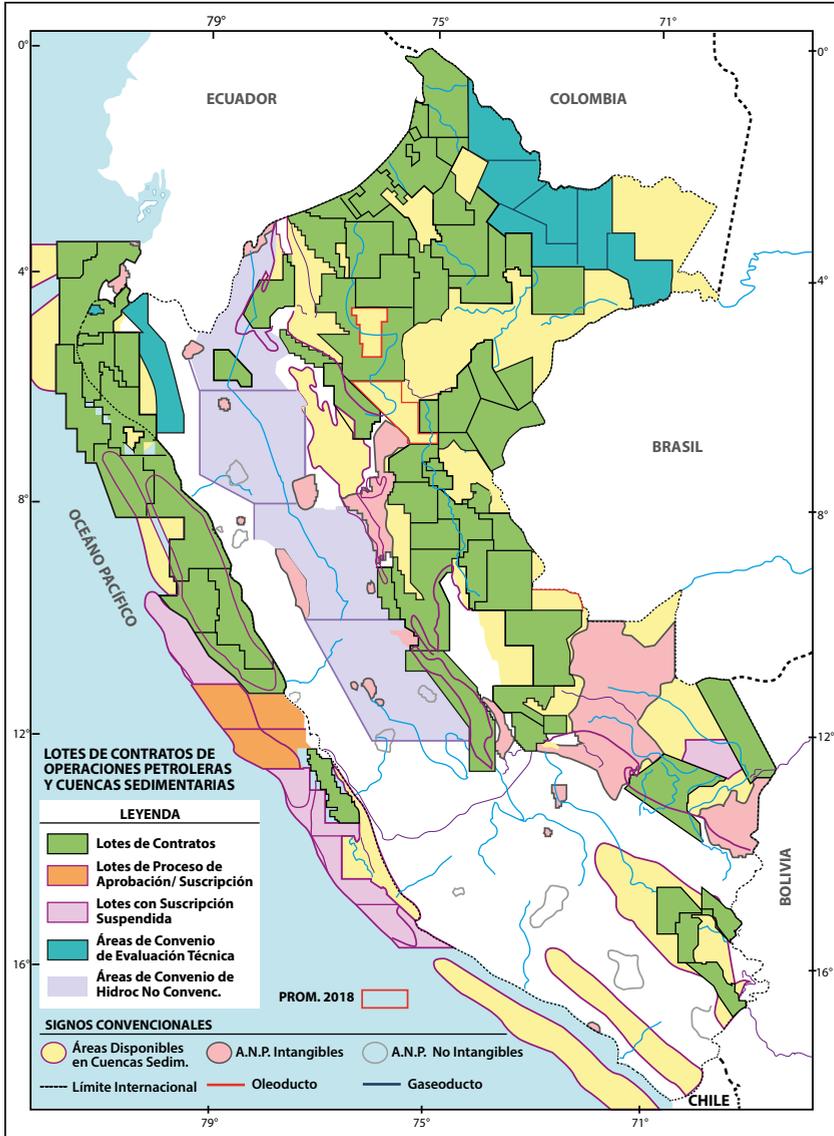
Tres cuartos de los bosques amazónicos han perdido su capacidad de recuperarse ante los impactos humanos y los

del cambio climático desde el año 2003, haciendo que estos sean mucho más vulnerables y que los daños que se ocasionen sean irreversibles y acumulativos; es decir, la Amazonía ha perdido su resiliencia (Tandon, 2022).

Mientras agencias como Carbon Brief ya hablan del aparente traspaso humano del “punto de no retorno” en la degradación del ecosistema amazónico (*idem*), los Estados hacen poco para protegerlo. De acuerdo con ellos, y según un estudio publicado en la revista científica *Nature Climate Change* (Boulton *et al.*, 2022), se calcula que esto podría ya haber sucedido y nos encontremos en un escenario de degradación continua del mayor bosque del planeta, haciendo que en lugar de absorber gases de efecto invernadero (motivo por el cual solemos llamarle “pulmón del mundo”) la situación se revierta, para empezar a emitir grandes cantidades de gases, en particular CO<sub>2</sub>, entre otros. Nos hallamos en un “umbral crítico”, dicen los científicos. Esto pone en riesgo el 10 % de toda la biodiversidad del planeta que habita en esta parte del mundo.

Sin embargo, la visión sobredimensionada de Perupetro planteaba en 2009 un mapa que intervenía indiscriminadamente gran parte del territorio amazónico, así como la costa, con lotes gigantescos como los que se presentan en el siguiente gráfico de ese año.

**Imagen 2.1.** Lotes de contratos de operaciones petroleras, proyección de 2009

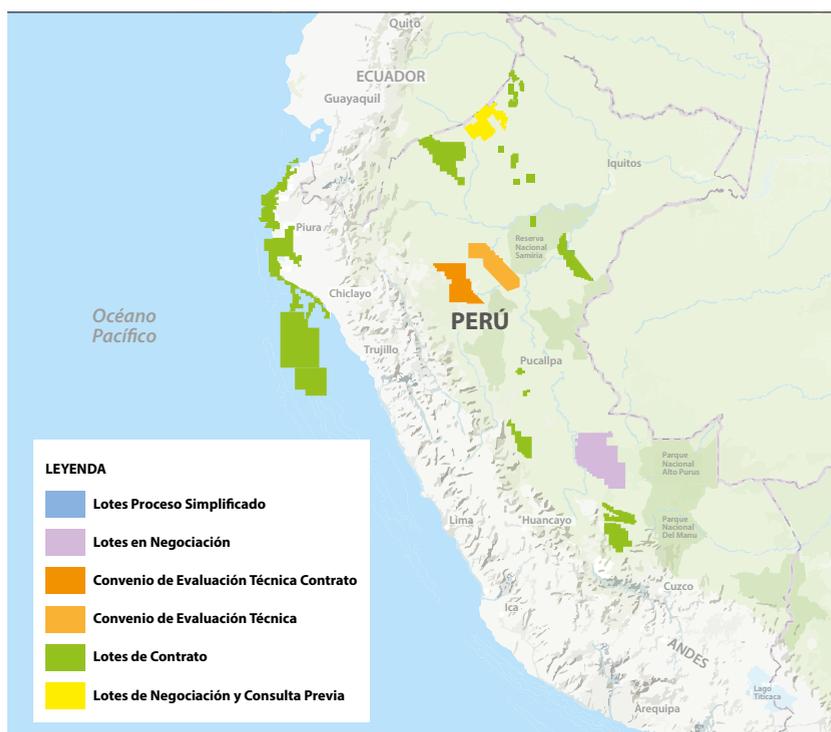


**Fuente:** Perupetro

Dicha imagen contiene tanto lotes contratados como en proceso de aprobación con suscripción suspendida, entre otros. La visión de expansión indiscriminada está claramente contrapuesta con la de dejar el petróleo bajo tierra.

Dado que los lotes en la actualidad se han ido redimensionando, y ante el abandono y agotamiento de varios, tenemos un mapa más realista de la situación de la explotación de hidrocarburos en nuestro país.

**Imagen 2.2.** Lotes de contratos de operaciones petroleras a 2022



Fuente: Perupetro<sup>2</sup>

Estos pocos lotes en explotación, a pesar de su reducido tamaño en el mapa y de haber ido disminuyendo sistemáticamente su producción hasta llegar al promedio de extracción de 53,000 barriles diarios de petróleo, terminan siendo no solamente perjudiciales, sino que también insuficientes, ya que hemos ajustado nuestra matriz energética al consumo de alrededor de 200,000 barriles diarios, diferencia que debemos importar continuamente.

<sup>2</sup> Mapa interactivo disponible en <<https://perupetro.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=6a830a470b934f0687c8ed84c2bacacc>>.

La Amazonía, de donde extraemos buena parte de este hidrocarburo, registró el 2021 la tasa de deforestación más alta en más de una década. Se calculan más de 10,000 kilómetros cuadrados y 1.9 millones de hectáreas de bosque primario en toda la cuenca amazónica. La mayor parte de esa deforestación ocurrió en Brasil (70 %), Bolivia (14 %), Perú (7 %) y Colombia (6 %) (SERVINDI, 2022a). El estudio de *Nature Climate Change* (Boulton *et al.*, 2022) además nos muestra que sequías en la Amazonía como la del 2005 y la del 2010, así como la elevación de la tasa de deforestación y uso de la tierra amazónica por parte del ser humano, están relacionadas con la caída en la resiliencia amazónica.

## El aire, la contaminación y la salud

Además, los combustibles fósiles también impactan en la salud al elevarse las tasas de contaminación atmosférica por gases de efecto invernadero. Ello afecta mucho más directamente a la población de las grandes ciudades. Hoy sabemos que una de cada seis personas en el mundo tiene algún tipo de afección o enfermedad causada por la contaminación. De acuerdo con el relator especial del Consejo de Derechos Humanos de las Naciones Unidas, David Boyd, “la contaminación y las sustancias tóxicas [en general] causan al menos nueve millones de muertes prematuras [cada año], el doble de las causadas por la pandemia del coronavirus en sus primeros 18 meses” (IPS, 2022a). Esto implica una gran cantidad de sustancias que contaminan el aire, agua y suelo de diversas formas, y durante el siglo XXI su producción no ha dejado de acrecentarse.

Por otro lado y sobre este mismo tema, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021), la contaminación y reducción de la calidad del aire es un problema sumamente grave entre otras cosas porque:

- 1 En 2019, el 99 % de la población mundial vivía en lugares donde no se respetaban las directrices de la OMS sobre la calidad del aire.
- 2 Según estimaciones de 2016, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 4.2 millones de defunciones prematuras.

3

Un 91 % de esas defunciones prematuras se producen en países de bajos y medianos ingresos, y las mayores tasas de morbilidad se registran en las regiones de Asia Sudoriental y el Pacífico Occidental de la OMS.

4

La adopción de políticas e inversiones de apoyo al uso de medios de transporte menos contaminantes, la mejora de la eficiencia energética de las viviendas, la generación eléctrica y la industria y una mejor gestión de los desechos municipales permitirían reducir algunas de las principales fuentes de contaminación del aire en las ciudades.

Una mirada rápida a estos impactos ya nos advierte de lo enormemente perjudicial y peligroso que ha sido, es y, especialmente, puede ser en el futuro inmediato la contaminación del aire y, en particular, la quema de combustibles fósiles, que ya han elevado de 350 a 410 las partículas por millón de gases de efecto invernadero que inhalamos al respirar en cualquier parte del mundo.

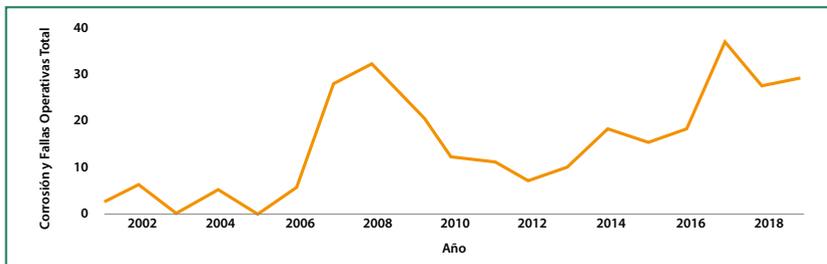
En este sentido, nuestro país ya encabeza el *ranking* de los territorios con el peor aire del planeta. Perú lidera una lamentable lista como el país que posee la peor calidad de aire a nivel de la región, según el último estudio realizado en el 2021 por IQAir, empresa suiza especializada en la tecnología de la calidad del aire. Además, el país se halla en el puesto 26 a nivel mundial, en una investigación que abarcó a 117 naciones de todos los continentes (Luján, 2022).

## Impactos a pueblos indígenas

Las organizaciones de pueblos originarios tienen una larga y documentada lucha contra las actividades extractivas, la contaminación y degradación de sus ecosistemas y territorios ancestrales, y de reclamo de la consulta previa libre e informada y la capacidad de decidir sobre el futuro de sus territorios. Sobre esto, el Convenio 169 de la OIT, del que Perú es signatario, les concede el derecho a ser consultados sobre actividades que puedan impactar en la integridad de sus vidas y sus territorios; sin embargo, esto no solamente no se ha llevado a cabo históricamente, sino que la decisión o el rechazo no suele ser vinculante o influir en la decisión final del Estado peruano al concesionar lotes petroleros.

## Gráfico 2.1. Derrames por corrosión y fallas operativas en lotes amazónicos y ONP (2000–2019)

Gráfico 3. Derrames por corrosión y fallas operativas en lotes amazónicos y el ONP (2000-2019)



Fuente: OSINERGMING y OEFA

En la actualidad, son numerosos los pueblos que reclaman algún nivel de reparación o rechazo precautorio. En los últimos años, además, los pueblos originarios han sumado, a su agenda política de diálogo con el Estado, sus contribuciones actuales e históricas en la lucha frente al cambio climático para que se reconozca el significado de sus vidas en la Amazonía.

Mientras se escribía el presente documento, las organizaciones de pueblos indígenas como los wampis o achuar venían rechazando expresamente una nueva explotación petrolera, en el Lote 64, ubicado en sus territorios ancestrales. Así lo han dado a conocer al relator especial de las Naciones Unidas sobre Sustancias Tóxicas y Derechos Humanos el pasado 22 de febrero. Esto no solamente es importante por la vulneración sistemática de sus derechos colectivos, sino también por el altísimo riesgo de contaminación y la desidia histórica de remediar los problemas pasados que hacen prever los problemas futuros (SERVINDI, 2022b).

## El derrame petrolero de Repsol en Ventanilla

Los crímenes ambientales no solamente se circunscriben a áreas alejadas del poder central del Estado peruano, sino que incluso impactan en su capital. Así, en enero del 2022, una de las más importantes refinerías del país, la refinería de La Pampilla, de propiedad de Repsol, experimentó un derrame de

al menos 6000 barriles de petróleo que se esparcieron por las playas y el litoral norte de la costa de Lima y Callao. Esto ha sido considerado como el desastre ambiental más importante de la historia capitalina. Repsol es la responsable del 0.23 % de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (el Perú es responsable del 0.4 %) y, sin embargo, es una de las empresas más promocionadas por el Estado español como cabeza de su transición verde. Esta compañía se ha negado sistemáticamente a asumir responsabilidad sobre el derrame que perjudica a miles de familias de pescadores artesanales, y no solo no ha cumplido con la remediación sino que ha sido favorecida con la indulgencia de los órganos del control públicos.

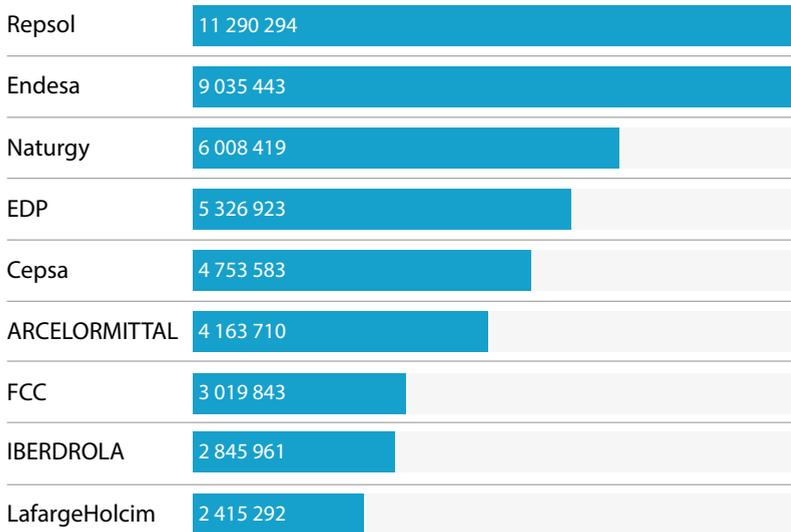
La economía de enclave del Perú ha invisibilizado rápidamente en los medios de comunicación la tragedia y este desastre ha pasado a engrosar los otros más de 3000 que existen en el territorio nacional sin ninguna remediación efectiva de los daños.

De acuerdo a la revista *Climática*, Repsol participa en una gran cantidad de *lobbies* fósiles: World Energy Council, World Petroleum Council, Fuels Europe, International Oil & Gas Producers e International Emissions Trading Association (IETA), sin olvidar la ultraliberal Atlantic Council, lo que sitúa a la empresa en un lugar central del poder industrial (Buades, 2021). Sin lugar a dudas es una de las firmas más contaminantes del planeta y se encuentra en la cabeza del listado de empresas con mayor contaminación por GEI en España.

## Gráfico 2.2. Mayores empresas contaminantes de España

### 10 empresas, con Repsol a la cabeza, representa las emisiones de gases que dañan el clima

Las 20 mayores emisoras suponen casi el 70% de todas las emisiones del país suponen el 75%, según el Observatorio de Sostenibilidad (OS).



Fuente: *Climática*

En Perú, Repsol es miembro de la Sociedad Peruana de Hidrocarburos (SPH), el más importante grupo de *lobby*, desde su llegada al país en plena dictadura fujimorista en 1996. Tiene una larga lista de participación política activa. De acuerdo a declaraciones de Jorge Barata, Repsol participó en una reunión organizada por directivos de la CONFIEP para acordar entregar en secreto dos millones de dólares para la candidatura de Keiko Fujimori y así evitar que gané las elecciones el candidato de izquierda Ollanta Humala, en el 2016 (*La República*, 2022). Es decir que, de acuerdo a estos testimonios, se pretendió favorecer a la candidata que aseguraba la impunidad de los grandes contaminadores.

En Perú, los acontecimientos alrededor del derrame petrolero de Repsol han puesto bajo la lupa a una industria que viene contaminando el país, pero que al mismo tiempo tiene un enorme poder de maniobra frente a actores estatales que no supervisan, previenen ni castigan, y mucho menos promueven,

la desinversión o políticas de transición que reduzcan nuestra dependencia histórica.

Casos similares a los de Lima se han dado durante 2022 en Ecuador y Tailandia, lo que se suma a una enorme cantidad de problemas ocasionados por esta y otras petroleras en múltiples lugares del mundo. Tan es así que el 4 de febrero se declaró el Día Internacional de Acción Contra el Capitalismo Fósil, un día de protesta que se conmemoró en países tan diversos como Argentina, Sudáfrica, Alemania, Perú, entre muchos otros, y que pretende aportar a la constitución de la masa crítica necesaria para presionar a los Gobiernos hacia una transición justa ya.

## **PETRÓLEO Y POLÍTICAS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO: DISCORDANCIAS**

Desde que el Estado peruano creó el Ministerio de Ambiente (MINAM) en el año 2008, para cumplir con los acuerdos firmados en el Tratado de Libre Comercio con los Estados Unidos, el país ha mantenido una amplia política de planificación de acciones de protección ambiental y climática, aunque una débil capacidad de acción para tomar medidas de control, punitivas o preventivas que faciliten efectivizar los objetivos de conservación o gestión establecidos. Tanto es así que, en el año 2020, el MINAM mandó que una consultora independiente evalúe la Estrategia Nacional de Cambio Climático 2015-2021. Se halló lo que era previsible desde su lanzamiento: que las medidas, indicadores y objetivos no eran mensurables y plausibles de evaluar por carecer de metas e instrumentos de seguimiento mínimos para hacerlo, ocasionando que la presentación de documentos y la introducción de oficinas de cambio climático en los diferentes sectores del Estado sean de los pocos elementos verificables; sin embargo, la mitigación, adaptación, aumento de la financiación, protección y medición de la acidificación del mar, el control de la deforestación, la contabilidad de pérdidas y daños, entre otros, son factores que desconocemos. Se ha perdido una ventana de más de seis años de oportunidades para que el Estado peruano se ponga al día en sus inventarios y las acciones más urgentes del sector desde que se firmó el Acuerdo de París.

Esto, que ya fue denunciado en su momento por la sociedad civil, parece no ser de interés para el Estado. Es imprescindible, ante la gravedad de la situación, que se desarrollen informes anualizados o periódicos con síntesis verificables sobre los avances en la reducción porcentual de emisiones de gases de efecto invernadero asociados a las políticas directas del Estado, y que se pueda dar cuenta de la metodología para la implementación de los recursos y el alcance de metas de corto y mediano plazo.

Quizá un indicador que muestra palpablemente la carencia de información actualizada sea nuestro último *Informe bienal de actualización del Perú sobre gases de efecto invernadero*, que debería ser actualizado cada dos años, como su nombre lo indica; sin embargo, la más reciente entrega fue incluida en los archivos de las Naciones Unidas en 2019 con data no actualizada desde 2014. Es decir, nuestros inventarios se encuentran muy desactualizados, lo cual hace difícil tomar decisiones sobre las medidas urgentes necesarias para hacer frente al cambio climático.

No obstante, y aunque puede resultar desalentador, no estamos en un desierto en cuanto a políticas climáticas. Hoy contamos con una base de políticas que nos dan un referente para el trabajo inmediato. Entre las principales podemos contar:

- 1 El Acuerdo de París, que fue firmado y ratificado por el Estado peruano
- 2 Las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) de Perú
- 3 La Ley Marco sobre Cambio Climático y su Reglamento (LMCC), Ley N.º 30754
- 4 La Estrategia Nacional de Cambio Climático (y los planes regionales y locales)
- 5 El Plan Nacional de Género y Cambio Climático

En este marco de política, no existe una planificación, método, metas u objetivos que pretendan desvincularse de la exploración, extracción, importación, distribución y quema de los combustibles fósiles; es más, apenas se habla del tema. Si bien es cierto que se reconoce el problema e, incluso, dentro

del discurso oficial se menciona la crisis climática, las pérdidas de área boscosa, la fragilidad ambiental y la contaminación, hace falta dar el salto en la política pública para plantear estándares de calidad ambiental (ECA) del agua, aire y suelo, que incorporen a los ya existentes de reducción de gases de efecto invernadero para la preservación de los ecosistemas y la salud humana. Además, se deben incorporar objetivos claros de descarbonización, reduciendo y eliminando lotes ofertados actualmente por el Estado, y que esto sirva como contribución del Perú para la construcción de un tratado multilateral de no proliferación de combustibles fósiles. Esto podría empezar a discutirse como iniciativas nacionales dentro de los dos bloques de negociación en las conferencias de las partes de las Naciones Unidas sobre cambio climático de las que Perú es parte: el G77+China y la Asociación Independiente de Latinoamérica y el Caribe (AILAC). Un tratado de no proliferación anclado en experiencias y una alianza del sur global podrían brindar las bases para una real descarbonización multilateral y acelerada.

Sin embargo, en este marco, los instrumentos peruanos de política para la promoción de energías renovables son reducidos y en todos los casos no pretenden reemplazar a los combustibles fósiles, sino ampliar el mercado de generación de energía. Se ven exclusivamente como una oportunidad de inversión más que como una política de Estado de transición energética. El Decreto Legislativo N.º 1002, de Promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el Uso de Energías Renovables, emitido el 2 de mayo de 2008, lo refleja claramente. Esto pone además en contexto que es importante tener una perspectiva política de cambio, que claramente modifique la dirección de la inversión y el crecimiento y plantee objetivos de desarrollo libres de carbono; asimismo, que profundice las democracias territoriales y así se puedan esclarecer los motivos, tipos y territorios donde se desea ampliar o incursionar en la generación de energías renovables no convencionales.

Finalmente, es importante decir que además de no existir políticas de desinversión, de promoción de la transición energética o que busquen dejar los combustibles fósiles bajo tierra, en el caso de los combustibles fósiles el Estado peruano

no cumple con los estándares en los procesos de prevención. Así lo ha admitido, argumentando políticas de austeridad, por las cuales se deja de dar mantenimiento al Oleoducto Norperuano, motivo que ha producido un gran porcentaje de los derrames en los últimos años:

Los abogados Juan Carlos Ruiz Molleda y Adán Cassia Córdova señalan que el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) ha acreditado que Petroperú no le dio mantenimiento al oleoducto en tres casos. Son los casos de Cuninico, Morona y Chiriaco, donde se produjeron derrames, y la OEFA halló responsabilidad administrativa de Petroperú, efectivamente, por no darle mantenimiento al Oleoducto Norperuano. Petroperú, además, reconoció que no cumplió con darle mantenimiento al oleoducto, como lo ordena su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA), debido principalmente a "limitaciones económicas impuestas por políticas de austeridad". Esta situación ha ocasionado el deterioro severo del oleoducto y, como consecuencia, la afectación de los derechos constitucionales de los miembros de decenas de comunidades nativas aledañas. (SERVINDI, 2022c)

## **Las contradicciones del gas de Camisea**

A pesar de que se nos ha vendido la extracción y consumo del gas natural como algo bueno para la atmósfera, la verdad es que más del 80 % de su composición es un combustible fósil de gran capacidad de almacenamiento de calor: el metano, que puede tener hasta 38 veces la potencialidad de retener calor que una cantidad similar de CO<sub>2</sub>. Solamente durante el año 2021, las filtraciones de metano a la atmósfera y sus contribuciones al fenómeno del cambio climático planetario fueron de 180,000 millones de metros cúbicos. De acuerdo a la Agencia Internacional de Energía, "eso es el equivalente a todo el gas utilizado en el sector europeo de producción de electricidad" (IPS, 2022b).

Desde que se inició en el 2004 la explotación del gas de Camisea y hasta la fecha, el denominado "gas natural" se ha convertido en el principal combustible fósil de explotación y consumo interno en el Perú. Se emplea tanto

para la generación eléctrica y el transporte como para uso doméstico, en particular para la cocción de alimentos. Por los compromisos asumidos por el Estado peruano, el gas podría usarse, con su masificación entre las familias peruanas, para permitir una transición acelerada, verificable y eficaz a una matriz energética limpia, aportando a una política energética nacional que estimule la generación de energías renovables y al mismo tiempo suministre energía a los hogares de todo el sur andino en el corto plazo. Sin embargo, en los últimos 18 años de explotación, no se ha dado paso alguno en esta dirección.

El Plan Energético Nacional 2014-2025 establece que la evolución de la demanda del gas natural, de acuerdo a los escenarios que evalúa, estará ligada a la construcción de nuevas unidades de generación termoeléctrica, al desarrollo industrial nacional y al uso vehicular del gas. Asimismo, se espera que la masificación del gas natural se haga realidad con la construcción de una red nacional de gasoductos y de redes de distribución en ciudades. Se prevé que el consumo de gas natural en 2025 alcance unos 1900 millones de pies cúbicos por día (MMPCD), en el escenario base conservador, o unos 2400 MMPCD, en el escenario alternativo optimista.

Sin embargo, el gas de Camisea, al ser un combustible no renovable, no tiene la capacidad de lograr nuestra soberanía energética a largo plazo antes de agotarse. Por el contrario, estimula la dependencia a una fuente que tendrá que importarse desde el momento en que lleguemos al cenit de su extracción. Como lo ha señalado el sector, de acuerdo a los ajustes hechos en la estimación de nuestras reservas al 2018, estas se redujeron a 10.6 trillones de pies cúbicos (TCF) frente a los 12.9 TCF estimados en 2017. Es decir, nuestras reservas son, por definición, cada vez más limitadas en el tiempo.

El Estado peruano, a través del presidente de la República, Pedro Castillo Terrones, anunció ante las Naciones Unidas la neutralidad en carbono de nuestro país al 2050, ampliando así lo ya declarado en diciembre del 2019 por el expresidente Francisco Sagasti, cuando, este último, anunciara la elevación de la ambición de nuestras Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) que deberán mitigar el 40 % de la emisión de nuestros gases de efecto invernadero (GEI) para el 2030.

Eso establece retos y perspectivas a los que todos los sectores del Estado deben contribuir y en los que el sector energético, y en particular el gas, puede y debe ser un eje central.

La masificación del gas natural, en ese sentido, tiene dos caminos: puede transformarse en una nueva dependencia a un combustible fósil o, por otro lado, puede brindarnos un combustible de transición y su nacionalización puede ser la oportunidad de generar mecanismos de incentivo acelerado a las energías renovables no convencionales y al aprovechamiento de nuestros recursos eólicos, solares y geotérmicos en el norte, centro y sur del país.

Al cierre del 2018, en casi una década y media del inicio de la explotación, apenas el 8 % de la población nacional contaba con gas natural entubado en sus viviendas; es decir, apenas 847,954 hogares conectados.

El Consorcio Camisea está contratado para explotar el gas hasta el 2040 y con él producir el 40 % de la electricidad del país. Sin embargo, es de esperarse que, para ese momento, buena parte de todo el gas existente en nuestras reservas ya se haya consumido y que para la utilización de la infraestructura construida sea necesario empezar a importar el gas para reemplazar la cantidad inexistente en territorio nacional.

## ESCENARIOS INMEDIATOS Y FUTUROS DE LA DESCARBONIZACIÓN

### La coyuntura

Como se puede empezar a deducir, no estamos ante el mejor contexto a nivel nacional o global para enfrentar el cambio climático. De acuerdo a la Agencia Internacional de Energía (AIE), las emisiones de gases de efecto invernadero y en particular de CO<sub>2</sub> generadas por el sector energético alcanzaron su nivel más alto de la historia en el año 2021, llegando a liberar a la atmósfera hasta 36,300 millones de toneladas de este gas. Según la AIE, "el aumento de 6 %, más de 2000 millones de toneladas métricas (TM), fue el mayor de la historia en términos absolutos, y compensa con creces la disminución inducida por la pandemia en 2020" (IPS, 2022b).

Al mismo tiempo, la AIE sostiene en su informe 2021 que es necesario dejar el petróleo lo antes posible y que el proceso de transición energética va más lento de lo que podría (AIE, 2021a).

Es importante decirlo: existe una enorme cantidad de alternativas para evitar la elevación de la temperatura promedio en el planeta; sin embargo, la perspectiva política de cambio se encuentra lejos de dar el golpe de timón necesario para modificar las estructuras de los sectores económicos y parece débil frente al poder de las corporaciones petroleras y extractivas en el planeta. Como bien lo señala la *Fossil Fuel Exit Strategy*:

Esta transición no solo es necesaria, sino que es totalmente factible. De hecho, todas las regiones tienen suficiente energía renovable para proporcionar acceso a la energía a todos utilizando las tecnologías existentes. Es posible cumplir el doble reto de eliminar los combustibles fósiles y aumentar el acceso a la electricidad, a la velocidad requerida, mediante la ampliación de las energías renovables. (Teske y Niklas, 2021)

Mientras se editaba este documento, los escenarios adversos convergían. Por un lado, la crisis bélica iniciada por la invasión de Rusia a Ucrania ha puesto al mundo en una carrera armamentística nueva y ha disparado el precio del petróleo. Por el otro, el sexto informe del IPCC y los tres informes especiales del 2018 y 2019 nos advierten de los estrechos márgenes en los que se mueven las posibilidades de evitar una catástrofe climática con la "normalidad" que nos acompañaba hasta el 2021, pandemia incluida.

Mientras tanto, la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) y otras 10 naciones productoras, entre ellas Rusia, planifican incrementar la extracción de petróleo en 400,000 barriles diarios (bd) durante el 2022, lo cual se añadiría a los más de 100 millones de barriles que se utilizan en el planeta en este momento. Esto intenta estabilizar el precio de este combustible fósil, que con la crisis se encuentra oscilando entre los 103 y 111 dólares, lo cual se considera un récord no superado desde el 2013. Casi al mismo tiempo, la Agencia Internacional de Energía tomó la decisión de poner en el mercado 4 % de sus reservas de petróleo; es decir, 60 millones de barriles adicionales.

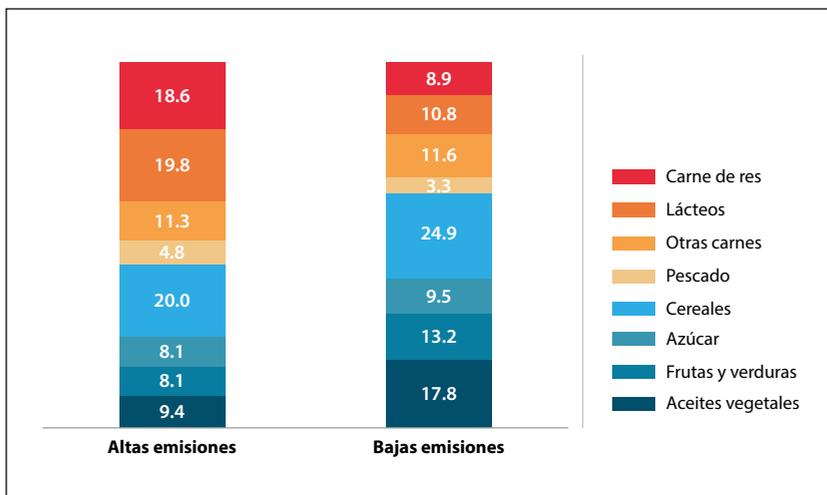
Paralelamente, esto ha empezado a hacer que cambie el precio de los alimentos en el planeta, rubro que durante los dos primeros años de la pandemia de la COVID-19 ya había debilitado nuestra capacidad de respuesta por la pobre soberanía alimentaria que mantiene el Estado peruano y, en particular, por el desamparo de los productores ante crisis combinadas. Es importante mencionar que la principal causa de una posible crisis alimentaria en el planeta, además de la crisis climática regionalizada que pueda presentarse, es la vinculación que tiene el petróleo con la producción masiva de alimentos y el uso de fertilizantes, pesticidas, en particular en los monocultivos, y agrotóxicos, omnipresentes en nuestra dieta. Al cierre de febrero, el índice de precios internacionales de alimentos superaba los 140 puntos, el nivel más alto de todos los tiempos, elevándose cinco puntos en solo un mes (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2022). Según el portal *Alimentos y Poder*:

El trigo, el maíz, el arroz, la soja, el girasol, la cebada, el aceite, los lácteos, la carne, entre otros, siguen una escalada histórica de los precios, con gran inestabilidad y volatilidad, asociados inicialmente al aumento de la energía, particularmente, por la recuperación de los precios del petróleo, y ahora, espoleados por la guerra. (Sánchez, 2022)

Además, es importante recordar que Rusia es el segundo país con mayor producción de fertilizantes del planeta, el cuarto de fosfatos y el segundo de potasio. Casi al mismo tiempo, Europa promueve la denominación de la energía nuclear y el gas como "energías verdes". Con ello, se da un golpe a la transición hacia energías limpias, postergando políticas más audaces y presupuestos más robustos que mejoren el ingreso de fuentes solares, eólicas o geotérmicas en la matriz energética mundial.

Nuestra mirada a la transición energética justa debe velar por cambiar la matriz y las fuentes de energía, así como descarbonizar nuestros alimentos y posibilitar mejorar la calidad de nuestra alimentación, salud y trabajo. Si lo pretendemos, existen escenarios que no transgreden dramáticamente nuestra dieta histórica y protegen nuestros ecosistemas.

**Gráfico 2.3.** Estructura de gastos medios en alimentos en América Latina y el Caribe en 2030 en los escenarios de descarbonización y de altas emisiones (porcentaje de gastos en alimentos)



Fuente: Saget et al. (2020)

## La crisis climática

El 28 de febrero del 2022, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) lanzó un nuevo reporte sobre adaptación e impactos del cambio climático en el planeta, haciendo un valioso hincapié en los territorios y en algunas diferencias que existen entre ellos, como por ejemplo que en la década del 2010 la mortalidad causada por inundaciones, tormentas y sequías fue 15 veces mayor en las regiones más vulnerables a los cambios del clima que en las que menos lo son. La descarbonización de nuestras economías no depende ahora solamente del interés político, sino de la necesidad económica de evitar la profundización de las crisis humanitarias inminentes en algunos territorios en todos los rincones del planeta.

Lo que el IPCC denomina *adaptation gaps* o “brechas en la adaptación” empieza a tener un equilibrio en la línea que separa a la adaptación en sí misma de lo que se presenta como el debate de las “pérdidas y daños”; es decir, de aquellos elementos en nuestros ecosistemas y territorios que cambiarán

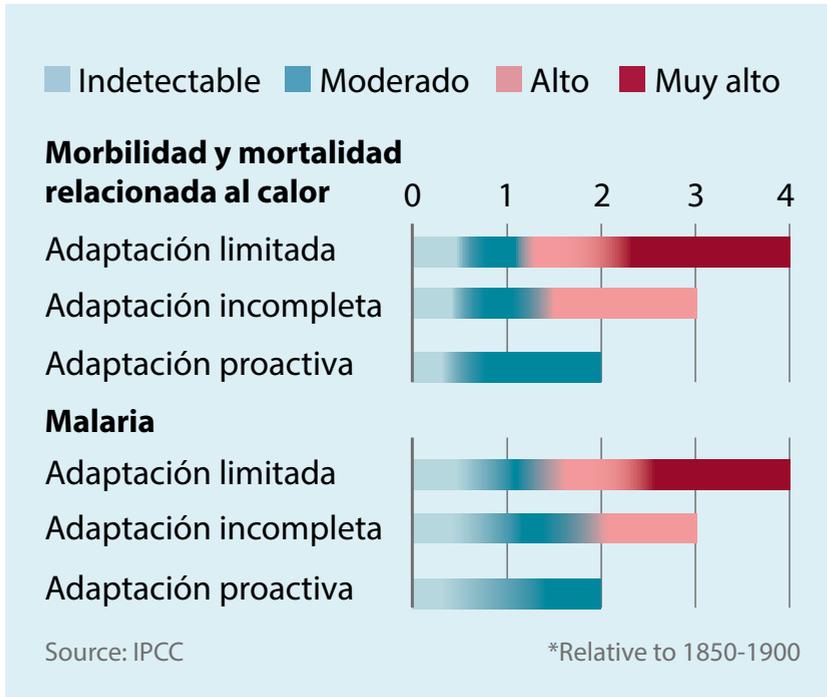
tanto a raíz de los impactos del cambio climático que las posibilidades de que sus ecosistemas, y las poblaciones que viven en ellos, logren encontrar fórmulas de adaptación no son posibles sin perder la esencia misma del territorio y los ecosistemas que lo habitaban previamente. En otras palabras, se trata de una intensa degradación ambiental y social.

Ejemplo de esto son las zonas de sabanización de la Amazonía o aquellas que cambiarán sus formas de agricultura, considerando las modificaciones geográficas, o se harán menos habitables por el incremento de enfermedades. Sobre esto último, la elevación de las temperaturas también traerá un menor índice en la capacidad productiva de los agricultores, al excederse la tolerancia humana a altas temperaturas y por la diseminación de enfermedades endémicas como la malaria, el dengue, la chicungunya, entre otras.

Este análisis de la brecha de adaptación debería dialogar con los excesos en la producción, tanto de combustibles fósiles como de mercancías, y plantear economías de equilibrio en las que la sostenibilidad del planeta y los ecosistemas sean el eje de la planificación, crecimiento o desarrollo de las sociedades futuras, modificando los conceptos y enfoques ideológicos que envuelven a estos términos para que sean útiles a una nueva economía poscarbono.

Otro ejemplo sobre lo antes dicho es que, en el escenario de elevación de 1.5 °C de la temperatura promedio del planeta, el número de especies terrestres o de agua dulce en muy alto peligro de extinción estaría alrededor del 14 %. El informe del IPCC no solamente resalta que deben darse mayores esfuerzos de adaptación en los diversos territorios, sino que deben hacerse esfuerzos de buena calidad, ya que se tiene que pensar en respuestas que miren a largo plazo. Además, advierte de los riesgos de una "mala adaptación", que puede hacer más daño que beneficio. Esto recuerda a los "presupuestos de emergencia" que en nuestro país suelen activarse ante fenómenos de El Niño, muchos de ellos ejecutados en muros de contención en zonas de riesgo y en las riberas de los ríos, lo cual justamente es señalado de manera explícita por el IPCC como "la mala adaptación", pues deberían priorizarse plantaciones y la ampliación de medidas naturales para prevenir estos desastres en el largo plazo.

**Gráfico 2.4.** Riesgo sanitario bajo escenarios de adaptación climática (según aumento de la temperatura de la superficie en °C con respecto a 1850-1900)



Fuente: *The Economist*

En este sentido, existen numerosos documentos que plantean la descarbonización bajo diferentes escenarios; es decir, la transición hacia economías y formas de producción diferentes, dependiendo de la región del planeta en la que uno se encuentre y como señalan Saget *et al.* (2020) bajo premisas que impliquen:

- 1 Descarbonizar la producción de electricidad (p. ej., mediante el uso de energías renovables).
- 2 Emprender una electrificación masiva (p. ej., mediante el uso de calderas y vehículos eléctricos) y, cuando esto no sea posible, hacer la transición hacia combustibles más limpios (p. ej., hidrógeno o biocombustibles producidos de manera sostenible).

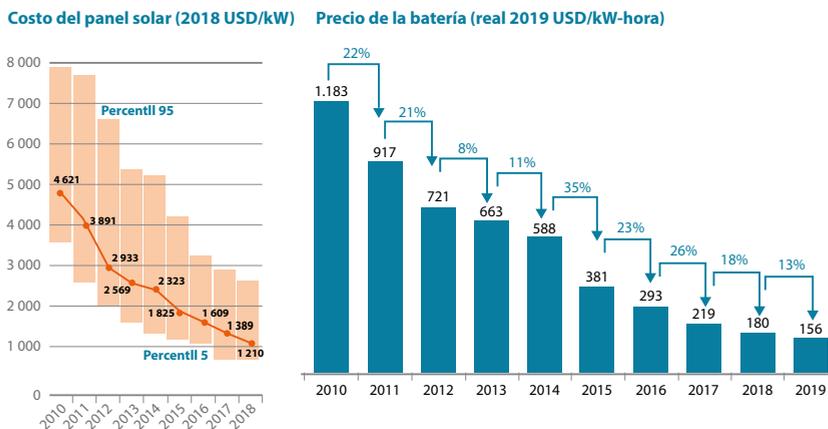
- 3 Mejorar drásticamente el transporte público y habilitar el transporte no motorizado como la bicicleta o la caminata.
- 4 Preservar y aumentar los sumideros naturales de carbono, en particular los bosques y otros ecosistemas con altas reservas de carbono, como algas marinas y manglares. Las plantas capturan el carbono de la atmósfera a medida que crecen, ayudando a compensar las emisiones de fuentes difíciles de reducir y haciendo posible alcanzar emisiones negativas netas después del 2050.
- 5 Mejorar la eficiencia y reducir los residuos en todos los sectores, en particular los derivados del consumo de energía y alimentos. Se ha de empezar a utilizar materiales de construcción menos intensivos en carbono (p. ej., materiales reciclados o madera producida de forma sostenible en lugar de cemento) y hacer cambios en las dietas (p. ej., reducir el consumo de carne de res). Una gestión de residuos mediante un enfoque económico circular (producción-utilización-servicio-reutilización) puede ayudar a reducir las emisiones en todos los sectores.

Ninguna de estas alternativas se encuentra el día de hoy en camino de ser implementada de manera correcta, tomando en cuenta metas medibles y mecanismos de seguimiento que en el mejor de los casos se hayan mencionado o esbozado en documentos oficiales.

## El precio solar

Entre 2010 y 2017, el costo promedio mundial de la generación de electricidad con nuevas plantas fotovoltaicas se redujo en un 75 %, abaratado incluso en la medida de que los Estados desarrollen políticas de promoción diversas que implicarían la incorporación y diversificación de generadores de energía, reducción de impuestos para instalaciones domiciliarias, promoción de inversiones medianas y pequeñas, estímulos arancelarios, entre muchas otras.

## Gráfico 2.5. Disminución de los costos de las baterías y las energías renovables



### Nota

Izquierda: costo promedio de la nueva capacidad de generación de energía fotovoltaica a nivel mundial 2010-18, en USD por kilovatio instalado (IRENA, 2019)

Derecha: costo promedio mundial de la batería, 2010-19, USD por kilovatio/hora instalado (BNEF, 2019).

Fuente: IRENA y BNEF

## De acuerdo al BID y la OIT:

Desde el punto de vista técnico y económico, es viable aumentar las energías renovables en América Latina y el Caribe. El escenario energético mundial de la Agencia Internacional de Energías Renovables, coherente con los objetivos del Acuerdo de París, prevé que hacia mediados de siglo el 93 % de la electricidad provendrá de fuentes de energía renovable en la región. (IRENA, 2020, citado por Saget *et al.*, 2020)

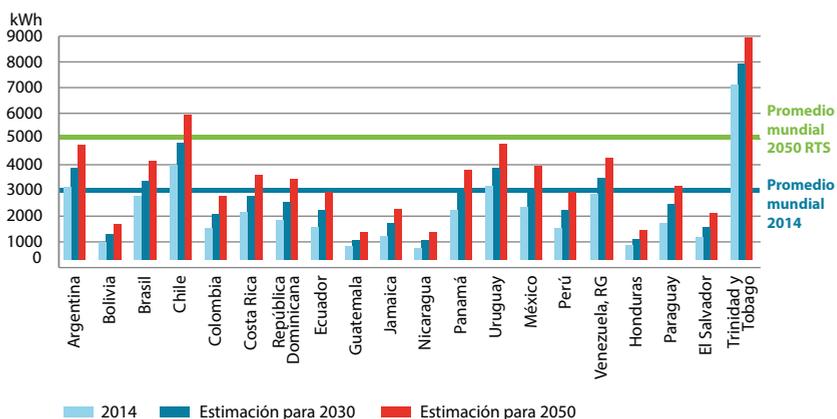
Los problemas de estabilidad de la red son importantes, pero se pueden solucionar con la tecnología existente (*idem*). América Latina y Caribe podría obtener hasta un 80 % de energías renovables de manera asequible, haciendo uso de los abundantes recursos eólicos y solares, mientras su costo siga disminuyendo, y utilizando la energía térmica y las grandes hidroeléctricas existentes (siempre que las condiciones hidrométricas sigan siendo favorables) como medios para equilibrar el sistema. (Paredes, 2017, citado por Saget *et al.*, 2020)

En materia de creación de empleo, un escenario de transición mundial hacia la sostenibilidad ambiental en el sector energético, que limitaría el calentamiento global a 2 °C, generaría una creación neta de 18 millones de puestos de trabajo en todo el mundo para 2030, de los cuales tres millones estarían en las Américas. (OIT, 2018, citado por Saget *et al.*, 2020)

Además, se tiene que considerar que el Perú tiene ya su propio atlas de energía, solar y eólica, y localizados sus centros óptimos de generación de energía geotérmica. Ello puede facilitar el impulso de las transiciones, la instalación de una industria de fabricación de insumos o ensamblaje final de productos y la ampliación de fuentes de trabajo en distintos niveles del proceso productivo, contando con fuentes óptimas y complementarias.

Sumado a lo anterior, hay que considerar que justamente el hecho de que nosotros no somos una nación con una matriz energética grande, sino más bien pequeña, hace posible gestionar y pasar de manera más fácil y eficiente a energías limpias, tomando en cuenta que nuestro consumo por habitante se encuentra lejos de ser importante. El ser pequeños eléctricamente nos da en esta oportunidad ventajas comparativas y competitivas únicas.

**Gráfico 2.6.** Consumo de electricidad per cápita en 2014 (en kWh-hora) y proyecciones para 2030 y 2050



Fuente: Saget *et al.* (2020)

## PENSAR NUESTROS FUTUROS POSIBLES

Las organizaciones sociales, los movimientos por los derechos humanos y los pueblos indígenas y originarios son fundamentales para repensar la democracia en un mundo que enfrentará un cambio de clima agresivo y sin precedentes. La posibilidad de organizarnos desde las bases depende de nuestra participación en la vida comunitaria y de enfrentar los intereses existentes para que ello no suceda. Tal como lo manifiestan Emma E. Garnett y Andrew Balmford, en un artículo publicado por *Nature*:

La lucha contra el cambio climático y ecológico a menudo se enmarca como responsabilidad de los individuos o de los Gobiernos nacionales. Las organizaciones, que son intermedias en tamaño e influencia, tienen un enorme potencial para implementar políticas efectivas. [...] Además de los efectos directos, las prácticas más sostenibles adoptadas por las organizaciones pueden generar efectos indirectos positivos y ayudar a cambiar normas sociales más amplias, aumentando la escala de lo que los Gobiernos y las personas perciben como factible. Los activistas que hacen campaña por el cambio podrían tener más éxito centrándose en los responsables de la toma de decisiones en las organizaciones en lugar de tratar de persuadir a las personas de una en una para que cambien su comportamiento. El activismo dirigido a los Gobiernos también es esencial, y el cambio organizacional a nivel subnacional puede hacer que el cambio nacional sea más probable. (Garnett y Balmford, 2022)

### La desigualdad en la crisis climática

Vivimos en un mundo profundamente desigual y eso se manifiesta de diversas formas. Económicamente, eso es fácil de percibir a lo largo y ancho del planeta, así como en nuestro continente y en las sociedades más cercanas. Sin embargo, las desigualdades en la contaminación y emisión de gases de efecto invernadero no suelen estar presentes de la misma forma en los medios de comunicación.

Hay diferencias entre clases sociales, poder adquisitivo y concentración de privilegios. La idea de un tratado de no

proliferación de combustibles fósiles debe tocar esto a nivel local y desarrollar las políticas, mecanismos, estándares e instrumentos que promuevan la equidad en el goce de derechos y la reducción de impactos, en proporciones necesarias para democratizar las sociedades, así como para hacerlas más justas. He ahí la importancia de que las nuevas políticas nacionales de ambiente definan la justicia climática como eje para la promoción de la equidad y la democracia en una sociedad estresada por la crisis climática.

De acuerdo al Laboratorio de Desigualdades Globales, "abordar las grandes desigualdades en las emisiones de carbono es esencial para abordar el cambio climático" (Chancel *et al.*, 2021). En países como Argentina, México, Chile o Brasil, el 10 % de las personas más ricas contamina hasta 700 % o 1000 % más que la mitad más pobre de sus respectivas sociedades.

La huella media de gases de efecto invernadero per cápita en Argentina es igual a 6.5 tCO<sub>2</sub>e. El fondo 50 %, medio 40 % y superior 10 % eran en promedio responsables de 3.5, 7 y 19 tCO<sub>2</sub>e per cápita en 2019, respectivamente. Las emisiones promedio son altas en comparación con otros países latinoamericanos (el consumo medio de GEI per cápita en Brasil es igual a 4.6 tCO<sub>2</sub>e) pero menor que en países de altos ingresos como Alemania, Canadá y Japón (alrededor de 11-19 toneladas) (*idem*).

La huella media de gases de efecto invernadero per cápita en Brasil es igual a 4.6 tCO<sub>2</sub>e. El fondo 50 %, medio 40 % y superior 10 % son en promedio responsables de alrededor de 2, 4.5 y 18 tCO<sub>2</sub>e/cápita, respectivamente. Las emisiones medias son inferiores a Argentina (6.5 tCO<sub>2</sub>e) y Europa. Brasil tiene un lugar muy específico en las políticas de mitigación climática por la importancia de la selva amazónica en su territorio. Al representar la mitad del bosque húmedo en el mundo, la deforestación de la Amazonía coloca a Brasil en el centro de la lucha ambiental mundial. Estudios recientes sugieren que el bosque está a punto de convertirse en una fuente de emisiones de carbono, en lugar de un sumidero de carbono (*idem*).

Como era de esperarse, las desigualdades de carbono en Chile también son muy altas. El consumo medio de carbono es

de alrededor de 6 tCO<sub>2</sub>e/cápita. Mientras que el 10 % superior emite en promedio 26 toneladas cada año, el 50 % inferior y medio 40 % emiten respectivamente tres y seis toneladas. Entre 1990 y 2011, el promedio de huella de carbono en Chile pasó de 3.7 toneladas a 6.3 toneladas. Desde entonces, se ha estabilizado.

Las desigualdades de carbono también son muy altas en México. Las emisiones de carbono promedio son iguales a alrededor de cinco toneladas per cápita. Mientras que el 50 % inferior de la población emite menos de 2 tCO<sub>2</sub>e/cápita, las emisiones del 10 % superior de la población son más de 10 veces mayores (20 tCO<sub>2</sub>e/cápita). Estos niveles de las desigualdades son significativamente más altos que en Brasil (donde el 10 % superior de la población emite ocho veces más que el 50 % inferior y comparable con China).

Las desigualdades sociales en emisiones de carbono, o -por decirlo de otra forma- en la contaminación por gases de efecto invernadero que ocasionan el fenómeno del cambio climático, se observan en la misma tendencia en todo el planeta, y es especial la ampliación de las desigualdades en América Latina.

A pesar de no existir datos del Perú, podemos inferir, sin miedo a equivocarnos, que seguimos la ruta de América Latina.

Son las clases altas las que mayores responsabilidades tienen al contaminar nuestro ambiente a partir de su excesivo consumo, no solamente individual sino colectivo; es decir, como clase, tienen requerimientos especiales de infraestructura, mano de obra, insumos y recursos para sostener un estilo de vida opulento.

En ese sentido, si bien es cierto que el país en su conjunto no es responsable del fenómeno del cambio climático, la clase alta global sí lo es y sobre ella también debería ejercerse un control y mecanismos de justicia climática, para que pague por lo que implica su daño ambiental y social y no sea la sociedad en su conjunto la que ejerza esta subvención irresponsable. Es importante darse cuenta de que estos cambios se enfrentarán con una firme y poderosísima oposición de estos grupos influyentes o claramente dueños de los medios de producción en las sociedades como las peruanas, por lo que las estrategias

de democratización deben también plantear a estos sectores límites en su poder e influencia, en muchos casos dictatoriales y en contra de los intereses de la nación.

Ya muchos estudios hablan de esto. En noviembre de 2021, un informe de Oxfam nos advirtió que el 1 % más rico de la humanidad tendrá en 2030 una huella de carbono 30 veces superior a la necesaria para cumplir con el Acuerdo de París (Domínguez, 2021); es decir, 30 colapsos planetarios. Hay superemisores en países de ingresos bajos y medianos, así como existen bajos emisores en países ricos. Detener el cambio climático implica también terminar con las desigualdades, los privilegios, el consumo absurdo y suntuario y la excesiva riqueza.

Tenemos la oportunidad de empezar a transformar el diseño de las políticas públicas nacionales incorporando enfoques de justicia climática en los impuestos, elevando aquellos que emitan, en su producción y uso, un mayor contenido de gases de efecto invernadero y sean un lujo que sea pagado con el clima de toda la sociedad.

Mientras que Bolivia<sup>3</sup> y Ecuador<sup>4</sup> han reconocido en sus respectivas constituciones hace más de una década los derechos de la naturaleza, Panamá los acaba de reconocer a través de una ley el pasado 24 de febrero<sup>5</sup>. Esta norma reconoce “los derechos de la naturaleza y las obligaciones del Estado relacionadas con estos derechos”, lo cual amplía el debate sobre la posibilidad de mejorar la garantía de derechos humanos, en particular a la vida y al ambiente sano, reconociendo en la estructura normativa a la naturaleza y la interacción que tenga con las sociedades humanas no solamente para ser explotada sino para que ambas sean preservadas para su futura existencia y ciclos vitales.

---

<sup>3</sup> Ley de los Derechos de la Madre Tierra (Ley N.º 071) en 2010 y la Ley de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien (Ley N.º 300) en 2012.

<sup>4</sup> Ecuador codificó los derechos de la naturaleza (Pachamama) en su Constitución en el 2008.

<sup>5</sup> Ley N.º 287. Ley que reconoce los derechos de la naturaleza y las obligaciones del Estado relacionadas con estos derechos (24 de febrero de 2002). [https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29484\\_A/GacetaNo\\_29484a\\_20220224.pdf](https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29484_A/GacetaNo_29484a_20220224.pdf)

Así, no solamente debemos avanzar en el cumplimiento de estos derechos sino reconocer que deben ser respetados y protegidos de megaprivilegios y sus megaprivilegiados con enormes capacidades contaminadoras y que aportan poquísimos beneficios a la sociedad.

## **El movimiento climático global y el derecho a un mundo sin petróleo**

El movimiento social en el Perú se ha caracterizado en las últimas tres décadas por su fragmentación y debilidad frente a los poderes de grandes capitales. Las organizaciones y movimientos climáticos son expresiones recientes que aglutinan a muchas fuerzas y revelan sus luchas por la defensa de sus territorios, por la conservación de sus medios de vida y ecosistemas, así como modifican el discurso históricamente reivindicativo de derechos laborales o económicos para dar valor a conocimientos, cultura, ambiente, alimentación y vida plena.

134

Este cambio de lecturas en el Perú se da apenas desde la década del 2010 y va aportando a la construcción de una nueva generación de activistas y militantes de organizaciones sociales de base, permitiendo un encuentro intergeneracional que pueda curar las heridas de la década de la "antipolítica" de los 90 y el daño que hizo la dictadura fujimorista a las comunidades y personas.

En las grandes ciudades, el movimiento climático se caracteriza por tener rostro joven y estar interesado por los acontecimientos de la realidad concreta mucho más que por factores teóricos o ideológicos, y la defensa del territorio enlaza el campo y la ciudad y brinda un enfoque ecosistémico desde donde parte una lectura de la economía y no al revés. De la misma forma, la conciencia de la crisis climática en el planeta ha traído el surgimiento de organizaciones como Fridays For Future o Extinción Rebelión, que instan a todas las personas a rebelarse contra el mal gobierno y transformar su sociedad en un llamado desde la ciencia y la ciudadanía para cambiar profundamente la relación que tenemos con nuestro entorno, pidiendo reparación, justicia climática y social, así como el dejar el combustible fósil bajo tierra.

A diferencia de las generaciones pasadas, la utopía actual le teme al futuro, los jóvenes ven con desconfianza las posibilidades de disfrutar de un ambiente más sano en su propia generación y la resistencia se hace una necesidad. La famosa expresión inglesa de *business as usual* o “las cosas como siempre” no es una opción al momento que todo el orden natural se derrumba y el sentir popular plantea que los Gobiernos no están haciendo, ni de lejos, lo necesario para prevenir una catástrofe climática. El sentimiento de que lo que prometió el neoliberalismo hace 30 años, sobre prosperidad y libertad para todos, no se ha cumplido.

En otros países, como empieza a ser en el nuestro, las nuevas protestas, movimientos y acciones para reclamar justicia climática están relacionadas interseccionalmente con luchas feministas, antirracistas, de derechos de pueblos indígenas, intergeneracionales, así como luchas en terreno judicial, político y económico por la justicia climática, para defender territorio para reclamar la suspensión de lotes de petróleo entregados sin consulta previa o demandar al Estado por el incumplimiento de obligaciones. La democracia de “baja intensidad” que vive el Perú, y que fragiliza continuamente las instituciones de defensa, vigilancia o control, hace que esta labor sea difícil.

La descarbonización del sistema energético requerirá en el futuro inmediato escalar el desarrollo de mecanismos políticos, económicos, sociales e incluso culturales, lo cual implica a todas las fuerzas vivas del planeta; sin embargo, el movimiento social será particularmente importante para cambiar las narrativas y significados.

En este camino, ningún país por sí solo puede detener o solucionar el problema, por lo que la diplomacia y el diálogo multilateral son considerablemente importantes, tanto en las alianzas entre ciudades, países, academia o movimientos sociales. En ese sentido, instrumentos como un tratado de no proliferación de combustibles fósiles puede servir de guía para transformar nuestras matrices energéticas, pero sobre todo para detener las emisiones globales de gases de efecto invernadero de manera rápida y efectiva, y evitar el anclaje de grandes inversiones en petróleo, carbón o gas en las próximas décadas. El objetivo es, claramente, constituir una matriz

energética mundial basada 100 % en energías renovables no convencionales y evitar superar los 1.5 °C de elevación de la temperatura promedio global.

El lado positivo es el potencial de estas energías, en particular la solar, eólica y geotérmica, pues son abundantes, baratas y accesibles para todas las sociedades del planeta. Por ello, la humanidad tiene que hacer una elección fácil, pero iniciar un proceso político sumamente complejo, que deberá movilizar a todas las fuerzas vivas hacia transformaciones que contradigan al sistema económico imperante.

## CONCLUSIONES

El Perú no es un país petrolero, gasífero y mucho menos productor de carbón; sin embargo, es profundamente dependiente de los combustibles fósiles que limitan su desarrollo, excluyen a partes importantes de su población y dañan sus ecosistemas. Al mismo tiempo, solo un pequeño sector se beneficia ampliamente de su extracción y deja los pasivos a ser socializados por el país en su conjunto.

El impacto de los hidrocarburos en el Perú no se limita estrictamente a los gases de efecto invernadero que se emiten en su quema para la generación de energía, sino que pasan por los derrames en su exploración, extracción, transporte y consumo final.

Asimismo, no debe perderse de vista que hacernos dependientes del gas natural no es el remedio para la dependencia del petróleo, al ser ambos fósiles igualmente perniciosos para nuestra soberanía nacional. Lo óptimo sería actualizar nuestro Plan Energético Nacional 2014-2025 en base a un proceso de transición energética en el contexto de la crisis climática, que nos conduzca a una ruta a la descarbonización y a una matriz energética limpia, justa y sostenible; además, tener claro el rol que tendrá en el futuro inmediato el gas de Camisea, sabiendo que en pocos años dejará de existir como fuente de energía.

La transformación de nuestra matriz pasa por la electrificación de nuestro transporte y el cambio en las

ciudades por sistemas multimodales, abriendo rutas mucho más humanas y amigables para el peatón, las personas con discapacidad, el transporte no motorizado y la ciudadanía en general. En ese sentido, repensar las grandes ciudades, sus requerimientos y la vida digna será una pieza clave en los grandes cambios.

Las condiciones habilitantes que harán posible estos cambios pasan por mejorar los procesos democráticos de participación de los peruanos en la toma de decisiones sobre sus territorios, sean estos en la capital, las ciudades intermedias, las zonas rurales o la cuenca amazónica. La planificación y formulación de políticas no puede ser tomada sin ellos.

El futuro estará marcado por la construcción de conocimientos alrededor de los cambios tecnológicos que provoquen la transición energética, así que pensar en el estímulo a empresas de tecnología limpia, investigación universitaria y participación del Estado en la producción de nueva tecnología puede ser lo que determine nuestra condición dependiente o una de avanzada en la región para el futuro inmediato y de largo plazo.

Finalmente, el Perú tiene una posición privilegiada por su potencial de transición hacia energías renovables no convencionales, así como por la necesidad de modernización normativa, como para plantear políticas e instrumentos que aporten a una alianza regional y global para la construcción de un tratado de no proliferación de combustibles fósiles.

Este tratado, además de basarse en el abandono del petróleo, el gas y el carbón en el mundo, debe sugerir e iniciar el debate para una nueva democracia energética, que promueva el equilibrio climático y la armonía social con el ambiente, reposicionando el debate de la lucha contra las desigualdades, la justicia climática y la equidad social.

El futuro de nuestros territorios está en juego en los próximos años, por lo que la acción de todas las fuerzas vivas de la sociedad debe ir volcada a plantear soluciones y sistemas económicos, políticos y culturales alternativos al colapso.



3

**ALTO**  
AL CRIMEN ECOLOGICO DE  
CONTAMINACION Y REPARACION DE DAÑOS AMBIENTALES

REVELA MITOS A MIS PLUMAS

MAE  
#LUTO  
#PARACTO  
#PAG

Se p...

# **TRATADO DE NO PROLIFERACIÓN DE COMBUSTIBLES FÓSILES:**

**UNA HERRAMIENTA PARA  
LA TRANSICIÓN  
ENERGÉTICA JUSTA Y  
POPULAR:**

---

**POR AUGUSTO DURAN DURAN**



**TRATADO DE  
NO  
PROLIFERACIÓN  
DE COMBUSTIBLES  
FÓSILES**

## ¿POR QUÉ IMPULSAR LA NO PROLIFERACIÓN DE COMBUSTIBLES FÓSILES?

### RELACIÓN CAMBIO CLIMÁTICO-ENERGÍA

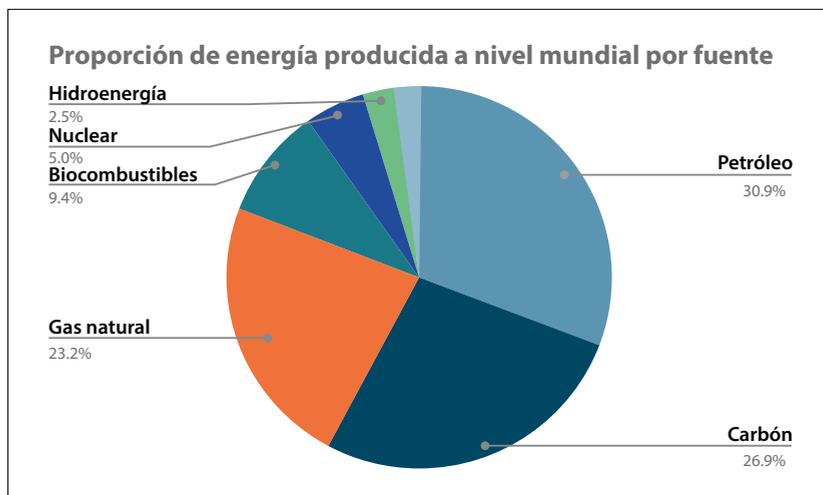
El cambio climático se ha convertido en la mayor amenaza para la humanidad. El aumento de las temperaturas a lo largo del tiempo está cambiando los patrones climáticos y alterando el equilibrio habitual de la naturaleza. Esto supone innumerables riesgos para los seres humanos y todas las formas de vida de la Tierra.

De más está dar mayores detalles sobre los efectos del cambio climático. Cabe resaltar que esta crisis es uno de los tantos síntomas que nos confirma que el actual sistema económico mundial se encuentra ya desahuciado y, producto de su ambición, la humanidad se pone en riesgo. Recordemos que, para sostener la economía, producir y consumir es esencial, pero ¿qué hacemos para que las grandes industrias funcionen?, ¿qué necesitamos para producir y mover las mercancías?, ¿cómo hacemos para trasladar a los consumidores de un lugar a otro?

Es ahí cuando la energía juega un papel fundamental. Sabido es, por las leyes de la física, que la energía se encuentra a nuestro alrededor en distintas formas, y que no se crea ni se destruye, solo se transforma. El principal problema es cómo se accede a ella, ya sea para generar electricidad o utilizarla en el transporte o en el uso doméstico, y al mismo tiempo tener un suministro suficiente para satisfacer la voraz necesidad de la economía mundial.

Las grandes industrias han encontrado fácil solución en el uso de combustibles fósiles: petróleo, gas natural y carbón. Su quema desenfrenada asegura un suministro constante que garantiza energía barata y de fácil acceso, pero no se ven las distintas problemáticas, sobre todo la dimensión ambiental y social, que en la actualidad ha abierto.

**Gráfico 3.1.** Proporción de energía producida a nivel mundial por fuente



**Fuente:** Elaboración propia, con datos de la Agencia Internacional de Energía

La data oficial existente nos confirma esta tendencia. En el año 2019, se produjeron 617 EJ en todo el mundo<sup>6</sup>. Las principales fuentes fueron el petróleo (30.9 %), seguido por el carbón (26.8 %) y, en tercer lugar, el gas natural (23.2 %). En total, los combustibles fósiles representaron más del 81 % de la producción de energía en 2019, como en los años anteriores (Agencia Internacional de Energía [AIE], 2022). En efecto, la causa principal de esta crisis climática es nuestra adicción y dependencia a los combustibles fósiles, **que a nivel mundial son responsables de alrededor del 86 % de todas las emisiones de gases de efecto invernadero** (Arias *et al.*, 2021).

### Debilidad del Acuerdo de París

En el año 2016, entra en vigor el Acuerdo de París, un tratado internacional sobre cambio climático. Su objetivo es limitar el calentamiento global muy por debajo de 2 °C, preferiblemente a 1.5 °C, en comparación con los niveles preindustriales. En un

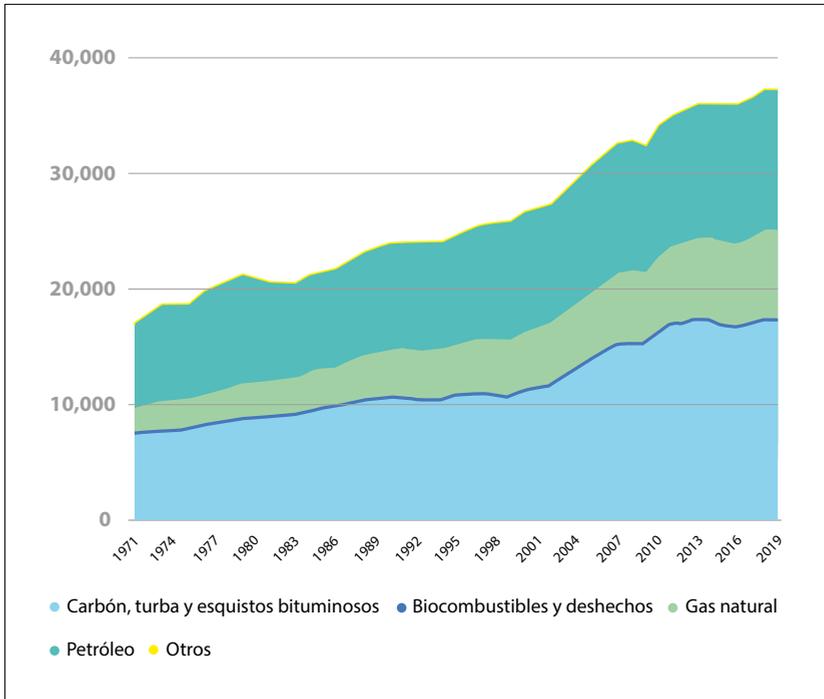
<sup>6</sup> EJ: exajoule, unidad del sistema internacional utilizada para medir energía, trabajo y calor.

primer momento, este acuerdo representaba una esperanza para quienes exigían a los Gobiernos compromisos claros para frenar el avance inminente del cambio climático.

A la fecha, el Acuerdo de París muestra grandes barreras en su implementación. No solo porque los índices del calentamiento global han aumentado considerablemente —llevando a los especialistas en la materia, como el IPCC, a pensar que los Estados y privados no podrán evitar el punto de no retorno—, sino porque desde su propio verso se presentan debilidades. Por ejemplo, el artículo 4.1 señala que cada Estado parte deberá preparar sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC), pero cada parte “procurará” adoptar medidas de mitigación internas para alcanzar sus objetivos. La palabra “procurará” sugiere que los Estado tratarán, pero no necesariamente están obligados a tomar medidas concretas. Esto denota debilidad de parte de las Naciones Unidas, al quedar los Estados facultados mas no forzados a cumplir un compromiso internacional.

El Acuerdo de París al no mostrar un compromiso fuerte de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero por parte de los Gobiernos, ha servido para generar soluciones falsas; por ejemplo, la creación de “mercados de carbono”, donde grandes industrias o países más poderosos pueden librarse de la responsabilidad de sus emisiones, o el creer que la “reforestación” de bosques perdidos con monocultivos o especies no endémicas, que tardarán décadas en poder mitigar emisiones, puede en este momento combatir al cambio climático.

**Gráfico 3.2.** Emisiones mundiales totales de GEI de energía por fuente

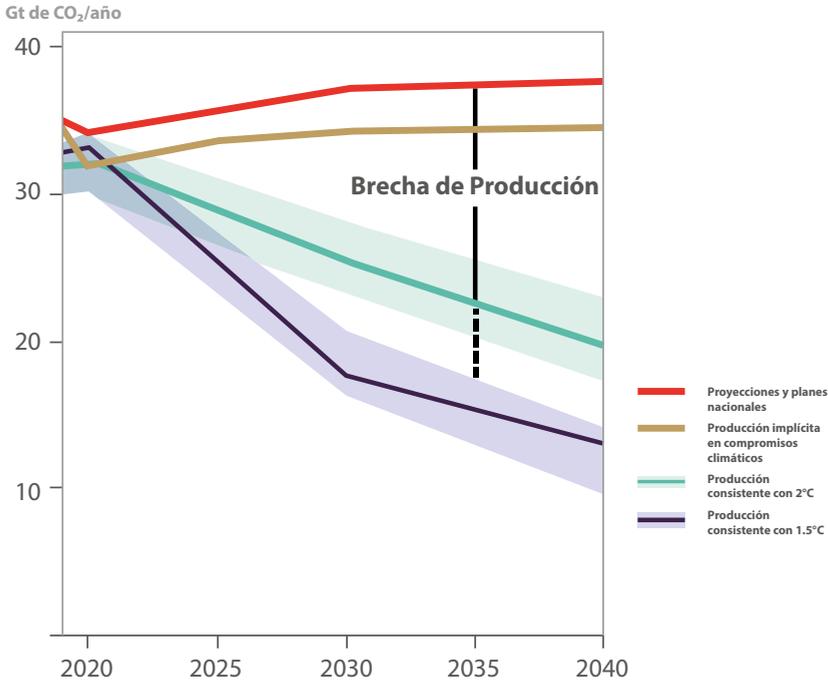


Fuente: AIE (2021b)

Según datos de la Agencia Internacional de Energía, el registro histórico de emisiones de GEI producto de la generación de energía nos muestra con gran preocupación que las emisiones provenientes de la quema de carbón, gas natural y petróleo han tenido una tendencia al alza en las últimas décadas. Ello contradice totalmente las recomendaciones de disminución de GEI realizadas por el IPCC y plasmadas en sus informes.

En efecto, no necesitamos maquillaje para hacer frente al cambio climático. Exigimos que las grandes industrias y países más poderosos dejen de generar excesivas emisiones de gases de efecto invernadero. Esto se lograría principalmente si es que ponemos fin al imperio de los combustibles fósiles.

### Gráfico 3.3. Producción global de combustibles fósiles representada en emisiones de GEI



Fuente: SEI et al. (2021).

En el gráfico, podemos observar que las emisiones que se generarían al quemar combustibles fósiles, de acuerdo a las proyecciones y planes de expansión de la producción de los países, muestran una diferencia desoladora y abrumadora frente a los escenarios planteados por el IPCC. Los Gobiernos del mundo planean producir más del doble de la cantidad de combustibles fósiles al año 2030, en comparación con lo que se debería para evitar la variación de la temperatura en 1.5 °C o 2 °C.

En resumen, a seis años de la firma del Acuerdo de París, este resulta ineficiente, no solo porque deja a la buena voluntad de los Gobiernos la reducción de sus emisiones de gases de efecto invernadero, sino porque en ningún momento se interpela el origen de las mismas: el modelo basado en la quema de combustibles fósiles.

## CASO PERUANO: NO SOLO EMISIONES DE GEI

Como se comentó anteriormente, sea para el transporte o la electricidad, la energía generada a partir de los combustibles fósiles representa problemas, contaminación y violación de derechos para los territorios. Estos hechos negativos ocurren en la extracción de fuentes, el procesamiento, la distribución y el uso final. En el caso peruano, los más de 50 años de explotación petrolera han significado despojo de territorios indígenas y comunidades locales, degradación de ecosistemas e impactos en las formas de vida, salud, economía y alimentación de la población.

**Extracción:** Como se detalló en páginas anteriores, los combustibles fósiles necesitan ser extraídos de zonas donde ha habido sedimentación de materia orgánica, lo que ha permitido su formación. En ese sentido, el Perú cuenta principalmente con tres zonas de extracción de combustibles fósiles: costa norte, Amazonía y, siendo un poco más específicos, Cusco, como área de extracción del gas natural de Camisea. Es justamente en estos lugares donde hay mayores impactos ambientales y daños a los ecosistemas. En total, se han contabilizado 878 derrames en los lotes presentes en estos territorios (León y Zúñiga, 2022, p. 12).

**Distribución:** Las zonas de explotación de combustibles fósiles generalmente se encuentran alejadas de los

puntos de transformación y de venta para el consumo final. Es por ello que se requieren sistemas de distribución que permitan transportar por largos kilómetros el combustible. En el caso peruano, el transporte de combustibles fósiles se hace principalmente a través del Oleoducto Norperuano (ONP) y la Transportadora de Gas del Perú (TGP).

El ONP inició sus operaciones en el año 1977. Recorre cinco departamentos: Loreto, Amazonas, Cajamarca, Lambayeque y Piura. Su longitud es de 306 km en el Tramo I, 252 km en el Ramal Norte y 548 km en el Tramo II. Tiene en total 1106 km de longitud (Ministerio de Energía y Minas, 2001). La antigüedad, corrosión, falta de mantenimiento y desidia de la empresa administradora

del mismo han traído como consecuencia 111 derrames de petróleo (León y Zúñiga, 2022, p. 12).

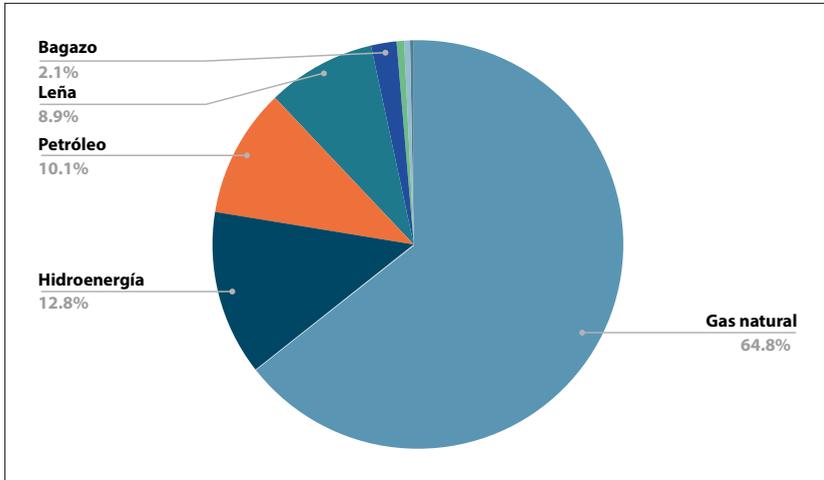
Para transportar el gas natural de Camisea, se cuenta con la TGP, cuyo inicio de operaciones se dio en el año 2004. Recorre cinco departamentos: Cusco, Ayacucho, Huancavelica, Ica y Lima. Su longitud total es de 730 km. Si bien la TGP es relativamente moderna, se han contabilizado 13 derrames, el 75 % causado por fallas operativas (*ibidem*, p.12).

**Procesamiento:** Para que los combustibles fósiles puedan ser utilizados, deben pasar por una etapa de refinado, que va desde procesos físicos hasta cambios en la composición química para obtener lo que comúnmente conocemos como petróleo, gasolina, diésel, gas licuado de petróleo, gas natural vehicular, etc. En estos procesos, también hay gran impacto en los ecosistemas. Por ejemplo,

en el último ecocidio ocurrido en la refinería de La Pampilla, administrada por la española Repsol, según datos del MINAM, se vertieron cerca de 12,000 barriles de petróleo al mar de Ventanilla (*Gestión*, 2022).

En resumen, la industria de los combustibles fósiles en el país ha dejado **3231 pasivos ambientales**, considerados 151 de alto riesgo. Además, los territorios de la costa y la Amazonía han sufrido **más de 1000 derrames** solo entre 1997 y 2021, cerca del 70 % de ellos fue responsabilidad directa de las empresas operadoras. De esta forma, se han derramado aproximadamente 87,370.82 barriles de productos asociados a la extracción de hidrocarburos y se cuentan en 10,020,796,823.73 los pies cúbicos de gas fugado (León y Zúñiga, 2022, p. 15). Estas cantidades no contabilizan el desastre ocurrido en la refinería de La Pampilla y otros derrames ocurridos desde enero del 2022 hasta la fecha.

**Gráfico 3.4.** Proporción de energía producida a nivel nacional por fuente



**Fuente:** Elaboración propia, con datos del Ministerio de Energía y Minas

Los combustibles fósiles en el Perú tienen cuatro usos principales: transporte, generación de electricidad, uso industrial y uso domiciliario. Todos ellos implican la quema y posterior emisión a la atmósfera de gases de efecto invernadero. La última data oficial nos arroja que, para el año 2019, la producción interna de energía primaria fue de 1,114,349.3 TJ, y las principales fuentes fueron gas natural (64.4 %), hidroenergía (12.7 %) y petróleo (10 %) (Ministerio de Energía y Minas, 2021, p. 13). La data nos confirma, nuevamente, nuestra dependencia a los combustibles fósiles, que representan el 74.4 % de la energía total que producimos.

El último reporte oficial con el que se cuenta indica que el 28.32 % de las emisiones de GEI en el Perú provienen del sector energético (Ministerio del Ambiente, 2021, p. 15), donde, como describimos anteriormente, gran cantidad pertenece a la quema de combustibles fósiles. Sin embargo, seguimos esperando data actualizada y precisa que permita tener un mejor panorama de la situación nacional, aunque advertimos que no es nada alentador. Si bien no emitimos cantidades considerables en comparación con países altamente industrializados, es bueno considerar que el cambio climático

no hace distinciones en ello. Es más, nuestro país es uno de los más vulnerables a sufrir los efectos del mismo.

## **Seguridad energética**

Hasta ahora nos hemos centrado en los impactos generados en materia de cambio climático y daños ambientales; sin embargo, no podemos pasar por alto la crisis que traerá nuestra dependencia a los combustibles fósiles en términos de seguridad energética. En el caso del petróleo, las reservas probadas oficialmente evaluadas por el MINEM superan los 434 millones de barriles. Al ritmo actual de producción (alrededor de unos 52,000 barriles diarios), estas reservas se agotarán aproximadamente en el 2044. En el caso del gas natural de Camisea, a partir del año 2030 se iniciará una pendiente de reducción de la producción y un agotamiento de las reservas de gas natural, lo que implicaría desabastecimiento, restricciones y subidas en el precio de los combustibles (Ríos, 2020). En ese sentido, estamos ante una inminente crisis energética nacional, que traería como consecuencia un impacto directo en la economía que afectaría a las poblaciones más vulnerables, como por ejemplo subida de precios en la canasta básica familiar y desabastecimiento de productos de primera necesidad. Esta crisis podría evitarse siempre y cuando transitemos a un modelo energético que no dependa de los combustibles fósiles, de la mano con un desacoplamiento económico del carbono<sup>7</sup>.

## **UNA ALTERNATIVA GLOBAL A LA CRISIS CLIMÁTICA: TRATADO DE NO PROLIFERACIÓN DE COMBUSTIBLES FÓSILES**

Hasta ahora se ha detallado con gran precisión el impacto que los combustibles fósiles han tenido sobre el planeta y el Perú. Como la crisis climática nos ha puesto al borde de una

<sup>7</sup> Desacoplar significa crear servicios y valor económico con una cantidad menor de recursos, con menos desechos y emisiones, y menos impactos ambientales de otros tipos.

extinción masiva, hemos notado la debilidad y, por qué no decirlo, el fracaso del Acuerdo de París, que nace como solución a las excesivas emisiones de gases de efecto invernadero, pero que en la práctica es un documento firmado más que no ha logrado calar en las decisiones de los países. Frente a ello, a nivel mundial, diversas organizaciones planteamos una medida ambiciosa y radical para poner fin a la era de los combustibles fósiles: la firma de un tratado de no proliferación de combustibles fósiles, que sea complementario al Acuerdo de París y que obligue a los Gobiernos a eliminar gradualmente el petróleo, carbón y gas natural, pero que asegure una transición justa y popular hacia un nuevo modelo energético.

## **Antecedentes**

La idea de la no proliferación surgió por primera vez en el contexto de los esfuerzos para contrarrestar la amenaza de una guerra con armas atómicas mediante la creación de un tratado de no proliferación nuclear (TNP). Dicho tratado, acordado hace poco más de 50 años, entre 1965 y 1968, fue un triunfo de la diplomacia rápida, en el punto álgido de la desconfianza de la Guerra Fría y frente a una inmensa amenaza a la seguridad mundial. Cabe señalar que el TNP es la única convención internacional que aborda los temas de no proliferación de manera integral y ha sido firmado por 191 Estados. También obtuvo una membresía casi universal, y las obligaciones de los Estados parte adquirieron permanencia después de la extensión indefinida en 1995 del tratado, que incluye cinco revisiones anuales para monitorear el progreso y aumentar los compromisos (Newell y Simms, 2019, p. 1045).

La experiencia nos muestra que como humanidad – ciudadanos y ciudadanas de a pie, pueblos originarios, comunidades, trabajadores y trabajadoras, organizaciones sociales, líderes y lideresas de fe, etc., en alianza con diversos actores políticos– podemos exigir a nuestros Gobiernos que se detenga la amenaza de cambio climático, siempre y cuando implique la obligación de dejar los combustibles fósiles bajo tierra.

## ¿Cuál es la estrategia global?

El propósito es invocar el TNP nuclear como una analogía útil para tener el compromiso real de los países para la eliminación de los combustibles fósiles. En el caso del TNP, a los países más poderosos del mundo, que ya poseen armas nucleares, les interesa asegurarse de que otros no adquieran capacidades similares. En el caso del cambio climático, sin embargo, la mayoría de los países del mundo ya cuentan con al menos algunas reservas de combustibles fósiles, aunque estas se encuentran distribuidas de manera desigual. El desafío entonces es cómo negociar su no uso, pero de manera justa y creíble, y que se dé a la velocidad y escala requerida para evitar una amenaza colectiva para todos los Estados y sus ciudadanos. En este sentido, las respuestas multilaterales pueden ser atractivas para los países poderosos que desean asegurarse de que otros Estados no se aprovechen de los compromisos que ahora están asumiendo para dejar los combustibles fósiles bajo tierra (*idem*).

150

Sabemos que la industria de los combustibles fósiles mueve los hilos de la economía global y responde a intereses de los Gobiernos. Por su causa, se declaran guerras, se permiten invasiones y se derrocan Gobiernos. En ese sentido, tanto la idea de dejar bajo tierra a los combustibles fósiles, como las negociaciones de los principios, el proceso de implementación y la eficacia en el cumplimiento del tratado en sí pueden ponerse en total duda, lo cual es una de las principales amenazas a tener en cuenta.

Por ello, parte de la estrategia para la implementación del tratado recae también sobre la sociedad civil. Es necesario iniciar un proceso de amplia base social y política, donde se debata desde la necesidad hasta los principios del mismo, para asegurar que el tratado responda a los diferentes contextos de cada territorio y al mismo tiempo permita tener reglas claras para exigir su cumplimiento por parte de los Gobiernos. De esta manera, esperamos también cambiar las viejas lógicas verticales para la creación e implementación de las políticas.

## ¿EN QUÉ SE BASA?

El tratado de no proliferación propone tres pilares fundamentales para asegurar que la eliminación de los combustibles fósiles sea un proceso rápido, justo y ordenado:

**No proliferación:**  
Lo primero a evitar es agravar el problema.

Sabemos que el cambio climático avanza de manera imparable ante la impotencia de millones de personas que exigen soluciones radicales. Entre tanto, los Gobiernos del mundo planean producir más del doble de la cantidad de combustibles fósiles al año 2030, en comparación con lo que se tendría que limitar para evitar un calentamiento de 1.5 °C (SEI *et al.*, 2021, p. 3).

En ese sentido, es urgente detener la expansión del imperio de los combustibles fósiles. Por ello, el primer pilar del tratado se basa en evitar todo tipo de nueva exploración y proyecto de explotación de combustibles fósiles. De esta manera, se detendría la amenaza **en potencia**, asegurando que no se aumente la cantidad de nuevas emisiones de gases de efecto invernadero, repetimos, como primera medida para evitar agravar el problema.

**Desarme global:**  
Tenemos que deshacernos de la amenaza existente.

Detener las nuevas exploraciones y proyectos de explotación no es suficiente. Aun lográndolo de manera ideal e inmediata, el nivel de producción de combustibles fósiles ya existentes en la actualidad asegura que las emisiones de gases de efecto invernadero sobrepasen los límites establecidos para evitar que la temperatura del planeta aumente en 1.5 °C.

**Transición justa:****Acelerar una transición equitativa.**

En ese sentido, el segundo pilar del tratado de no proliferación implica la eliminación progresiva de todas las reservas y proyectos de extracción de combustibles fósiles **existentes**. De esta manera, se lograría llegar a un punto de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global.

Abandonar los combustibles fósiles nos exige discutir un nuevo modelo energético, que implique migrar hacia fuentes de energía más limpias y renovables, que se base en el ahorro y la eficiencia energética, respetando los límites físicos del planeta y al mismo tiempo brindando oportunidades de desarrollo a los países. Cabe resaltar que la velocidad a la que los diferentes países y regiones eliminen los combustibles fósiles y aumenten las energías renovables debe estar influenciada por consideraciones de equidad y apoyo para aquellos países con menos capacidad (Teske y Niklas, 2021).

En efecto, el tercer pilar del tratado de no proliferación propone una transición energética justa, **una apuesta a futuro**, donde los combustibles fósiles se queden bajo tierra y se aprovechen los beneficios que la energía renovable traería al planeta, pero al mismo tiempo se permita replantear las lógicas del sistema energético, terminando con todo tipo de desigualdad y apostando por la justicia y equidad.

## ¿Cómo vamos al 2022?

Actualmente, la iniciativa global del tratado de no proliferación de combustibles fósiles cuenta con un amplio apoyo en diversos niveles. Podemos resaltar a los Gobiernos nacionales e instituciones internacionales tales como Vanuatu (que hizo un llamado histórico durante la 77.ª sesión de la Asamblea General de la ONU), Tuvalu (que hizo un llamado en el marco de la COP 27), el Parlamento Europeo, Ciudad del Vaticano, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y Timor-Leste. Asimismo, a más de 70 ciudades y entes subnacionales, donde podemos destacar a Lima, Sídney, Los Ángeles, Barcelona, Ámsterdam, Bonn, Montreal, Toronto y París. Adicionalmente, más de 3000 científicos, académicos e investigadores, ganadores del Premio Nobel, líderes y activistas de la sociedad civil, líderes religiosos, jefes de Estado, ministros actuales y anteriores, parlamentarios de diversos países, así como diversas organizaciones a nivel mundial.

## OPORTUNIDAD PARA UNA TRANSICIÓN ENERGÉTICA JUSTA Y POPULAR

153

### ¿A qué nos referimos con transición energética?

Entendemos el término “transición” como un proceso de cambio, donde se busca pasar de un estado inicial a un estado final. A lo largo de los años, la humanidad ha vivido en constantes transiciones, motivadas por razones que pueden ir desde lo económico, político, social, hasta lo ambiental. En la actualidad, existe un imperativo de acelerar las transiciones para poder hacer frente a la crisis climática.

Para salvar el planeta, la humanidad necesita iniciar una “transición” en su modelo energético, pasando de un sistema que consume combustibles fósiles de manera excesiva (y, por lo tanto, emite enormes cantidades de gases de efecto invernadero) hacia uno basado en fuentes de energía más limpias y que no emitan o emitan cantidades mínimas de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

Antes de definir a la transición energética, debemos establecer qué se entiende por energías limpias. Para ello, partiremos del

concepto de energía renovable, que es la que proviene de fuentes virtualmente inagotables; es decir, que sus “reservas” no se acabarán en miles de millones de años. En ese sentido, tenemos a la energía solar<sup>8</sup>, eólica<sup>9</sup>, geotérmica<sup>10</sup>, mareomotriz<sup>11</sup>, hidráulica<sup>12</sup> o la proveniente de la biomasa<sup>13</sup>, por ejemplo. Entonces, la energía limpia tiene por característica ser **renovable**, lo cual se suma a su **bajo costo** para ser aprovechada y **no causar daños** significativos al medio ambiente en comparación con los combustibles fósiles. Sobre todo, presenta emisiones mínimas de gases de efecto invernadero.

Es importante resaltar que se tienen diversas miradas sobre la transición energética, que responden al mismo tiempo a intereses de distintos actores. Existen así enfoques que solo atienden a la necesidad de energía, sin considerar el daño ecológico que se produce o incluso usándolo como excusa. Es lo propuesto por grandes industrias y países potencia, que buscan salvaguardar su hegemonía económica y política, haciendo un lavado de cara al sistema y dando paso al **capitalismo verde**<sup>14</sup>. También existen enfoques que ven a la transición más allá de aspectos técnico-económicos y buscan integrar componentes ambientales y sociales, entre otros. Es una apuesta formulada como resistencia de los movimientos ambientales, comunidades y pueblos indígenas, etc. a las lógicas hegemónicas impuestas.

Es por ello que se define a la transición energética como un proceso gradual, ambicioso y urgente, en el que se realiza un cambio estructural a corto, mediano y largo plazo en los sistemas energéticos. Este proceso implica un cambio en la matriz energética nacional, terminar con la dependencia de los combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón) y migrar hacia una matriz que no genere ni exporte emisiones de gases de efecto invernadero, pero que al mismo tiempo garantice la sostenibilidad económica nacional y que profundice la democracia, respetando el derecho de los pueblos y territorios generadores y/o consumidores de energía.

<sup>8</sup> Energía producida por la radiación solar. Puede ser fotovoltaica o térmica.

<sup>9</sup> Energía producida a partir de la fuerza del viento.

<sup>10</sup> Energía producida a partir del calor interno terrestre.

<sup>11</sup> Energía producida por el movimiento de las mareas.

<sup>12</sup> Energía producida por el movimiento del agua.

<sup>13</sup> Energía producida a través del aprovechamiento de la materia orgánica.

<sup>14</sup> Busca continuar generando beneficios para las empresas bajo un sistema capitalista, pero sin generar daños al medio ambiente.

**Tabla 3.1.** Características del proceso de transición energética

<b>TRANSICIÓN ENERGÉTICA</b>		
<b>Proceso gradual</b>	<b>Proceso ambicioso</b>	<b>Proceso urgente</b>
Se da en etapas, considerando metas periódicas de cumplimiento de indicadores de transición.	Se busca dejar de depender totalmente de los combustibles fósiles y migrar hacia energías limpias.	El cambio climático avanza de manera implacable, por ello se debe terminar con la dependencia de combustibles fósiles ahora.

A lo largo de la historia, hemos vivido diferentes transiciones energéticas. La más conocida se da durante la Primera Revolución Industrial. Allí, de una fuente principal de energía que provenía de la fuerza del viento, agua y seres vivos (humanos y animales), se migra hacia un sistema basado en la quema de carbón y leña para accionar máquinas a vapor. Durante la Segunda Revolución Industrial también se inicia un proceso de transición energética bastante marcado. Se posiciona al petróleo y al gas como combustibles principales y aparece la electricidad como una nueva alternativa energética. Estas transiciones fueron movidas, entre otros motivos, por la necesidad de mejorar la productividad de las industrias.

La crisis climática actual nos obliga a iniciar una transición energética para dejar los combustibles fósiles bajo tierra, pero a diferencia de las anteriores el desafío es mayor. El sistema energético mundial ha crecido desigual y desproporcionadamente, los sectores económicos dominantes derrochan energía para poder mantener sus privilegios y privan del derecho de tener acceso seguro a sectores de menores niveles socioeconómicos. En ese sentido, ver a la transición solo como un cambio de fuentes (de combustibles fósiles a energías limpias) nos llevará a repetir los errores del pasado.

Por ello, la transición energética implica tres retos principales:

- a Desarrollar las energías limpias para tener un suministro seguro, competitivo y alternativo a los combustibles fósiles. En la actualidad, hay un gran avance en el aprovechamiento de recursos energéticos limpios; sin embargo, se requiere redoblar esfuerzos para desarrollar tecnología más eficiente y de costos más accesibles, que permita no solo competir técnicamente sino tener ventajas económicas en comparación con los combustibles fósiles.
- b Reducir el hiperconsumo de energía para que el planeta no exceda sus límites físicos. En ese sentido, la eficiencia energética es una alternativa para reducir la cantidad de energía requerida al momento de desarrollar productos y proporcionar servicios. Ello implica la utilización de nuevas tecnologías, que empleen menor cantidad de energía para conseguir el mismo rendimiento o realizar la misma función.
- c Electrificación de usos finales. Aun habiendo desarrollado las energías limpias y reducido el consumo energético, el proceso de transición no estará completo si es que no se intervienen los procesos de uso directo de combustibles fósiles, como el transporte o uso doméstico, por ejemplo. Por ello, electrificar los usos finales permitirá que las energías limpias reemplacen a los combustibles fósiles de manera directa.

**Gráfico 3.5.** Retos de la transición energética



**Fuente:** Elaboración propia

## **El dilema de las energías limpias en el proceso de transición energética**

Hemos caracterizado a la energía limpia por proceder de fuentes renovables, su bajo costo para ser aprovechada y por no causar daños significativos al medio ambiente en comparación con los combustibles fósiles, sobre todo emisiones mínimas de gases de efecto invernadero. Es justamente esta última característica la que ha abierto debates en torno a la denominación de "limpia". Por ello, se expondrán algunas particularidades que permitirán entender mejor esta denominación.

Es importante debatir estas características en el marco de la transición energética. Tenemos que tener en cuenta que, para cubrir la enorme demanda de energía a nivel mundial, se ha requerido el desarrollo de una megaindustria (especialmente de combustibles fósiles) que responda a dicha necesidad, lo que ha generado una diversidad de problemas que comentamos con anterioridad. Bajo esa premisa, una transición energética que solo implique un cambio en las fuentes y no considere reducir el consumo energético nos llevará a replicar problemas del presente.

Desarrollar la energía renovable a gran escala, sin criterios ambientales (más allá de solo dejar de usar combustibles fósiles) o sociales, ha abierto el dilema de si realmente es limpia. A continuación, se comentan los principales impactos que se han generado.

**Tabla 3.2.** Problemáticas e impactos por tipo de fuente energética renovable

TIPO	PROBLEMÁTICA	IMPACTOS
<b>Hidroeléctrica</b>	<p>Para asegurar la generación de energía a gran escala, se requiere embalsar y/o desviar el cauce de los ríos, lo que implica tener suficientes reservas de agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* La descomposición de materia orgánica depositada en los embalses genera metano, un gas de efecto invernadero 80 veces más potente que el dióxido de carbono y responsable de más de la cuarta parte del calentamiento global en la actualidad (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, s. f.).</li> <li>* Ocurren daños a la biodiversidad y repercusión en las actividades económicas de las comunidades que dependen directamente de los ríos (De Ambrosio, 2018).</li> <li>* Se da el desplazamiento forzoso de las comunidades locales que viven en la zona de embalse de la represa.</li> <li>* Se identifican dos formas de deforestación: pérdida de bosques producidos en las zonas de embalse y pérdidas en las zonas de nuevos asentamientos de personas que fueron desplazadas por la represa (Salisbury, 2016).</li> </ul>
<b>Biocombustibles</b>	<p>Para asegurar su producción a escalas industriales, se requiere contar con extensas áreas para el cultivo de la materia prima, principalmente palma aceitera y caña de azúcar.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* La necesidad de nuevas áreas de cultivo ha llevado a la expansión de las fronteras agrícolas, sobre todo en la Amazonía. Ello ha aumentado dramáticamente los niveles de deforestación, que en la actualidad representa alrededor del 14 % de las emisiones de GEI (Arias et al., 2021, p. 80).</li> <li>* La introducción de monocultivos en la Amazonía implica pérdida de biodiversidad, degradación y erosión del suelo (Universidad del Valle, 2015).</li> <li>* Hay violación de derechos humanos de comunidades locales que viven en territorios destinados a la plantación de monocultivos, sobre todo palma aceitera (Pérez, 2022).</li> </ul>

<p><b>Solar fotovoltaica</b></p>	<p>La radiación solar que reciben los paneles solares es intermitente, pues llega a la Tierra de manera dispersa y discontinua.</p>	<p>* La necesidad de grandes cantidades de baterías implica extracción de nuevos minerales (se comentará más adelante el problema con las baterías).</p>
<p><b>Eólica</b></p>	<p>Hay necesidad de materias primas para la construcción de los aerogeneradores, entre ellas madera.</p>	<p>* La construcción masiva de aerogeneradores ha llevado a elevar la demanda de madera, que es extraída de bosques tropicales, lo cual causa deforestación y violación a los territorios amazónicos (Badia i Dalmasas, 2021).</p>

El dilema de las energías limpias en el proceso de transición energética también se da al momento de la electrificación de los usos finales. Es decir, para terminar con la extracción y uso de combustibles fósiles y asegurar que las energías limpias satisfagan la necesidad energética, se debe permitir que la energía eléctrica pueda penetrar en todos los usos posibles. En ese sentido, la electrificación del transporte ha traído uno de los problemas más grandes para la transición energética: **el uso de baterías.**

Como se detalló anteriormente, los autos poseen motores de combustión<sup>15</sup> que permiten generar movimiento. Para ello, deben contar con disponibilidad de almacenamiento de combustible que asegure un funcionamiento constante. El proceso de migrar hacia autos que utilizan motores eléctricos (electromovilidad) ha abierto el desafío de cómo asegurar el almacenamiento de energía. Para ello, los nuevos diseños cuentan con baterías (principalmente de litio) que proveen un suministro constante de energía al motor.

El gran problema surge ante la enorme demanda de baterías y, por ende, de sus materias primas. En la actualidad, hay más de 1400 millones de vehículos en todo el planeta (Amadoz, 2022), por lo que imaginar una migración a esa escala a vehículos eléctricos es simplemente imposible. A nivel global, en 2020,

<sup>15</sup> Máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible que arde dentro de la cámara de combustión.

las ventas de vehículos eléctricos aumentaron un 41 %, hasta los tres millones de unidades. Hasta el 2040, se calcula que la demanda de litio aumentará 40 veces (Manrique, 2021). Esta realidad abre el siguiente abanico de impactos:

La producción a gran escala de baterías ha generado el aumento de la demanda de minerales clave, tales como el litio, cobalto, grafito, níquel, etc.

Extraer nuevos minerales implica replicar el modelo extractivista que por años ha dañado la naturaleza y violado derechos humanos.

La extracción de nuevos minerales implicaría el consumo de miles de millones de litros de agua, contaminación/destrucción de ríos, lagos y acuíferos, y producirá enormes cantidades de residuos tóxicos.

Al término de su vida útil, las baterías que son desechadas, sin ningún tipo de cuidado, desprenden sustancias altamente tóxicas que dañan irreparablemente los ecosistemas y la salud humana.

Si bien la transición energética como tal plantea dejar de utilizar los combustibles fósiles, no asegura que se eliminen impactos ambientales o sociales. **Este es el gran engaño del capitalismo verde.** Por ello, uno de los principales dilemas a resolver es cómo asegurar que la energía sea verdaderamente limpia. En conclusión, terminar con la visión de la energía como medio para alimentar la enorme maquinaria mundial del capitalismo, por lo que debe ser generada a escalas industriales, es un reto a considerar en un proceso de transición hacia fuentes limpias

### **¿Por qué la transición debe ser de carácter justo y popular?**

La energía no solo ha generado daños ambientales y cambio climático, también ha permitido el aumento de las desigualdades, violación de derechos de territorios, etc. Por ello, en el marco de una transición energética, estos aspectos son puntos clave a considerar y eliminar. Se ha comentado que no solo basta con cambiar las fuentes de generación de energía, se tiene que apostar por un cambio total en el sistema

energético. Ello implica incluir aspectos ecológicos y sociales como energía limpia, derecho a la energía, nuevos modelos de generación, generación distribuida, democracia en la toma de decisiones, consulta previa, trabajo digno, interculturalidad, etc., y discutir y transformar las relaciones de poder en el sistema energético, económico y político.

El irracional uso de la energía no solo nos ha contaminado, también nos ha dividido. Las grandes industrias la han vuelto una mercancía, concentrándola y privatizándola, lucrando con su venta y definiendo quién puede tener acceso a ella. Es común ver cómo las comunidades más alejadas o los barrios populares no cuentan con un suministro constante y seguro de energía eléctrica. Por esta razón, pagan las tarifas más caras en comparación con consumidores industriales y, muchas veces, para cubrir estas deficiencias, tienen que usar fuentes de energía altamente contaminantes como la leña o el carbón (MOCICC, 2021).

El informe de consumo y usos de la electricidad, de la última encuesta residencial de consumo y usos de energía en el Perú (De la Cruz *et al.*, 2021, p. 8), arroja que el 12 % de la población en condición de **pobreza extrema** no tiene acceso a energía eléctrica, mientras que el 99 % de la población en condición de **no pobre** cuenta con un suministro asegurado. Al mismo tiempo, se observa que en promedio un hogar en Lima Metropolitana **consume nueve veces** la energía eléctrica que un hogar de zonas rurales: 172 kWh vs. 20 kWh por mes (*ibidem*, p. 10).

A nivel mundial, la desigualdad es mayor. El 10 % de la población que concentra los mayores ingresos consume el 39 % de la energía que se produce en el planeta. Esto significa que **consume aproximadamente 20 veces más energía que el 10 % la población que tiene los menores ingresos**. En términos de combustible para vehículos, la desigualdad es más grave: **el 10 % de los principales consumidores utilizan 187 veces más energía en comparación con el 10 % inferior**. La desigualdad energética no es solo de cantidad sino también de calidad, donde los servicios energéticos como la movilidad individual están fuera del alcance de las poblaciones más pobres (Oswald *et al.*, 2020).

Como se ve, la transición energética justa y popular debe atender todas las desigualdades existentes en los sistemas energéticos. En ese sentido, este proceso debe responder a las siguientes características:

El acceso a la energía ha de ser un derecho universal, reivindicando su potencial para el desarrollo de las comunidades sobre la acumulación de capital. Además, debe ir de la mano con derechos de la naturaleza, a un medio ambiente sano, entre otros.

Repensar el consumo de energía y disminuirlo. En la actualidad, no es posible cubrir la demanda energética mundial con energía limpia. Es necesario plantear un modelo productivo que se base en la necesidad energética de la población y no en la acumulación de riqueza.

Cuestionar y terminar con el desigual nivel de consumo de energía. Se debe asegurar equidad en el consumo de todas y todos, especialmente de la población en situación de vulnerabilidad.

Se debe considerar el acceso universal y limpio a la energía para toda la población, respetando características y contextos de cada territorio.

La transición energética debe asegurar que la población sea parte de la toma de decisiones, respetando el derecho a decidir sobre sus recursos y la libre determinación de los pueblos.

Terminar con los monopolios energéticos y permitir nuevas formas de generación que permitan a las personas generar su propia energía e incentivar nuevas dinámicas económicas en sus territorios, considerando cooperativas de generación, empresas comunales o municipales, entre otras iniciativas.

La transición energética debe asegurar nuevas alternativas de empleo digno, sobre todo en los territorios directamente vinculados con el aprovechamiento de los recursos energéticos renovables.

Para asegurar un proceso de transición energética justa y popular, deben resolverse tres incógnitas principales por parte de la población y comunidades involucradas en los territorios de generación de energía (ver tabla 3.3).

**Tabla 3.3.** Incógnitas a resolver para una transición justa y popular

TRANSICIÓN ENERGÉTICA JUSTA Y POPULAR		
¿Qué?	¿Para qué?	¿Cómo?
<p>Primero: Se debe respetar la decisión de la población sobre <b>qué</b> recurso dentro de su territorio es el más conveniente y se debe aprovechar. No más imposición de proyectos energéticos.</p>	<p>Segundo: Habiendo respondido el qué, es necesario establecer <b>para qué</b> se va a destinar el recurso aprovechado. Es importante que primero se atienda la necesidad energética de la población antes que los requerimientos de las grandes industrias y grupos económicos.</p>	<p>Tercero: Finalmente, se debe definir <b>cómo</b> será el modelo de producción energética que lleve más beneficios a los territorios, para terminar con los monopolios de generación energética y promover el autoconsumo y nuevos modelos productivos.</p>

En conclusión, la transición energética justa y popular es una apuesta por realizar cambios profundos en nuestro sistema económico y político, devolviendo el derecho a la libre determinación y el desarrollo digno de los pueblos.

## CONCLUSIONES

- a. Se observa la insostenibilidad ambiental y social del actual modelo económico, productivo y energético basado en la extracción y uso de combustibles fósiles.
- b. La extracción de combustibles fósiles ha sido fuente de contaminación, desigualdad, corrupción, violencia y conflictos socioambientales en las zonas de extracción, transformación y uso final.
- c. Para atender la actual crisis climática, es urgente iniciar un proceso de transición energética, pero teniendo en cuenta que de manera aislada no habrá una solución real. Por ello, debe ser de carácter justo y popular, alineándose así con procesos de cambio sistémico.
- d. La implementación de un tratado de no proliferación de combustibles fósiles, con características análogas al tratado de armas nucleares, aseguraría el fortalecimiento de las políticas internacionales para el cumplimiento de los compromisos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero adquiridos por los países para hacer frente al cambio climático.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Data	Link
Agencia Internacional de Energía. (2021a). World Energy Outlook 2021.	<a href="https://iea.blob.core.windows.net/assets/4ed140c1-c3f3-4fd9-acae-789a4e14a23c/WorldEnergyOutlook2021.pdf">https://iea.blob.core.windows.net/assets/4ed140c1-c3f3-4fd9-acae-789a4e14a23c/WorldEnergyOutlook2021.pdf</a>
Agencia Internacional de Energía. (2021b). Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer. IEA.	<a href="https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/greenhouse-gas-emissions-from-energy-data-explorer">https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/greenhouse-gas-emissions-from-energy-data-explorer</a>
Agencia Internacional de Energía. (2022). Total primary energy supply by fuel, 1971 and 2019 [Gráfico].	<a href="https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/total-primary-energy-supply-by-fuel-1971-and-2019">https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/total-primary-energy-supply-by-fuel-1971-and-2019</a>
Agencia Internacional de Energía Atómica. (2020). Climate Change and Nuclear Power 2020.	<a href="https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1911_web.pdf">https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1911_web.pdf</a>
Amadoz, S. (2022, 17 de marzo). ¿Cuántos coches hay en el mundo en circulación? El Motor.	<a href="https://motor.elpais.com/actualidad/cuantos-coches-hay-en-el-mundo-en-circulacion/#:~:text=Seg%C3%BAn%20los%20c%C3%A1lculos%20de%20algunos,unidades%20matriculadas%20suman%201.446%20millones.">https://motor.elpais.com/actualidad/cuantos-coches-hay-en-el-mundo-en-circulacion/#:~:text=Seg%C3%BAn%20los%20c%C3%A1lculos%20de%20algunos,unidades%20matriculadas%20suman%201.446%20millones.</a>
Agencia Internacional de las Energías Renovables. (2014). Peru Renewables Readiness Assessment.	
Alejos, C. y Calvo, E. (2015). Biocombustibles de primera generación. Revista Peruana de Química e Ingeniería Química, 18(2), 19-30.	
Alekklett, K. (2012). Peeking at peak oil.	

<p>Arias, P., Bellouin, N., Coppola, E., Jones, R., Krinner, G., Marotzke, J., Naik, V., Palmer, M., Plattner, G., Rogelj, J., Rojas, M., Sillmann, J., Storelvmo, T., Thorne, P., Trewin, B., Achuta Rao, K., Adhikary, B., Allan, R., Armour, K., [...] Zickfeld, K. (2021). Technical Summary. En Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (pp. 33-144). Cambridge University Press.</p>	<p><a href="https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_TS.pdf">https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_TS.pdf</a></p>
<p>Asociación Peruana de Energías Renovables. (2021). Agenda sectorial.</p>	<p><a href="https://www.spr.org.pe/wp-content/uploads/2021/03/Agenda-Sectorial-SPR-Enero-2021.pdf">https://www.spr.org.pe/wp-content/uploads/2021/03/Agenda-Sectorial-SPR-Enero-2021.pdf</a></p>
<p>Asociación Peruana de Hidrógeno (H2) y Engie Impact. (2021). Potencial del hidrógeno verde en el Perú.</p>	<p><a href="https://h2.pe/uploads/20210908_H2-Peru_Estudio-final.pdf">https://h2.pe/uploads/20210908_H2-Peru_Estudio-final.pdf</a></p>
<p>Badia i Dalmases, F. (2021, 23 de noviembre). Los molinos de viento deforestan el Amazonas. El País.</p>	<p><a href="https://elpais.com/planeta-futuro/2021-11-24/los-molinos-de-viento-deforestan-el-amazonas.html">https://elpais.com/planeta-futuro/2021-11-24/los-molinos-de-viento-deforestan-el-amazonas.html</a></p>
<p>BBC. (2010, 17 de noviembre). Torrey Canyon oil in Guernsey quarry 'nearly' removed. BBC News.</p>	<p><a href="https://www.bbc.com/news/world-europe-guernsey-11777335">https://www.bbc.com/news/world-europe-guernsey-11777335</a></p>
<p>Bouchard, J. (2017). Oro, riquezas, recursos y poderes andinos en el Tawantinsuyu. Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines, 46(1), 5-8.</p>	

<p>Boulton, C., Lenton, T. y Boers, N. (2022). Pronounced loss of Amazon rainforest resilience since the early 2000s. <i>Nature Climate Change</i>, 12, 271-278.</p>	<p><a href="https://www.nature.com/articles/s41558-022-01287-8">https://www.nature.com/articles/s41558-022-01287-8</a></p>
<p>Buades, J. (2021, 2 de junio). Repsol: contaminación, agujeros financieros... y poder fáctico en Tarragona. <i>Climática</i>.</p>	<p><a href="https://www.climatica.lamarea.com/repsol-emisiones-contaminacion-tarragona/">https://www.climatica.lamarea.com/repsol-emisiones-contaminacion-tarragona/</a></p>
<p>Chancel, L., Piketty, T., Saez, E. y Zucman, G. (202). World Inequality Report 2022. World Inequality Lab. wir2022.wid.world</p>	
<p>Cárdenas, C. (2020, 8 de setiembre). Megantoni: el distrito más rico de Cusco convive con la pobreza y las sospechas de corrupción. <i>Ojo Público</i>.</p>	<p><a href="https://ojo-publico.com/2076/megantoni-el-distrito-mas-rico-de-cusco-acorralado-por-la-pobreza">https://ojo-publico.com/2076/megantoni-el-distrito-mas-rico-de-cusco-acorralado-por-la-pobreza</a></p>
<p>Carrasco, J., Liñán, E., Liñán, M., Gámez Vintaned, J. y Gozalo, R. (2013). Análisis criptopaleontológico del lapidario de Teofrasto (s. III a.C.). <i>Estudios Geológicos</i>, 69(1), 115-122.</p>	<p><a href="https://estudiosgeol.revistas.csic.es/index.php/estudiosgeol/article/view/879/911">https://estudiosgeol.revistas.csic.es/index.php/estudiosgeol/article/view/879/911</a></p>
<p>Collier, S. y Sater, W. (2010). <i>Historia de Chile 1808-2002</i>.</p>	
<p>De Ambrosio, M. (2018, 31 de octubre). El daño escondido de las hidroeléctricas. <i>SciDevNet</i>.</p>	<p><a href="https://www.scidev.net/america-latina/news/el-dano-escondido-de-las-hidroelectricas/">https://www.scidev.net/america-latina/news/el-dano-escondido-de-las-hidroelectricas/</a></p>
<p>De la Cruz, R., Salazar, C. y Santos, W. (2021). Informe de resultados: Consumo y usos de electricidad 2019-2020. Gerencia de Políticas y Análisis Económico de OSINERGMIN.</p>	<p><a href="https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2691020/ERCUE%20Electricidad%202019-2020.pdf">https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2691020/ERCUE%20Electricidad%202019-2020.pdf</a></p>

<p>Deloitte. (2021). Hoja de ruta de transición energética en Perú. Un modelo energético sostenible para Perú al 2050.</p>	<p><a href="https://www.enel.pe/content/dam/enel-pe/sostenibilidad/hoja-de-ruta-de-transicion-energetica/sesiones/Estudio%20Hoja%20de%20Ruta%20de%20Transici%C3%B3n%20Energ%C3%A9tica%20en%20Per%C3%BA.pdf">https://www.enel.pe/content/dam/enel-pe/sostenibilidad/hoja-de-ruta-de-transicion-energetica/sesiones/Estudio%20Hoja%20de%20Ruta%20de%20Transici%C3%B3n%20Energ%C3%A9tica%20en%20Per%C3%BA.pdf</a></p>
<p>Domínguez, D. (2021, 5 de noviembre). En 2030, los ricos seguirán siendo el principal problema del planeta. Climática.</p>	<p><a href="https://www.climatica.lamarea.com/rico-huella-de-carbono-oxfam/">https://www.climatica.lamarea.com/rico-huella-de-carbono-oxfam/</a></p>
<p>Elliott, J. y Löfgren, Å. (2022). If money talks, what is the banking industry saying about climate change? <i>Climate Policy</i>, 22(6), 743–753.</p>	<p><a href="https://doi.org/10.1080/14693062.2022.2036090">https://doi.org/10.1080/14693062.2022.2036090</a></p>
<p>Encyclopædia Britannica. (s. f.). Major Coal Deposits of the World [Infografía]. Britannica Kids.</p>	<p><a href="https://kids.britannica.com/students/assembly/view/143386">https://kids.britannica.com/students/assembly/view/143386</a></p>
<p>Franta, B. (2018, 1 de enero). On its 100th birthday in 1959, Edward Teller warned the oil industry about global warming. <i>The Guardian</i>.</p>	<p><a href="https://www.theguardian.com/environment/climate-consensus-97-per-cent/2018/jan/01/on-its-hundredth-birthday-in-1959-edward-teller-warned-the-oil-industry-about-global-warming">https://www.theguardian.com/environment/climate-consensus-97-per-cent/2018/jan/01/on-its-hundredth-birthday-in-1959-edward-teller-warned-the-oil-industry-about-global-warming</a></p>
<p>Furter, W. (ed.). (1982). <i>Un siglo de ingeniería química</i>. Plenum Publishing Corporation.</p>	
<p>Garnett, E. y Balmford, A. (2022, marzo). The vital role of organizations in protecting climate and nature. <i>Nature Human Behaviour</i>, 6, 319–321.</p>	<p><a href="https://www.nature.com/articles/s41562-021-01260-z?utm_source=nathumbehav_etoc&amp;utm_medium=email&amp;utm_campaign=toc_41562_6_3&amp;utm_content=20220325">https://www.nature.com/articles/s41562-021-01260-z?utm_source=nathumbehav_etoc&amp;utm_medium=email&amp;utm_campaign=toc_41562_6_3&amp;utm_content=20220325</a></p>
<p>Gudynas, E. (2018). Extractivismos: el concepto, sus expresiones y sus múltiples violencias. <i>Papeles de relaciones ecosociales y cambio global</i>, (143), 61–70.</p>	<p><a href="https://www.fuhem.es/papeles_articulo/extractivismos-el-concepto-sus-expresiones-y-sus-multiples-violencias/">https://www.fuhem.es/papeles_articulo/extractivismos-el-concepto-sus-expresiones-y-sus-multiples-violencias/</a></p>

Harari, Y. (2014). Sapiens. De animales a dioses.	
Harmon, K. (2020, setiembre). Subway to Nowhere. Scientific American, 323(3), 49. doi:10.1038/scientificamerican0920-49	
Harrison, L. (1985). Underdevelopment Is a State of Mind: The Latin American Case.	
Hedar, Y. y Budiyo. (2018). Pollution Impact and Alternative Treatment for Produced Water. E3S Web Conf., 31.	<a href="https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2018/06/e3sconf_icenis2018_03004.pdf">https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2018/06/e3sconf_icenis2018_03004.pdf</a>
Ingol, J. (2015, 27 de julio). La historia del primer auto peruano. Neo Auto.	<a href="https://bit.ly/3hIVLAG">https://bit.ly/3hIVLAG</a>
Instituto Global de Captura y Almacenamiento de Carbono. (2021). Global Status of CCS 2021.	<a href="https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2021/10/2021-Global-Status-of-CCS-Report-Global-CCS-Institute.pdf">https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2021/10/2021-Global-Status-of-CCS-Report-Global-CCS-Institute.pdf</a>
IPS. (2022a, 17 de febrero). La contaminación mata mucha más gente que la covid.	<a href="https://ipsnoticias.net/2022/02/la-contaminacion-mata-muchas-gente-que-la-covid/#utm_admin=146128&amp;utm_source=pocket_mylist">https://ipsnoticias.net/2022/02/la-contaminacion-mata-muchas-gente-que-la-covid/#utm_admin=146128&amp;utm_source=pocket_mylist</a>
IPS. (2022b, 11 de marzo). Emisiones de CO2 procedentes de la energía alcanzan nivel récord.	<a href="https://ipsnoticias.net/2022/03/emisiones-de-co2-procedentes-de-la-energia-alcanzan-nivel-record/#utm_admin=146128&amp;utm_source=pocket_mylist">https://ipsnoticias.net/2022/03/emisiones-de-co2-procedentes-de-la-energia-alcanzan-nivel-record/#utm_admin=146128&amp;utm_source=pocket_mylist</a>
Jiménez, C. e Hidalgo, N. (2009). Los tranvías de Lima, 1878-1965.	

<p>Khare, P., Machesky, J., Soto, R., He, M., Presto, A. y Gentner, D. (2020, setiembre). Asphalt-related emissions are a major missing nontraditional source of secondary organic aerosol precursors. <i>Science Advance</i>, 6(36).</p>	<p><a href="https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abb9785">https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abb9785</a></p>
<p>Lauvaux, T., Giron, C., Mazzolini, M., D'Aspremont, A., Duren, R., Cusworth, D., Shindell, D. y Ciais, P. (2022). Global assessment of oil and gas methane ultra-emitters. <i>Science</i> 375(6580), 557-561.</p>	<p><a href="https://www.science.org/doi/10.1126/science.abj4351">https://www.science.org/doi/10.1126/science.abj4351</a></p>
<p>La República. (2022, 22 de enero). La vez que Barata señaló a Repsol como empresa "con capacidad de aporte" para el fujimorismo. <i>La República</i>.</p>	<p><a href="https://larepublica.pe/politica/2022/01/22/la-vez-que-barata-senalo-a-repsol-como-empresa-con-capacidad-de-aporte-para-el-fujimorismo/">https://larepublica.pe/politica/2022/01/22/la-vez-que-barata-senalo-a-repsol-como-empresa-con-capacidad-de-aporte-para-el-fujimorismo/</a></p>
<p>Laville, S. y Taylor, M. (2017). A million bottles a minute: world's plastic binge 'as dangerous as climate change'. <i>The Guardian</i>.</p>	
<p>León, A. y Zúñiga, M. (2020). La sombra del petróleo: Informe de los derrames petroleros en la Amazonía peruana entre el 2000 y el 2019. Oxfam, Coordinadora Nacional de Derechos Humanos.</p>	<p><a href="https://oi-files-cng-prod.s3.amazonaws.com/peru.oxfam.org/s3fs-public/file_attachments/La-sombra-del-petroleo-esp.pdf">https://oi-files-cng-prod.s3.amazonaws.com/peru.oxfam.org/s3fs-public/file_attachments/La-sombra-del-petroleo-esp.pdf</a></p>
<p>León, A. y Zúñiga, M. (2022). La sombra de los hidrocarburos en el Perú. Oxfam.</p>	<p><a href="https://peru.oxfam.org/la-sombra-de-los-hidrocarburos">https://peru.oxfam.org/la-sombra-de-los-hidrocarburos</a></p>
<p>Luján, E. (2022, 26 de marzo). El aire que respira el Perú es el más contaminado de toda América Latina. <i>La República</i>.</p>	<p><a href="https://larepublica.pe/sociedad/2022/03/26/peru-esta-en-el-puesto-1-de-los-10-paises-de-america-latina-con-la-peor-calidad-de-aire-segun-estudio-de-iquair/">https://larepublica.pe/sociedad/2022/03/26/peru-esta-en-el-puesto-1-de-los-10-paises-de-america-latina-con-la-peor-calidad-de-aire-segun-estudio-de-iquair/</a></p>

Manrique, L. (2021, 13 de julio). Litio: la fiebre del 'oro blanco' (y sus riesgos). Política Exterior.	<a href="https://www.politicaexterior.com/litio-la-fiebre-del-oro-blanco-y-sus-riesgos/#:~:text=La%20mina%20consumir%C3%A1%20miles%20de,carbonato%20de%20litio%20al%20a%C3%B1o">https://www.politicaexterior.com/litio-la-fiebre-del-oro-blanco-y-sus-riesgos/#:~:text=La%20mina%20consumir%C3%A1%20miles%20de,carbonato%20de%20litio%20al%20a%C3%B1o</a>
Mahaveer, S., Prashant, K. y Bharvee, S. (2020). Thermodynamics of Drift Theory of Fossil Fuel Production. European Journal of Molecular & Clinical Medicine, 7(7), 4356-4360.	
Ministerio del Ambiente. (2021). Resumen ejecutivo del INGEI 2016.	<a href="https://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2021/06/Resumen-Ejecutivo-INGEI-2016_Logos.pdf">https://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2021/06/Resumen-Ejecutivo-INGEI-2016_Logos.pdf</a>
Ministerio de Energía y Minas. (2001). Atlas de minería y energía en el Perú 2001.	<a href="https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/institucional/publicaciones/atlas/hidrocarburos/2001_oleoducto_nor_peruan.pdf">https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/institucional/publicaciones/atlas/hidrocarburos/2001_oleoducto_nor_peruan.pdf</a>
Ministerio de Energía y Minas. (2021). Balance nacional de energía 2019.	<a href="https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/1902937-balance-nacional-de-energia-2019">https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/1902937-balance-nacional-de-energia-2019</a>
MOCICC. (2021). Editorial. Ecos Boletín, año 7(5) [Edición especial: Transición energética en América Latina].	<a href="https://mocicc.org/wp-content/uploads/2022/02/mocicc-boletin-ECOS-ABRIL-JUNIO-2021.pdf">https://mocicc.org/wp-content/uploads/2022/02/mocicc-boletin-ECOS-ABRIL-JUNIO-2021.pdf</a>
National Geographic. (s. f.). Marine Pollution. National Geographic.	<a href="https://education.nationalgeographic.org/resource/marine-pollution">https://education.nationalgeographic.org/resource/marine-pollution</a>
Newell, P. y Simms, A. (2019). Towards a fossil fuel non-proliferation treaty. Climate Policy, 20(8), 1043-1054.	<a href="https://doi.org/10.1080/14693062.2019.1636759">https://doi.org/10.1080/14693062.2019.1636759</a>
OECD. (2010). Comparing Nuclear Accident Risks with Those from Other Energy Sources. Nuclear Development, OECD Publishing.	<a href="https://doi.org/10.1787/9789264097995-en">https://doi.org/10.1787/9789264097995-en</a>

Organización de las Naciones Unidas. (2022a). Reporte de misión: Perú.	<a href="https://www.actualidadambiental.pe/derrame-de-petroleo-naciones-unidas-emitio-informe-por-vertimiento-del-crudo-en-mar-peruano/">https://www.actualidadambiental.pe/derrame-de-petroleo-naciones-unidas-emitio-informe-por-vertimiento-del-crudo-en-mar-peruano/</a>
Organización de las Naciones Unidas. (2022b, 7 de marzo). La número dos de la ONU advierte que América Latina no está logrando los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Noticias ONU.	<a href="https://news.un.org/es/story/2022/03/1505202">https://news.un.org/es/story/2022/03/1505202</a>
Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). Índice de precios de los alimentos de la FAO.	<a href="https://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/es/">https://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/es/</a>
Organización Mundial de la Salud. (2018). Global status report on road safety 2018.	<a href="https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684">https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684</a>
Organización Mundial de la Salud. (2021, 22 de setiembre). Contaminación del aire ambiente (exterior) [Nota descriptiva].	<a href="https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health">https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health</a>
OSINERGMIN. (s. f.). Informe de accidentes.	<a href="http://gasnatural.osinerg.gob.pe/contenidos/ciudadania/informe_accidentes.html">http://gasnatural.osinerg.gob.pe/contenidos/ciudadania/informe_accidentes.html</a>
Oswald, Y., Owen, A. y Steinberger, J. (2020, 16 de marzo). Nature Energy, 5, 231-239.	<a href="https://doi.org/10.1038/s41560-020-0579-8">https://doi.org/10.1038/s41560-020-0579-8</a>
Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis.	<a href="https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/">https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/</a>
Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change.	<a href="https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-3/">https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-3/</a>

<p>Pérez, M. (2022, 28 de febrero). Organizaciones indígenas y de derechos humanos piden a Naciones Unidas investigar inversiones en aceite de palma que depredan la Amazonia peruana [Nota de prensa]. Forest Peoples Programme.</p>	<p><a href="https://www.forestpeoples.org/es/february/2022/press-release/unwg-palm-oil-investments-investigate">https://www.forestpeoples.org/es/february/2022/press-release/unwg-palm-oil-investments-investigate</a></p>
<p>Porta, R. (2021, 1 de abril). Anthropocene, the plastic age and future perspectives. FEBS Open Bio, 11(4), 948-953.</p>	<p><a href="https://febs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2211-5463.13122">https://febs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2211-5463.13122</a></p>
<p>Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (s. f.). Facts about Methane.</p>	<p><a href="https://www.unep.org/explore-topics/energy/facts-about-methane">https://www.unep.org/explore-topics/energy/facts-about-methane</a></p>
<p>Rainforest Action Network, BankTrack, Indigenous Environmental Network, Oil Change International, Reclaim Finance y Sierra Club. (2021). Banking on Climate Chaos: Fossil Fuel Finance Report 2021.</p>	<p><a href="https://www.bankingonclimatechaos.org/wp-content/uploads/2021/10/Banking-on-Climate-Chaos-2021.pdf">https://www.bankingonclimatechaos.org/wp-content/uploads/2021/10/Banking-on-Climate-Chaos-2021.pdf</a></p>
<p>REN21. (2021). Renewables 2021 Global Status Report.</p>	<p><a href="https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2021_Full_Report.pdf">https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2021_Full_Report.pdf</a></p>
<p>Ríos, A. (2020). Transición energética en el Perú: Sustento y experiencias.</p>	<p><a href="https://mocicc.org/wp-content/uploads/2020/12/mocicc-recursos-Libro_final_energia.pdf">https://mocicc.org/wp-content/uploads/2020/12/mocicc-recursos-Libro_final_energia.pdf</a></p>
<p>Robinson, E. y Robbins, R. C. (1968). Fuentes, abundancia y destino de contaminantes atmosféricos gaseosos.</p>	
<p>Ryan, P., Dilley, B., Ronconi, R. y Connan, M. (2019, 15 de octubre). Rapid increase in Asian bottles in the South Atlantic Ocean indicates major debris inputs from ships. PNAS, 116(42), 2089-20897.</p>	<p><a href="https://www.pnas.org/doi/epdf/10.1073/pnas.1909816116">https://www.pnas.org/doi/epdf/10.1073/pnas.1909816116</a></p>

<p>Saget, C., Vogt-Schilb, A., Luu, T. (2020). El empleo en un futuro de cero emisiones netas en América Latina y el Caribe. BID, OIT.</p>	<p><a href="https://publications.iadb.org/es/el-empleo-en-un-futuro-de-cero-emisiones-netas-en-america-latina-y-el-caribe">https://publications.iadb.org/es/el-empleo-en-un-futuro-de-cero-emisiones-netas-en-america-latina-y-el-caribe</a></p>
<p>Salisbury, C. (2016, 26 de enero). La pérdida de bosques subió exponencialmente a lo largo de 25 años cerca a la represa más grande de la Amazonía brasileña. Mongabay.</p>	<p><a href="https://es.mongabay.com/2016/01/la-perdida-de-bosques-subio-exponencialmente-a-lo-largo-de-25-anos-cerca-a-la-represa-mas-grande-de-la-amazonia-brasilena/">https://es.mongabay.com/2016/01/la-perdida-de-bosques-subio-exponencialmente-a-lo-largo-de-25-anos-cerca-a-la-represa-mas-grande-de-la-amazonia-brasilena/</a></p>
<p>Sánchez, C. (2022, 7 de marzo). El suministro de energía y alimentos en vientos de guerra: Rusia-Ucrania. Alimentos y Poder.</p>	<p><a href="https://alimentosypoder.com/2022/03/07/el-suministro-de-energia-y-alimentos-en-vientos-de-guerra-rusia-ucrania/">https://alimentosypoder.com/2022/03/07/el-suministro-de-energia-y-alimentos-en-vientos-de-guerra-rusia-ucrania/</a></p>
<p>SEI, IISD, ODI, E3G y UNEP. (2021). Informe sobre la brecha de producción 2021. Resumen ejecutivo.</p>	<p><a href="http://productiongap.org/2021report">http://productiongap.org/2021report</a></p>
<p>SERVINDI. (2022a, 23 de marzo). Más de 1.9 millones de ha de bosque primario se perdieron en 2021.</p>	<p><a href="https://www.servindi.org/actualidad/23/03/2022/mas-de-19-millones-de-ha-de-bosque-primario-se-perdieron-en-2021?utm_source=pocket_mylist">https://www.servindi.org/actualidad/23/03/2022/mas-de-19-millones-de-ha-de-bosque-primario-se-perdieron-en-2021?utm_source=pocket_mylist</a></p>
<p>SERVINDI. (2022b, 2 de marzo). Lote 64: "Estamos decididos a no dejar ingresar a las empresas petroleras".</p>	<p><a href="https://www.servindi.org/actualidad-noticias/02/03/2022/lote-64-estamos-decididos-no-dejar-ingresar-las-empresas-petroleras?utm_source=pocket_mylist">https://www.servindi.org/actualidad-noticias/02/03/2022/lote-64-estamos-decididos-no-dejar-ingresar-las-empresas-petroleras?utm_source=pocket_mylist</a></p>
<p>SERVINDI. (2022c, 2 de marzo). ¿Por qué Petroperú debe dar mantenimiento al Oleoducto NP?</p>	<p><a href="https://www.servindi.org/actualidad-noticias/02/03/2022/por-que-petroperu-debe-dar-mantenimiento-al-oleoducto-norperuano">https://www.servindi.org/actualidad-noticias/02/03/2022/por-que-petroperu-debe-dar-mantenimiento-al-oleoducto-norperuano</a></p>
<p>Sierra, Y. (2019, 7 de mayo). Informe IPBES: Un millón de especies en peligro de extinción y bosques tropicales bajo ataque. Mongabay.</p>	<p><a href="https://es.mongabay.com/2019/05/informe-cientifico-extincion-bosques-tropicales/">https://es.mongabay.com/2019/05/informe-cientifico-extincion-bosques-tropicales/</a></p>

Sierra, Y. (2022, 19 de enero). Derrame de más de 11 mil barriles de petróleo en el mar contamina fauna, playas y áreas protegidas en Perú. Mongabay.	<a href="https://bit.ly/3FuAQ6k">https://bit.ly/3FuAQ6k</a>
Speth, J. (2021). They Knew. The US Federal Government's Fifty-Year Role in Causing the Climate Crisis. MIT Press.	
Statista. (2021). International seaborne trade carried by container ships from 1980 to 2020 [Gráfico de barras].	<a href="https://www.statista.com/statistics/253987/international-seaborne-trade-carried-by-containers/">https://www.statista.com/statistics/253987/international-seaborne-trade-carried-by-containers/</a>
Statista. (2022). Consumo mundial de petróleo de 1998 a 2021 [Gráfico de barras].	<a href="https://es.statista.com/estadisticas/635472/volumen-de-petroleo-consumido-a-nivel-mundial/">https://es.statista.com/estadisticas/635472/volumen-de-petroleo-consumido-a-nivel-mundial/</a>
Tandon, A. (2022). Declining 'resilience' pushing Amazon rainforest towards tipping point. Carbon Brief.	<a href="https://www.carbonbrief.org/declining-resilience-pushing-amazon-rainforest-towards-tipping-point/">https://www.carbonbrief.org/declining-resilience-pushing-amazon-rainforest-towards-tipping-point/</a>
Teske, S. y Niklas, S. (2021). Fossil Fuel Exit Strategy: An orderly wind down of coal, oil and gas to meet the Paris Agreement. University of Technology Sydney.	<a href="https://fossilfuel treaty.org/exit-strategy/#pr">https://fossilfuel treaty.org/exit-strategy/#pr</a>
Universidad del Valle. (2015, 18 de setiembre). Impactos ambientales de los monocultivos. Agencia de Noticias Univalle.	<a href="https://www.univalle.edu.co/medio-ambiente/impactos-ambientales-de-los-monocultivos">https://www.univalle.edu.co/medio-ambiente/impactos-ambientales-de-los-monocultivos</a>



