

Revista de divulgación científica

Libros & Ciencias

Nº4 - Julio 2022



Contaminación

Benjamín Blass – Rolando Cruz – Nicole Fadellin – Myra E. Flores
Yuri Hooker – Hans Huerto – Irina Podgorny – Juan Carlos Quintana –
Fernando Villarán

© Biblioteca Nacional del Perú
Av. De la Poesía N° 160, San Borja.
Lima, Perú.

© Consejo Nacional de Ciencia,
Tecnología e Innovación Tecno-
lógica
Calle Chinchón N° 867, San Isidro.
Lima, Perú.

Fabiola Vergara Rodríguez
**Jefa Institucional de la Biblioteca
Nacional del Perú**

Benjamín Marticorena Castillo
**Presidente del Consejo Nacional de
Ciencia, Tecnología e Innovación
Tecnológica (CONCYTEC)**

Sandro Tucto Trigoso
**Director de la Dirección del Acceso y
Promoción de la Información (BNP)**

Roger Cáceres Atocha
**Coordinador del Equipo de Gestión
Cultural, Investigaciones y Ediciones
(BNP)**

Pedro Bernal Pérez
**Director (e) de la Dirección de
Políticas y Programas de CTel
(CONCYTEC)**

Coordinación general: Neydo
Hidalgo Minaya
Edición: Gracia Angulo Flores
Diseño y diagramación: Daniela
Abad Mariñas
Infografías: CONCYTEC

Primera Edición: Julio 2022

Hecho el Depósito Legal en la
Biblioteca Nacional del Perú N°2020-
08702

ÍNDICE

4 Presentación

Panorama de la ciencia

7 La contaminación puede paralizar la economía del país
Fernando Villarán

Ciencia y sociedad

14 Marea negra: cuando la vida no tiene adónde escapar
Yuri Hooker

21 La remediación ambiental de las zonas afectadas por la actividad de hidrocarburos en la selva peruana
Juan Carlos Quintana

25 Océano; o sea, NO. Paisajes humanizados en el mundo americano
Irina Podgorny

Investigación en el Perú

32 La contaminación del aire: un asesino silencioso, pero más letal que el SARS-CoV-2
Myra E. Flores

Investigación en marcha

39 Ciencia que descontamina
Hans Huerto

Fronteras de la ciencia

46 Glaciares: los almacenes más altos de contaminantes
Rolando Cruz

Ciencia sobre papel

53 Despertar un sentido de responsabilidad: Las denuncias de Dora Mayer contra la Cerro de Pasco Corporation (1913-1914)
Benjamín Blass y Nicole Fadellin

PRESENTACIÓN

La Biblioteca Nacional del Perú y el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) aúnan esfuerzos y establecen lazos de cooperación interinstitucional para la publicación de *Libros & Ciencias*, revista de divulgación que abarcará temas de interés nacional en los cuales la ciencia y la tecnología dan aportes y soluciones.

Libros & Ciencias tiene como uno de sus objetivos principales comunicar al público no especializado temas científicos y tecnológicos que despiertan el interés actual. A través de sus páginas, los y las lectores/as podrán conocer cómo se realiza la investigación en el Perú y el mundo, cómo se producen el avance científico y el desarrollo tecnológico, cómo estos avances influyen en nuestras vidas y en la mejora de las sociedades, qué conocimiento científico y tecnológico se está desarrollando en nuestro país, entre otros temas.

Este cuarto número se enfoca en la **Contaminación**, fenómeno que se define como la presencia de elementos o sustancias en el aire, tierra, mar u otros elementos, que son nocivas para la salud humana y para la vida en general. Se trata de un fenómeno que puede tener serias consecuencias como la muerte, la aparición de enfermedades, la extinción de especies, fenómenos meteorológicos inusuales, entre otras.

Cabe señalar, además, que la contaminación es un tema especialmente sensible en nuestro país debido a las altas tasas de contaminantes que se presentan en nuestro territorio. Solo por citar un ejemplo, el Perú encabeza un lamentable ranking como el país que posee la peor calidad de aire a nivel de la región, según un 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. Asimismo, durante los primeros meses del año fuimos testigos de un terrible desastre ecológico en nuestras costas. Por ello, con este número, buscamos generar conciencia sobre la importancia de combatir este mal y aportar a la prevención de sus causas.

Agradecemos a los y las colaboradores/as que han hecho posible la realización de este número: Benjamín Blass, Rolando Cruz, Nicole Fadellin, Yuri Hooker, Hans Huerto, Myra E. Flores, Irina Podgorny, Juan Carlos Quintana y Fernando Villarán.



1

**PANORAMA DE
LA CIENCIA**

La contaminación puede paralizar la economía del país

Fernando Villarán



Vista del imponente complejo ceremonial de Cahuachi

Hace pocos días estuve visitando Cahuachi, una ciudadela y centro ceremonial de la cultura Nazca, ubicada a diez kilómetros de la ciudad del mismo nombre. Se trata de una maravilla arquitectónica construida por una cultura que se desarrolló entre los años 300 A.C. y 300 D.C., con fuerte influencia de la cultura Paracas y también, más tardíamente, de la cultura Chavín. Un extraordinario ejemplo del grado de desarrollo social y espiritual, en armonía con la naturaleza (expresado en el claro dominio

de la escasa agua dulce de la zona), de nuestros antepasados. Todo un orgullo nacional.

Durante el recorrido, desde el centro de la ciudad, pude observar muchas aglomeraciones de basura en el borde de la carretera y también en el camino hacia la ciudadela. Desechos orgánicos e inorgánicos, en los que predominaban los objetos de plástico y de cartón que el aire se encargaba de repartir a grandes distancias. Noté otro tanto en los alrededores de la ciudad de Ica, en camino a Nazca: grandes cantidades de basura esparcidas

a ambos lados de la carretera, entremezclándose con las empresas agroexportadoras, que son el motor de la economía de la región. En el desvío a Paracas, y ya cerca del mar, pude ver cantidades de desechos: montañas de conchas de abanico, esqueletos y escamas de pescado expidiendo su mal olor, un poco diferente al de las basuras descritas anteriormente, pero con el mismo grado de pestilencia.

En menos de tres días de viaje pude comprobar, de primera mano, la extensa contaminación de la tierra, el aire y



A lo largo del camino a Nazca, se observan grandes acumulaciones de basura a ambos lados de la carretera

el mar en esa región de nuestro país. Desgraciadamente no es un caso aislado; estas situaciones se repiten en casi todo el territorio nacional. Además de que significan una degradación de las condiciones de vida de nuestras poblaciones, lo que ya es suficientemente grave, estos casos reflejan la precariedad en que se encuentran tres de las actividades más importantes del Perú: el turismo, la agroexportación y la pesca.

Los turistas que vienen al país, sobre todo los provenientes de los países desarrollados (que son los que más dólares nos dejan) tienen cada día una mayor conciencia ambiental y, por lo tanto, se dan perfecta cuenta de la contaminación que rodea los centros arqueológicos que visitan. Seguramente, al ver tanta basura van a recortar su

visita al país, van a dejar de visitar otros lugares turísticos, no van a regresar en los años siguientes, y recomendarán a sus familiares y amigos que no vengan al Perú.

Siempre me he preguntado por qué Chile, que tiene mucho menos atractivos turísticos que el Perú, logra captar una cantidad mayor de turistas. Según datos del Banco Mundial, en el año 2019 (año anterior a la pandemia) llegaron a Chile 5.4 millones de turistas extranjeros. En ese mismo año, llegaron al Perú 4.4 millones. ¿No será que una de las razones por las que Chile capta un mayor número de turistas es que no tienen basura ni contaminación en sus carreteras, caminos y lugares turísticos? No solo los turistas de mayores ingresos son más conscientes de la contaminación, también lo son las

nuevas generaciones. ¿Creen que los seguidores de Greta Thunberg van a venir a conocer y pasear por el Perú, aun en condición de mochileros, si es que saben que tenemos nuestros centros arqueológicos y nuestras ciudades sucias y contaminadas?

El caso de la agroexportación es todavía más grave. Como se sabe, las empresas que exportan frutas y hortalizas a los países desarrollados tienen que pasar rigurosas certificaciones de calidad exigidas por las autoridades sanitarias y alimentarias de sus respectivos países. Las empresas agroexportadoras peruanas reciben, cada cierto tiempo, a representantes de las empresas certificadoras, la mayoría de ellas extranjeras, que vienen a comprobar las condiciones laborales, sanitarias, agrícolas y ambientales

con las que se cultivan y cosechan sus productos. Me imagino que la mayoría de ellos llega en avión o en helicóptero a los lugares de inspección, pero si llegaran en algún medio de transporte terrestre, sin duda notarían las cantidades de basura que existen en los alrededores de las agroexportadoras. Y, por supuesto, no faltaría alguno que se fije con atención y registre esta contaminación en su informe.

Pero no es necesario esperar tanto; lo más probable es que, antes que ello ocurra, se produzca una epidemia de la mosca de la fruta que, como se sabe, se origina, cría y reproduce en la basura. Si esto ocurre se cerrarían en forma automática todos los mercados del mundo para los productos agrícolas peruanos. Sería una catástrofe. Por ello los países exportadores de alimentos, a nivel mundial, son muy cuidadosos en eliminar completamente la basura y otros focos infecciosos de sus territorios. En esos países, dejar libres de basura a sus calles, caminos, campos y carreteras, no es solo una cuestión de cultura y calidad de vida, sino también de defensa de sus negocios, su empleo y las divisas que generan las exportaciones agrícolas.

Los productos agrícolas de exportación, tanto no tradicionales como tradicionales, se han convertido en uno de los principales motores del crecimiento económico del país. Según cifras del INEI, en el año 2021, se exportaron 6677 millones de dólares en productos agrícolas, lo que significó un crecimiento de 15% respecto a las exporta-



La agroexportación se ha convertido en uno de los principales motores del crecimiento económico del país.

ciones del año 2020. Entre los principales productos agrícolas se encuentran: uvas (1089 millones de dólares), arándanos (1002 millones de dólares), paltas (846 millones de dólares), mangos (406 millones de dólares), café (380 millones de dólares), espárragos (304 millones de dólares) y cacao (128 millones de dólares). Estos logros son producto del esfuerzo de decenas de grandes empresas, cientos de medianas y miles de pequeñas empresas exportadoras que generan cientos de miles de puestos de trabajo. Todo ello está en riesgo si aparece la mosca de la fruta o alguna otra plaga que se esconde en la basura esparcida por todo el territorio nacional, y que puede cerrarles las puertas a nuestras exportaciones hacia los países desarrollados.

En el caso de la pesca, la situación es similar. Las exportaciones peruanas de productos pesqueros alcanzaron en el 2021 la cifra de 2470 millones de dólares, lo que representa un incremento de 40% respecto a la

cifra del año anterior. El Perú es uno de los grandes países pesqueros del mundo.

Si nos fijamos en las cifras de captura de productos marinos a nivel mundial, el Perú aparece como el quinto productor (en millones de toneladas métricas de pescado), después de China, Indonesia, India y Rusia, pero en realidad estas cifras son engañosas. La verdad es que las flotas de estos países, y de otros considerados también como «países pesqueros» (como España, Japón y Corea del Sur), provienen de la captura de peces en el Pacífico Sur, es decir, frente a las costas del Perú, Chile y Ecuador Noticias (BBC, 27 de febrero de 2018). Es de nuestros mares de donde ellos obtienen su pescado (aunque aparezca como propio en las estadísticas de pesca mundial), sencillamente porque le quedan muy pocos peces en sus propias costas: los han depredado con años de sobrepesca. Ahora vienen a depredar nuestros mares.

En realidad, nuestros mares se han convertido en la gran despensa alimentaria del mundo; un mundo en el que, a pesar de todos los avances tecnológicos, hay todavía muchas personas que padecen hambre. Si bien es cierto que debemos proteger nuestro mar de los depredadores para garantizar una oferta de peces y mariscos adecuada para nosotros y las futuras generaciones, también es cierto que tenemos la gran responsabilidad de preservar esas riquezas marinas como reserva alimentaria para la humanidad entera. Tendremos que ponernos de acuerdo con las grandes flotas de las potencias pesqueras, y regular adecuadamente su presencia y pesca en nuestros mares, pero no debemos ceder ni un milímetro en defender su adecuada conservación.

Justamente por ello es vital mantener nuestros mares, lagos y ríos limpios, libres de contaminación. Tenemos que cuidarlos para que los peces que los habitan crezcan y se multipliquen, y lo puedan hacer en condiciones óptimas de higiene y salud. Continuar contaminando los mares, como viene ocurriendo hasta el momento en el Perú, pone en riesgo nuestra ingente riqueza pesquera, que no solo es nuestra sino de la humanidad entera.

De continuar en este equivocado camino, permitiendo el aumento de la contaminación de nuestros mares, puede llegar el día en que los países desarrollados prohíban la importación de nuestros peces, pues les podrían encontrar metales pesados, bacterias y

otros agentes tóxicos. La pesca, al igual que el turismo y la agroexportación, también están en riesgo.

De acuerdo con las más recientes teorías sobre el desarrollo sostenible, impulsadas por instituciones como el Banco Mundial, existen tres tipos de capital: (i) el capital productivo y financiero (la medición tradicional, expresada en el PBI), (ii) el capital humano y social (que se relaciona con la calificación de los recursos humanos y su capacidad de cooperación), y (iii) el capital natural (biodiversidad, bosques, fuentes de energía renovables, agua dulce, pesquerías, tierras agrícolas). Este último capital, el capital natural, viene siendo reconocido como tal, cada vez con mayor fuerza, como una fuente de desarrollo para todos los países del mundo (BM, 2021).

A estos tres tipos de capital, podríamos añadir uno cuarto, el capital cultural (Oliva, 2018). Aunque se trata de un concepto reciente, viene ganando aceptación en los círculos académicos del mundo entero. Este concepto tiene dos vertientes, por un lado, se encuentran los recursos arqueológicos heredados del pasado de las culturas que a lo largo del tiempo surgieron y se desarrollaron en casi todos los países y, por otro lado, las nuevas industrias culturales que vienen creciendo en forma exponencial, impulsadas, muchas de ellas, por la revolución digital (Buitrago y Duque, 2013).

Las industrias culturales abarcan una amplia gama de actividades: la arquitectura, las artes visuales y escéni-

cas, museos y centros arqueológicos, las artesanías, el cine, el diseño, las editoriales, la investigación y el desarrollo, los juegos y los juguetes, la moda, la música, la publicidad, el software, la TV y la radio, los videojuegos. Esta es la clasificación hecha por John Howkins, autor de *La economía creativa*. Todas ellas representan el 8% del PBI mundial, y en algunos países llegan al 15% de sus respectivos PBI. A nivel macroeconómico estas actividades están clasificadas bajo el rubro de servicios, ese sector que crece sin descanso; pero esa sumatoria es engañosa, hay mucha diferencia entre otorgar un préstamo de diez mil soles y producir un videojuego.

La racionalidad es clara: a mayor capital productivo, mayor desarrollo; a mayor capital humano, mayor desarrollo; a mayor capital natural, mayor desarrollo; a mayor capital cultural, mayor desarrollo. Todavía no se ha medido cuánto aportan al desarrollo cada una de estas cuatro formas de capital, pero es evidente que el capital natural y el capital cultural vienen aumentando su participación a pasos agigantados. Cada año que pasa, estos dos nuevos tipos de capital se vuelven más importantes.

Por ello es indispensable, urgente y vital eliminar la basura del territorio nacional. Tenemos que cuidar, hacer crecer y aprovechar nuestro capital natural y cultural. Toda la población del país debe participar: (i) desde la escuela, se pueden organizar brigadas de niños y jóvenes (con

los equipos adecuados) para limpiar los alrededores de sus escuelas y barrios; (ii) desde los municipios, que ya tienen asignada esta función pero que no la están cumpliendo adecuadamente, deben liderar la limpieza efectiva de sus respectivos distritos y provincias; (iii) desde el Ministerio de Cultura, se debe limpiar con pulcritud los centros arqueológicos bajo su responsabilidad; (iv) desde el Ministerio de la Producción (que incluye a la pesca), debe extremarse el celo, en coordinación con la Marina de Guerra y otras instituciones, para defender y limpiar nuestros mares y ríos; (v) desde el Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social (MIDIS), se deben canalizar los programas sociales

para colaborar con las labores de limpieza, que también es la base de la salud; (vi) desde las universidades y centros de investigación, deben descubrirse los mejores métodos y equipos para limpiar nuestros recursos naturales y culturales, y mantenerlos limpios por mucho tiempo.

En suma, se necesita de una movilización nacional. Solo de esta manera lograremos cuidar la salud de amplios sectores sociales, mejorar la calidad de vida de la población nacional, defender a tres de nuestros principales motores del crecimiento (turismo, agroexportación, pesca), aumentar y aprovechar nuestro capital natural y capital cultural. Se trata de orientarnos con firmeza y consistencia hacia el desarrollo sos-

tenible, objetivo que la mayoría de los países están persiguiendo, pues tenemos las mayores posibilidades de alcanzarlo. El pleno aprovechamiento de nuestras fortalezas en el campo del capital natural, el capital cultural y el capital social, nos ponen en clara ventaja frente a países más desarrollados muchos de los cuales han destruido sus bosques, no tienen biodiversidad, han contaminado sus ríos y lagos, han depredado sus mares, han olvidado los valores de la solidaridad y el amor por la naturaleza.

Es una oportunidad única que debemos aprovechar, que tiene una ventana de tiempo definida y que, posiblemente, no se va a presentar nuevamente. Es hora de actuar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banco Mundial - BM (2021). *The Changing Wealth of Nations, Managing Assets for the Future*. Washington: Banco Mundial.

BBC Noticias (27 de febrero de 2018). «Los mapas que muestran como cinco países acaparan el 85% de la pesca industrial mundial». Los mapas que muestran cómo solo 5 países acaparan el 85% de la pesca industrial del mundo - BBC News Mundo

Buitrago, F y Duque, I. (2013). *La economía naranja, La oportunidad infinita*. Washington: Banco Interamericano de Desarrollo. (25) La economía naranja- Una oportunidad infinita Felipe Buitrago e Ivan Duque | Luz M Camelo - Academia.edu

Oliva, J (2018). *El concepto de capital cultural como categoría de análisis de la producción cultural*. México D.F.: Universidad de Santo Tomás.



2

**CIENCIA Y
SOCIEDAD**

Marea Negra: cuando la vida no tiene adónde escapar

Yuri Hooker



Al describir las maravillas de la naturaleza y la flora y fauna que alberga el Perú, no es usual pensar en el océano pues, como organismos terrestres que somos, tenemos una desconexión natural con la vida que existe por debajo de la superficie del agua. Sin embargo, cuando los peruanos pensamos en el mar como proveedor de alimentos y base importante de nuestra gastronomía, lo tenemos en lo más alto de nuestros reconocimientos de peruanidad como un recurso inmensamente rico e inagotable. No

obstante, no es frecuente pensarlo como un espacio megadiverso, con especies únicas, llenas de color y con modos de vida sumamente delicados y vulnerables ante la depredación humana que cada día lo agota más.

Un momento importante que significó un cambio profundo en la percepción de la vulnerabilidad del mar en la población se dio en el 2012, cuando cientos de delfines vararon y murieron en la costa norte, por causas que no fueron posibles de esclarecer. Ese episodio sirvió para que muchos descubrieran que existían

delfines en el Perú, que la vida en el mar es delicada, frágil y que el humano puede generar cambios profundos en el ambiente marino y afectar a especies tan carismáticas como los delfines.

El 15 de enero de este año, ocurrió otro evento que indignó a todo el país y que generó una reacción sin precedentes en la sociedad: el derrame de más de 11 mil barriles de petróleo en el mar de Ventanilla, Callao, durante una operación de desembarque del combustible en la refinería La Pampilla, administrada por Repsol.



Derrame acaecido en la refinería La Pampilla, administrada por Repsol, en enero de 2022. Foto: ANDINA/Jhonel Rodríguez Robles

El paraíso amenazado

Al norte de Ventanilla existe un área marina de espectacular belleza y gran diversidad biológica que se inicia en Playa Cavero y se extiende hasta las poco accesibles playas de la costa de Pasamayo, al norte de la bahía de Ancón.

El litoral entre Cavero y la bahía de Ancón está formado por agrestes acantilados que esconden entre sus paredes hermosas playas de arena, algunas de ellas inaccesibles desde tierra y otras convertidas en balnearios muy concurridos en el verano. Numerosos islotes se encuentran dispersos a lo largo de este litoral, expandiéndose hacia mar abierto, donde múltiples islas e islotes llenos de miles de aves guaneras forman el conjunto denominado «Islas de Pescadores», un área natural protegida por el Estado y que es parte de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras (RNIIPG), administradas por el Servicio Nacional de Áreas Na-

turales Protegidas (SERNANP) y por Agrorural. Así también, el litoral desde Punta Mulatos, toda la bahía de Ancón y gran parte de Pasamayo, son un área natural protegida: la Zona Reservada de Ancón.

La bahía de Ancón es una de las pocas bahías que existen en el Perú. Por la belleza de sus playas se convirtió en uno de los balnearios históricos más importantes del país, además de tener un legado arqueológico de alrededor de diez mil años de antigüedad. Casi toda la actividad económica del lugar se sustenta en el turismo y la pesca, donde poco más de trescientos pescadores artesanales pescan y extraen mariscos en el litoral desde Ventanilla hasta Pasamayo, incluyendo las islas Pescadores.

Sin embargo, existen mucho más pescadores que los registrados en la bahía de Ancón, pues, en los alrededores, existen inmensas zonas de expansión urbana y asentamientos humanos desde don-

de llegan diariamente decenas de pescadores para pescar con sus anzuelos desde los agrestes acantilados y llevar alimentos a sus familias.

El Instituto del Mar de Perú (IMARPE) identifica toda esta área marina como banco natural de numerosos recursos pesqueros, donde destacan mariscos como pulpos, caracoles negros, conchas navaja, choros, cangrejos, lapas, chanques y almejas, además de peces como el pejerrey, chita, pintadilla, lenguado, entre otros.

Además de las especies que son explotadas por la pesquería, la diversidad de aves marinas litorales es enorme, incluyendo poblaciones de lobos marinos y especies muy amenazadas como nutrias marinas, pingüinos de Humboldt y chuitas. Casi todo el litoral rocoso está cubierto por infinidad de algas e invertebrados intermareales y el fondo marino tiene praderas de algas gigantes, yuyos, esponjas marinas, anémonas, estrellas de mar y un gran muestrario de la biodiversidad propia del gran ecosistema de Humboldt.

Un mal que se expande

Luego del derrame de petróleo en Ventanilla, la marea negra que flotaba sobre la superficie del mar empezó a ser llevada hacia el norte por la corriente y los vientos alisios que soplan incansables de sur a norte. Las playas de arena empezaron a cubrirse de negro, mientras densas y oscuras olas rompían contra los acantilados, cubriendo las rocas con una capa viscosa de petróleo. A los dos días del derrame, la magnitud del desastre era más que evidente. Mientras los culpables



Patillo y su cría fueron hallados muertos en las costas de Ventanilla.
Foto: La República/ Carlos Felix

se escondían bajo la indiferencia, las autoridades descubrirían que no tenían la menor idea de cómo actuar ante un evento como este, aunque en papeles ocultos en los escritorios y en numerosas de leyes y reglamentos, los protocolos sí existían.

Más de 30 kilómetros de litoral, entre Ventanilla y las playas de Chancay, se fueron llenando de petróleo y animales agonizantes. La masa viscosa atrapó a muchas aves que nunca se habían enfrentado a un monstruo así en su hábitat y fueron cayendo una a una por cientos, con sus plumas cubiertas de petróleo, atragantándose con el líquido denso, apesoso e irritante que también quemaba su piel y sus ojos.

El asesino que se esconde

Los especialistas en hidrocarburos coinciden en que no existe un solo tipo de petróleo y que cada zona de explotación en el mundo tiene petróleo con una composición úni-

ca. Pero también coinciden en que el petróleo es tóxico y en que sus componentes son peligrosos para los organismos vivos y el ambiente.

Mientras Jaime Fernández-Cuesta, presidente de la empresa Repsol, en una entrevista televisada trataba de convencer que el petróleo no se hunde en el mar y que no contamina con metales pesados porque es un hidrocarburo, montañas de publicaciones y evidencia científica alrededor del mundo mostraban los efectos de los derrames de petróleo en el fondo del mar, y la acumulación de contaminantes y metales pesados en los cuerpos de organismos acuáticos.

El petróleo es una mezcla de numerosos compuestos orgánicos, en especial una gran diversidad de moléculas formadas por hidrógeno y carbono (hidrocarburo), además de otros elementos químicos que incluyen azufre, nitrógeno, oxígeno y trazas de metales pesados. La mayoría de los

compuestos del petróleo son insolubles en agua, varios de ellos volátiles, por lo que se evaporan rápidamente y otros que pueden ingresar en el agua.

Si bien el petróleo inicialmente no se mezcla con el agua, cuando cae en el mar sufre cambios químicos y físicos en el tiempo que van cambiando su condición de compuesto flotante hasta que, finalmente, buena parte de este contaminante termina en el fondo del mar. Por un lado, el petróleo se va haciendo más denso y pesado según los hidrocarburos volátiles van evaporándose. Una parte del petróleo empieza a ingresar al sistema acuático por acción del oleaje que lo rompe en minúsculas gotitas que, por su pequeño tamaño, van quedando atrapadas en la densidad del agua de mar, un proceso físico llamado «emulsión».

Por otro lado, la capa de petróleo que flota en la superficie se va expandiendo poco a poco hasta convertirse en una delgada capa aceitosa que cubre la superficie. Durante este proceso, los microorganismos del plancton van adhiriéndose a esta trampa viscosa que flota sobre el mar, así como también las minúsculas partículas de polvo y arena suspendidas en el agua por el oleaje y la corriente. El peso que estas partículas agregan al petróleo hace que pierda su flotabilidad y vaya cayendo al fondo del mar como pequeñas pero densas gotas, que terminan depositadas sobre los sedimentos y organismos poco móviles del fondo marino. La desaparición del petróleo en el tiempo de la superficie del mar ocurre, principalmente, a causa de este proceso.

Vida que se desvanece

El impacto real sobre los organismos del derrame de petróleo de Ventanilla es casi imposible de evaluar, pues sus efectos se verán a largo plazo. Fueron muy impactantes las imágenes en los primeros días del desastre, cuando se veía a las aves cubiertas de petróleo agonizando en las manos de los rescatistas, o la familia de nutrias flotando muertas en la superficie del mar mientras otra nutria se revolcaba de desesperación en una playa de Ancón. También fue doloroso ver cómo las aves rescatadas, a las que trataron de salvar en el Parque de Las Leyendas, iban muriendo una a una, pudiendo sobrevivir solo una pequeña parte de estas.

Sin embargo, los que estuvimos en campo, veíamos que lo que se encontraba en las playas era solo una pequeña parte del impacto en el ambiente. Un mes después del derrame, el SERNANP aún encontraba una decena de aves muertas cada día y, cabe destacar que se solo se trataba de las que encontraban en su ruta de navegación hacia isla Grande, la mayor de las islas Pescadores. Muchas otras aves muertas se veían a lo lejos en otros sectores del mar, llevadas por la corriente, así como las que iban muriendo lentamente sobre las islas. Un hecho curioso es que muchas de estas aves ya no presentaban manchas importantes de petróleo como en los primeros días, sino solo un poco de oscurecimiento de las plumas blancas de sus pechos, causado por los rezagos de petróleo que aún se observaban en algunos sectores del mar, especialmente en forma de es-

puma con petróleo emulsionado. Este tipo de ensuciamiento de las plumas genera dos problemas en el ave, una es que, al apelmazarse las plumas externas que deberían mantenerse impermeables, hace que el agua ingrese y moje el plumaje interno y la piel del ave, generando la rápida pérdida de calor. Otro efecto grave es la ingestión de petróleo por el ave al intentar limpiarse las plumas contaminadas con el pico, lo que lleva a que el material viscoso sea ingerido por el animal. Esas toxinas irán generando daño al hígado y riñones hasta causarle la muerte.

Algo similar estaría ocurriendo con las nutrias, cuya población en el litoral del área afectada se estima que disminuyó a menos de la mitad durante la primera semana del incidente. Sin embargo, un mes después del derrame, murió una de las nutrias sobrevivientes. Comparativamente, en el derrame del buque Exxon Valdez en Alaska en 1989, aun se registraban muertes de nutrias 10 años después del evento, con daño hepático a causa de los contaminantes de petróleo. 25 años después, recién se recuperaron las poblaciones normales de nutrias en el área, aunque hasta la actualidad se registran contaminantes de petróleo en el ambiente.

¿Y qué ocurrió bajo el agua? Un indicativo fue el constante varamiento de conchas de choros, cangrejos y muymuyes en las playas. Lamentablemente, nadie estuvo en el lugar evaluando estos organismos, pues se priorizó a las aves y mamíferos. Por su lado, el personal de la empresa que limpiaba las playas contaminadas

tenía como misión recoger y echar diariamente a los contenedores de material contaminado todo lo que se varase en la orilla.

En los invertebrados, la mayor mortandad observada se dio en organismos intermareales que vivían en sectores donde el petróleo impactó de manera directa, especialmente en el intermareal y en aguas muy poco profundas, como en el sector Los Pocitos, al norte de la bahía de Ancón.

Sin embargo, en gran parte del litoral contaminado de manera directa, la mayoría de los organismos del intermareal se mantuvieron vivos y aparentemente saludables. Hemos registrado incluso choritos (bivalvos de la familia Mytilidae) con sus conchas cubiertas de petróleo pegajoso, que seguían vivos un mes después del derrame. Una de las razones de que estos organismos sigan vivos es que están adaptados a condiciones extremas al vivir en esta zona de cambios de marea, pudiendo estar parte del día bajo el agua durante la marea alta, pero expuestos a desecación, alta salinidad, radiación solar y calor extremo en las horas del día en que quedan expuestos a la intemperie, cuando baja la marea.

Los animales y algas que viven en aguas más profundas no sufrieron un impacto inmediato por los contaminantes, pues el petróleo no les llegó de manera masiva, sino como microgotas emulsionadas y apelmazadas que fueron cayendo y acumulándose en el fondo del mar. Parte de estas partículas son integradas a los organismos al ser consumidas

por procesos de filtración de plancton como alimento o al ingerir sedimentos contaminados, como también por absorción de contaminantes a través de los tejidos.

Un grupo de contaminantes realmente peligrosos son los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), considerados genotóxicos, pues se acumulan dentro de los organismos y generan alteración a nivel genético, afectando la estructura de las cadenas de ADN, produciendo cáncer y fallas fisiológicas en los organismos contaminados. De ahí el peligro de que los humanos consuman mariscos o peces contaminados con HAPs pues estos son trasladados de presas a depredadores en la cadena trófica, ocasionando los mismos problemas en sus consumidores.

Por esta razón, las consecuencias sobre la vida submarina no se observan de inmediato, sino que los contaminantes van causando daño en el tiempo, lo que hace difícil su evaluación.

¿Playas Limpias?

El 19 de abril la empresa REP-SOL, implicada en el derrame de petróleo, informó que culminó con las tareas de limpieza de las playas. Sin embargo, aún permanece petróleo pegado debajo de las rocas y en los pilotes de los muelles de varios sectores afectados, playas rocosas cubiertas de petróleo en el sector de Pasamayo, hasta donde no llegaron las brigadas de limpieza, y capas de arena con petróleo por debajo de arena superficial aparentemente limpia de playas afectadas. En los sectores donde el petróleo se ha acumulado bajo el agua,



Trabajadores de la refinería La Pampilla realizan labores de limpieza.

no se ha realizado ningún tipo de limpieza, menos aún en la enorme extensión marina por donde circuló el contaminante, algo imposible de limpiar.

Son tres meses de limpieza, tiempo en el que los pescadores no han podido pescar y todas las personas dedicadas a servicios turísticos, que esperaban su primera temporada veraniega después de la pandemia, no han podido trabajar.

Entonces, ¿qué es lo que queda? Hacer los análisis químicos, tanto del suelo, agua y contaminantes acumulados en organismos, para detectar qué sectores del mar aún mantienen contaminantes de petróleo en densidades peligrosas. Para la Organización Mundial de la Salud (OMS) el nivel máximo de hidrocarburos de petróleo que un organismo debe contener para poder ser consumido por los humanos es de 0.001 miligramo por gramo.

Por tanto, esperamos que desde ya se establezcan procedimientos de monitoreo sanitario en el ambiente marino de la zona afectada por el derrame,

que incluya tanto a organismos subacuáticos, así como a aves y mamíferos marinos. También realizar un monitoreo de la salud del personal de limpieza contratado y subcontratado por la empresa, pues estuvieron expuestos durante tres meses a los vapores del petróleo sin tener, en una gran mayoría, los equipos de protección respiratoria especial con que deberían haber contado.

Los efectos de la contaminación por el derrame de petróleo en Ventanilla aún no han terminado y, aunque para algunos las labores de remediación han terminado, otros siguen esperando para poder regresar al mar. Más allá, en las rocas de los acantilados al pie de los arenales, se observan pescadores de subsistencia que han seguido pescando, porque, finalmente, tienen que llevar cada día algo a las mesas de sus hogares.

DERRAME DE PETRÓLEO EN VENTANILLA



Nuestro mar

El 15 de enero de este año más de 11 mil barriles de petróleo fueron derramados en el mar de Ventanilla, Callao, durante una operación de desembarque de combustible del **buque de bandera italiana Mare Doricum**, en la refinería La Pampilla, administrada por empresa española Repsol.



El paraíso amenazado

Más de 30 kilómetros de litoral, entre Ventanilla y las playas de Chancay, se fueron llenando de petróleo y animales agonizantes.



Un mal que se expande

Con el tiempo, parte del petróleo empieza a ingresar al sistema acuático por acción del oleaje en minúsculas gotitas atrapadas en la densidad del agua de mar, proceso físico llamado emulsión.

Marea Negra: cuando la vida no tiene adónde escapar



El asesino que se esconde

Por otro lado, la capa de petróleo que flota en la superficie, se va expandiendo poco a poco hasta convertirse en una delgada película que atrapa a los microorganismos del plancton, que terminan muertos en medio de la contaminación cayendo al fondo marino.

Vida que se desvanece

Un mes después del derrame, el SERNANP aún seguía trayendo una decena de aves muertas cada día. Algo similar estaría ocurriendo con las nutrias, cuya población en el litoral del área afectada se estima que disminuyó a menos de la mitad durante la primera semana del incidente.



¿Playas Limpias?

¿Y qué ocurrió bajo el agua?, un indicativo fue el constante varamiento de conchas de choros, cangrejos y muymuyes en las playas.

El proceso de remediación ambiental de las zonas afectadas por la actividad de hidrocarburos en la selva peruana

Juan Carlos Quintana

Durante las primeras semanas del 2022, el país despertó con imágenes impactantes: olas, playas, aves y lobos marinos, entre otras especies, cubiertas de petróleo se convirtieron en la triste evidencia de la magnitud del desastre ambiental ocurrido en las costas del distrito de Ventanilla, en el Callao.

Catalogado por las autoridades peruanas como «el peor desastre ecológico ocurrido en Lima en los últimos tiempos», la desgracia tuvo como punto de partida el 15 de enero de este año, cuando un buque que descargaba crudo en uno de los terminales de la refinería La Pampilla, de dominio de la compañía Repsol, vertió más de 11 mil barriles de petróleo en las playas limeñas.

Fuimos testigos de un hecho lamentable y aún en proceso de solución, pero también vimos con esperanza la respuesta ciudadana (campañas de recolección de fondos, voluntariado para limpieza, etc.) ante lo ocurrido en nuestras costas.

Sin embargo, si miramos a nuestra amazonia, notaremos que los derrames producto de las actividades por hidrocarburos en esta región son bastante frecuentes y han venido ocurriendo durante los últimos cincuenta años, pero muchas veces pasan desapercibidos por la lejanía y el difícil acceso a la zona. Es importante advertirlo porque no es algo nuevo.

Más precisamente en las cuencas de Loreto —Pastaza, Tigre, Corrientes y Marañón—, la zona de explotación petrolera más importante del país, han sucedido desastres similares e, incluso, de mayor envergadura del acaecido en Ventanilla y que, además de ocasionar daños al ambiente, han impactado negativamente en la salud de las y los ciudadanos de las comunidades nativas que habitan desde tiempos inmemoriales en estas zonas.

Ante esta problemática cabe preguntarse: ¿qué se está haciendo? ¿se está buscando una solución a los daños ocasionados por las actividades de los hidrocarburos

que son de larga data? Precisamente, en el siguiente artículo intentaremos abordar, a través de la exposición de cinco aspectos, cómo se viene dando un proceso novedoso para el Estado peruano: la remediación ambiental de los sitios contaminados por hidrocarburos en nuestra amazonia.

1. El Fondo de Contingencia para la Remediación Ambiental

La regulación para atender sitios impactados por hidrocarburos en Loreto empezó a gestarse con la aprobación de La ley de Consulta Previa (2011) y su reglamento (2012): Tras esto, tres años de diálogo entre los representantes del Estado y las comunidades nativas, cuatro declaratorias de emergencias ambientales, una emergencia sanitaria y la creación de dos comisiones multisectoriales. Finalmente, en el año 2015, a partir de la firma del Acta de Lima, un compromiso firmado entre los representantes de las comunidades indígenas Kichwas, Quechuas, Achuar y

Urarinas de las cuencas de los ríos Pastaza, Corrientes, Marañón y Tigre, se planteó que se atiendan los serios impactos de la actividad petrolera y otros problemas urgentes en sus localidades¹.

Este documento tuvo como consecuencia la promulgación de la Ley 30321, la cual estableció la creación del Fondo de Contingencia para la Remediación Ambiental. Por primera vez se destinaban recursos para remediar los pasivos ambientales «que ameriten la atención prioritaria y excepcional del Estado» en las cuencas antes mencionadas.

Pero, antes de continuar, cabe preguntarse: ¿qué es un pasivo ambiental y por qué es importante remediarlo? En el pasado, cuando no se contaba con normas ambientales claras, lo que hacían algunas empresas operadoras era verter todos los residuos petrolizados, el agua de producción, etc., en la zona adyacente al centro donde se producía el petróleo, o se producían derrames de hidrocarburos sin ser atendidos correctamente. Así, todos estos materiales nocivos vertidos hace muchos años atrás, han permanecido en el ambiente, alcanzando niveles de contaminación muy superiores a lo considerado en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del Ministerio del Ambiente (Minam)². Cabe precisar que en la nor-

ma del Minam se define como «área contaminada» a una zona cuyo suelo contiene contaminantes provenientes de actividades antrópicas, en concentraciones que pueden representar riesgos para la salud o el ambiente, debido a que superan los ECA. Superar estos niveles implica la confirmación de que un sitio se encuentra contaminado.

Existirían más de mil sitios afectados por la actividad de hidrocarburos en las cuencas de Pastaza, Tigre, Corrientes y Marañón, lo que imposibilita que se puedan atender todos al mismo tiempo. Ello hace que su atención se realice de manera paulatina. Precisamente, el Fondo de Contingencia para la Remediación Ambiental tiene como sistema de gobernanza una Junta de Administración integrada por representantes del Ejecutivo y de las comunidades indígenas de las citadas cuencas; además cuenta con una Secretaría Técnica Administrativa y Financiera, a cargo de Profnanpe desde el 2020³. Es en este espacio en donde se van tomando las principales decisiones vinculadas al proceso de remediación.

2. ¿Cómo se logra la remediación ambiental de las zonas afectadas en una zona remota como la Amazonía?

Cuando nos referimos a las remediaciones de sitios contaminados por hidrocarburos en zonas remotas, inevitable-

mente debemos pensar en la selva peruana. Y es que en los grandes lotes petroleros de esta región —el Lote 8 y el Lote 1AB (hoy Lote 192)—, se encuentra concentrada la mayor cantidad de sitios afectados por la operación petrolera, algunos de ellos ubicados incluso cerca al oleoducto Norperuano y que son de difícil acceso.

Trabajar en la amazonia del Perú, una zona remota, qué duda cabe, representa un reto enorme puesto que implica la habilitación de campamentos, el manejo y establecimiento de almacenes, la logística de río y aire, el uso de equipos dimensionados a las condiciones de la zona, la aplicación de técnicas de remediación acordes con los suelos, el clima, la topografía, etc., además de contar con el personal capacitado y habilitado y, por último, pero no menos importante: mucha paciencia.

3. Un largo camino para remediar

Para llegar a lo que finalmente se desea —remediar—, se atraviesa todo un proceso que, como se dijo líneas arriba, es nuevo para el Estado peruano e implica diferentes etapas. Así, la primera de estas pasa por la identificación de sitios impactados por las actividades de los hidrocarburos que está a cargo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA);

¹ Para mayor información consultar el informe *Willaqniky N°32, Informe de diferencias, controversias y conflictos sociales* publicado por la Oficina Nacional de Diálogo y Sostenibilidad (ONDS), de la Presidencia del Consejo de Ministros de la República del Perú en abril de 2015.

² Ver Decreto Supremo (DS 011-2017-MINAM).

³ Consultar el Decreto de Urgencia N° 022-2020



Etapas del proceso de remediación ambiental por parte del Estado Peruano

posteriormente, esta lista es enviada a la Junta de Administración del Fondo de Contingencia en donde los representantes del Estado junto a los representantes de las federaciones deciden qué sitios deberán ser atendidos primero (priorizados) considerando los riesgos para el ambiente y para la salud de las personas. Tras esto viene la elaboración del plan de rehabilitación (Profonampe contrata a las empresas consultoras encargadas de elaborarla); y, una vez que el plan de rehabilitación está elaborado, se presenta al Ministerio de Energía y Minas (Minem) para que dé su aprobación u observaciones; con esta aprobación viene la etapa de la ingeniería de detalle, es decir, recabar toda la información que permita definir lo requerido

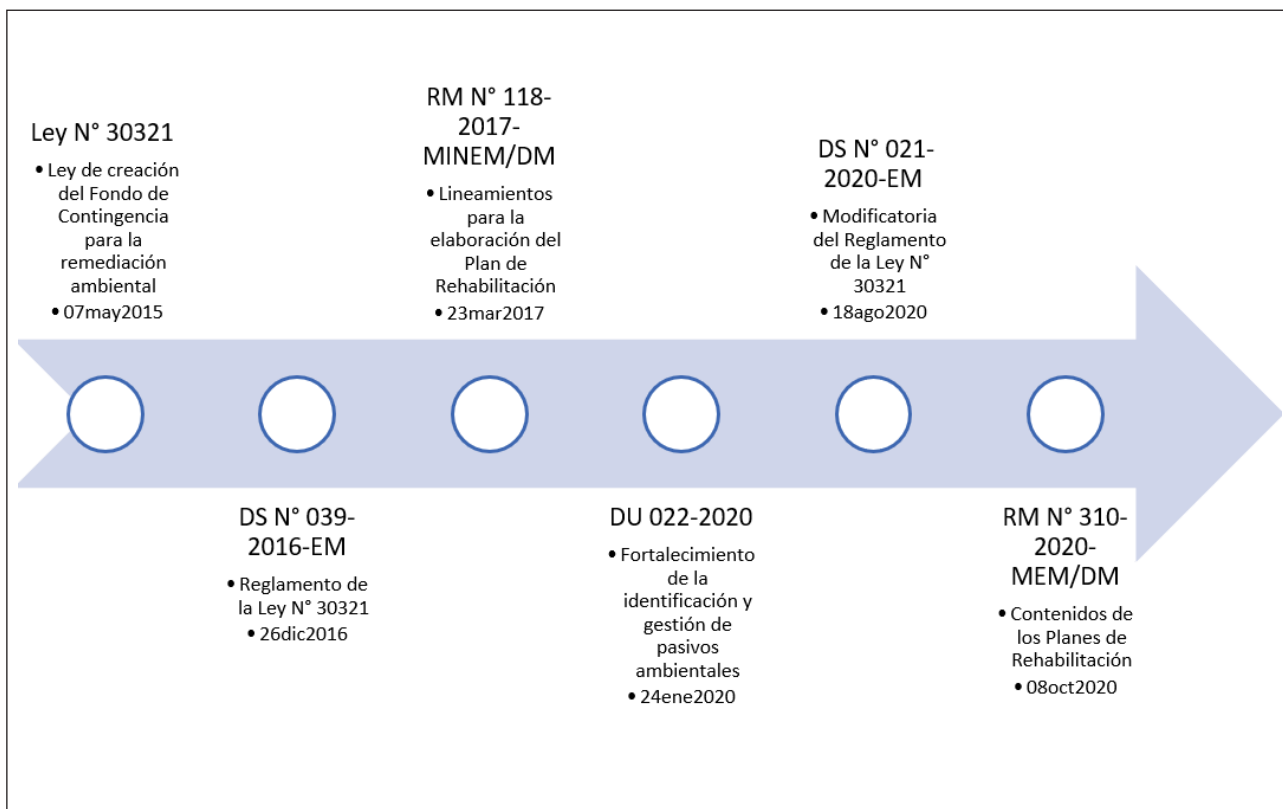
para la futura ejecución del proceso de remediación para cada sitio impactado por las actividades de los hidrocarburos (Profonampe contrata a la empresa encargada de la elaboración de la ingeniería de detalle). Finalmente, viene la etapa de la ejecución del proceso de remediación ambiental (Profonampe contrata a la empresa encargada de la remediación) y monitoreo post remediación a cargo de la OEFA.

4. Los planes de rehabilitación y las tecnologías a utilizar

Como se puede apreciar, el proceso de remediación toma tiempo, mucho más si se trata de pasivos ambientales donde el hidrocarburo ha estado expuesto al ambiente por varios años. En ese sentido, la

metodología a seguir para remediar estos sitios afectados no necesariamente se basa en una sola técnica sino, muchas veces, en un conjunto de técnicas que aseguren la correcta remediación del área a intervenir.

Así, dentro de este diseño se pueden incluir técnicas de limpieza —cuando se tienen bloques de hidrocarburo en el suelo—; el uso de productos químicos desengrasantes, surfactantes, combinados con materiales esponjantes y fertilizantes, a manera de enmienda que aseguren una correcta distribución del fluido remanente en el volumen del suelo; arado y biorremediación o algún método térmico cuando las demás técnicas no puedan ser empleadas, o se trabaje con sitios muy contaminados; también se puede usar la in-



Línea de tiempo de la normativa relacionada a los Planes de Rehabilitación

cineración convencional para tratar residuos petrolizados o suelos afectados con hidrocarburos.

Precisamente son los planes de rehabilitación —instrumentos de gestión ambiental complementarios dirigidos a recuperar uno o varios elementos o funciones alteradas del ecosistema después de su exposición a los impactos ambientales negativos generados por los proyectos productivos o extractivos que no pudieron ser evitados o prevenidos, ni reducidos, mitigados o corregidos— los que nos dicen qué tecnología y metodologías se deberán utilizar para remediar un pasivo ambiental de larga data. En el 2019, se presentaron ante el Minem los primeros 30 planes concernientes a las cuencas de Tigre, Pastaza y Corrientes. A la fecha se han

aprobado 13 de estos planes durante el 2021 e inicios del 2022. 11 de ellos pertenecen a la cuenca Corrientes; un plan pertenece a la cuenca Tigre y uno pertenece a la cuenca Pastaza. Los 17 restantes aún se encuentran en proceso de revisión por parte del Minem.

5) ¿En qué etapa se encuentra el proceso y qué falta?

Actualmente, con los primeros planes de rehabilitación aprobados, se ha iniciado el proceso de ingeniería de detalle de trece sitios impactados en la cuenca Corrientes. Como se mencionó líneas arriba este es uno de los pasos previos para iniciar el proceso de remediación en sí. Los trabajos en esta cuenca están próximos a iniciar durante las semanas siguientes. Posteriormente, con la aprobación por parte

del ente rector de la ingeniería de detalle se iniciará con el proceso de contratación de la empresa que realizará la remoción de los contaminantes del medio ambiente (suelo, aguas subterráneas, sedimento o agua superficial), es decir, la remediación ambiental en sí, lo que permitirá proteger la salud humana y el ambiente.

Como se puede apreciar el proceso de remediación es de largo aliento. Sin embargo, ya se empezaron a dar pasos concretos para recuperar los medios de vida de las comunidades nativas que viven en esta zona.

Océano; o sea, NO.

Paisajes humanizados en el mundo americano⁴

Irina Podgorny

Las bolsas de plástico nos han conquistado. Tuvieron sus razones, pero nosotros también tuvimos las nuestras para darles la bienvenida como un objeto que salvaría al mundo.

Y así, sin darnos cuenta, unas cuantas décadas más tarde, las bolsas estaban en todos lados: en los supermercados y en los basurales, en las copas de los árboles, en los intestinos de las tortugas, en el pico de los gallinazos y en la torre de las iglesias. De todos los colores y de varios grosores, siempre livianas: las bolsas vuelan, se enredan, viajan. Tanto y tan bien que terminamos por engullirlas sin saber qué gusto tienen. En un ceviche, un guiso, un pescado asado.

Esa abundancia hoy compite con las medidas tomadas para propender a su reciclado o a la disminución de su uso, es decir, un regreso a los parámetros con los que contaba el señor que las inventó, los de la razón, la prudencia, la solidaridad y el bien común de una sociedad no regida

por el consumo, no tragada por la basura y sus negocios.

Entre otras medidas y en el contexto de la República peruana, en el marco de la estrategia «Perú Limpio», nació la campaña #MenosPlástico-Másvida a fin de promover el consumo responsable de los plásticos de un solo uso regulados por la Ley N.º 30884. Esta ley del año 2019 prohibió la adquisición, uso, ingreso, comercialización y entrega de bolsas plásticas, sorbetes, recipientes o envases de tecnopor para bebidas y alimentos de consumo humano en áreas naturales protegidas, en las declaradas patrimonio cultural o patrimonio natural de la humanidad, en los museos, las playas del litoral y de la Amazonía peruana, así como en las entidades de la administración estatal. Vetó, asimismo, la fabricación de bolsas y recipientes con materiales o tejidos no reutilizables, dictando las pautas técnicas de su manufactura, así como las siguientes excepciones: el uso de bolsas de plástico para contener y

trasladar alimentos a granel o de origen animal, alimentos o insumos húmedos elaborados o insumos húmedos elaborados aduciendo en estos casos razones de limpieza, higiene, asepsia, inocuidad o salud.

La ley recuerda todas las ventajas de este material invasivo, pues, remarca esas características que facilitaron la vida y el comercio humanos. Ni hablar de la cantidad de energía ahorrada por aliviar los costos del transporte a gran escala o desde el mercado hasta la cocina de nuestros hogares.

Lejos de una apología de la bolsa de plástico, estas páginas recogen una reflexión surgida del cruce entre el arte, la historia y la ciencia. La bolsa de plástico representa un problema acuciante ligado a la administración de la basura producida por nuestras sociedades, y a las aguas contaminadas por los desechos de este material. Quien tenga dudas, salga a dar una vuelta por el desierto del norte del Perú donde las huacas

⁴ Este trabajo forma parte del Proyecto RISE SciCoMove (Scientific Collectiosn on the Move), financiado por el programa de la Unión Europea Horizonte 2020 para la investigación y la innovación (Marie Skłodowska-Curie grant agreement No 101007579).

yacen tapadas por bolsas negras a modo de fardos funerarios del siglo XXI. Como si fueran parte del paisaje. O, mejor dicho, otra forma arquetípica de la historia y de los paisajes humanizados de América del Sur.

Este trabajo sugiere una lectura de la obra del artista peruano Fernando Bedoya Torrico (Borja, 1958) en función de la historia ambiental, de la historia de los materiales, la historia de los océanos y la amenaza que el plástico presupone para la fauna marina en general y, en particular, para los mamíferos del Pacífico, es decir, los cetáceos (las ballenas) y los pinnípedos (los lobos marinos), la fuente de vida y de admiración de los antiguos habitantes del país.

La bolsa de plástico

Las primeras patentes americanas y europeas relacionadas con la producción de bolsas de plástico para el consumo cotidiano se remontan a principios de la década de 1950, aunque en realidad se trataba de un producto bastante diferente a la bolsa que se usa en nuestros días. Fue un invento del ingeniero sueco Sten Gustaf Thulin (1914-2016) quien, en 1959, desarrolló un método para formar una bolsa sencilla y ligera, de una sola pieza, doblando, soldando y troquelando un tubo plano. Destinada a la empresa de envases Celloplast de Norrköping (Suecia), el diseño dio lugar a una bolsa sencilla y resistente, con una gran capacidad de carga que fue patentado en 1965. La intención de este invento era evitar la deforestación ligada

a la producción del papel que, hasta entonces, era el material más usado en los embalajes. Mediante el uso de un material totalmente humano, gracias a las promesas de la química del petróleo, se salvarían los bosques y la Tierra continuaría siendo verde.

A partir de mediados de la década de 1980, las bolsas de plástico se convirtieron en algo habitual para transportar las compras diarias desde la tienda hasta los vehículos y los hogares de todo el mundo desarrollado. A medida que las bolsas de plástico sustituían a las de papel y que otros productos de plástico sustituían al vidrio, el metal, la piedra y la madera, estalló una guerra de materiales para el envasado, en la que las bolsas de plástico para la compra fueron el centro de los debates más ardientes. Hoy, 60 años más tarde de esa invención, se calcula que en el mundo circula un billón de bolsas de plástico en uso que, sin contar las descartadas, tienen un destino que—sabemos—amenaza el nuestro.

La bolsa de plástico en el arte

En estos 60 años las bolsas penetraron en todos los ámbitos de la vida humana y, por supuesto, en las obras de arte donde, muy pronto apareció ligada al agua, como un contenedor. En particular, nos referimos a una serie de obras del artista Fernando Bedoya que plantea esa relación y que empieza con una instalación realizada en 1998 en el Centro Cultural Recoleta de la Ciudad de Buenos Aires: *Trans-apariencia. Tajo a lo plástico*, donde, en el

techo de dicho centro cultural, se colgaron 7000 bolsas de plástico transparente con agua adentro.



Imagen 1: Nudo (Bedoya, 2019)

El motivo de la bolsa, lejos de agotarse, sigue presente en la obra que, por ejemplo, se presentó en el Salón Nacional de Artes Visuales del año 2019 (**Imagen 1**)

En la obra de Bedoya, la bolsa con agua tiene, de hecho, su propia historia: se incorpora a inicios de la década de 1990 cuando, luego de una década de residencia en la Argentina, se topa con ellas al regresar al Perú por tierra y vía Bolivia. Allí, en una parada del camino, la bolsa con agua, colgada del techo, se usaba para repeler a las moscas atraídas por la basura. Por entonces, las bolsas habían reemplazado al vidrio como contenedor y como envase para cazar insectos. Pero también, en plena epidemia de cólera, se habían vuelto un talismán ligado a la higiene y a la promesa de salud. Prismas de luz, las bolsas con agua eran una bienvenida al mundo andino, un prisma hecho con el objeto más paradigmático de la sociedad de consu-

mo: la bolsa de las compras descartada, reciclada, transformada. Desde entonces, la bolsa ya no dejaría la obra de Bedoya y se transformaría en otras cosas. En todos lados —según la visión de Bedoya— se esconde una bolsa.

Esta, sin embargo, no era la primera vez que las bolsas se utilizaban en el arte: muy poco después de su invención, en 1964 aparecieron en la obra del artista holandés Henk Peeters (1925-2013), miembro fundador de *Nul*, la sección holandesa del movimiento ZERO creado por Heinz Mack (1931-) y Otto Piene (1928-2014) en la Düsseldorf de finales de la década de 1950. ZERO —que recientemente ha sido objeto de importantes exposiciones en el Stedelijk de Ámsterdam (donde también se estrenó una película al respecto), el Guggenheim de Nueva York y el Martin-Gropius-Bau de Berlín— se situó en oposición al expresionismo y al atavismo del *Art Informel*. Peeters, recordado ahora como una de las principales figuras de un movimiento cuyo reciente reconocimiento ha ido acompañado de un aumento de su valor en el mercado, se inspiró inicialmente en la posibilidad de un arte ilustrado, racional y populista. Esto es evidente en sus 16 bolsas de plástico llenas de agua montadas en una cuadrícula sobre un soporte de terciopelo. (Imagen 2)

Así, a pesar de las vinculaciones conceptuales que existen entre la obra de Bedoya y el movimiento Zero, el primero desconocía que las bolsas con agua habían sido



Imagen 2. Acuarela Z #64-07 (Peeters, 1964)

utilizadas en ese contexto. Mientras que para Bedoya las bolsas con agua venían y llevaban a las moscas, a las alturas y a los problemas de la salud del mundo andino, en Europa estaban visualmente vinculadas a otro universo: el de la venta de peces de colores. Humildes, austeras, eran un ejemplo de la ligereza de ZERO, de su visión del minimalismo americano despojada de solemnidad para tratar de los grandes temas contemporáneos. En el caso de la obra de Peeters hoy se habla de un brillo «retrofuturista», donde la simplicidad y la confianza evocadas en el diseño de la bolsa, en ese período de la postguerra, invocaba un futuro inmediato mucho más halagüeño que el pasado reciente. Esas bolsas de Peeters forman parte del mismo contexto que llevó a Sten Gustaf Thulin a pensar maneras alternativas de embalar sin destruir bosques recurriendo a materiales 100% humanos. La bolsa, en Europa, hablaba de un brillante porvenir.

La bolsa de plástico es un elemento que marca la segunda mitad del siglo XX, prime-

ro como símbolo de un futuro promisorio, liviano, que carga vida sin romperse y evita la tala de los bosques. Luego, como en la obra de Bedoya, como trampa «transparente» que cuelga sobre nuestras cabezas, pero también encandila, conjura las amenazas de las pestes y de las moscas. Hoy, ya en el siglo XXI, a poco más de medio siglo de la obra de Peeters y de la invención de Thulin, la bolsa de plástico es un símbolo del pesimismo ambiental, una amenaza a la vida en la Tierra. Sí, no se rompe, no se degrada, y por ello coloniza, se mete en los cuerpos, nos atora, nos asfixia, sus partículas se funden en las tripas y se incorporan en los cuerpos de los peces y de quienes se alimentan con ellos. El futuro, por supuesto, está abierto, pero también lleno de plástico, un material 100% humano.

Paisaje con bolsa

Pero ¿qué pasa si la bolsa de plástico, sinónimo de la degradación ambiental y de las peores consecuencias de la expansión de la industria química y del consumo, se define como lo que ya es, una forma arquetípica de la historia americana?

La bolsa, con su nudo que estrangula los cuerpos, es la forma que define nuestros paisajes humanizados, que llena el océano, los cauces secos de los ríos, las orillas urbanas y el desierto, invadido por la porquería y el abandono. Pero también es la forma escondida en las faldas de las tapadas limeñas, en los pañuelos de las madres de Plaza de Mayo, en los volcanes de los Andes y en los fardos fu-



Fig. 322

Imagen 3. Bolsa pañuelo (Bedoya)

nerarios de las culturas precolombinas. Estas obras, se pudieron apreciar, entre abril y mayo del presente año, en la exposición «Artista en Residencia» que se realizó en el ICPNA de Miraflores y en la muestra «Océano» en el Museo de la Universidad de San Marcos (Imágenes 3, 4 y 5).

Tomar la bolsa como arquetipo es una reflexión sobre la naturaleza híbrida de nuestro presente, de este mundo encapsulado por el consumo que, como el océano Pacífico, está siendo invadido y transformado por la basura que producimos. Pero también es una invitación a pensar la historia a partir del prisma y las ideas que esa bolsa podría producir si en un futuro inmediato fuera el único resto para pensar una nueva teoría del color, los paisajes del futuro, una humanidad que

habita una Tierra compuesta de plástico y que va incorporando plástico a su cuerpo. El Antropoceno está en los estratos geológicos recientes, pero también en las células de los animales del mar que, gracias a la pesca, pasan a los estómagos de sus vecinos y de esos otros que, como nosotros, los humanos, habitamos tierra firme.

Estas ideas pueden servir para educar en el problema del uso del plástico y desarrollar programas de intervención social que tiendan a la disminución de su consumo. Pero también sobre la contingencia y las transformaciones de las imágenes y las cosas más allá de la voluntad del autor. La bolsa, que en la década de 1960 era sinónimo de salvación del planeta, en 1990 aparece como un obje-

to casi neutro, transparente, invisible, inerte, amenazante y, a la vez, protector. Treinta años después es un símbolo, un sinónimo de la degradación del mundo en el que vivimos. Festejado como un gran triunfo de la química y de las ciencias de los materiales, hay quien sostiene que el plástico pronto será un objeto arqueológico, un material descartado del uso humano. Sin embargo, las toneladas producidas nos sobrevivirán por varios siglos, quizás milenios. Como los adobes y las piedras de los Andes, el plástico llegó para testimoniar cómo vivimos en el siglo XX y cómo, sin quererlo, hemos sido modelados por los sueños de un futuro mejor.



Imagen 4. Bolsa volcán (Bedoya, 2014)



Imagen 5. Fardo funerario (Bedoya, 2019)



3

INVESTIGACIÓN EN EL PERÚ

La contaminación del aire: un asesino silencioso, pero más letal que el SARS-CoV-2

Myra E. Flores

Han pasado más de dos años de la pandemia Covid-19 que, a la fecha, ha cobrado la vida de un poco más de 6 millones de personas a nivel mundial, aunque según la Organización Mundial de la Salud (OMS) esta cifra podría estar llegando a los 10 millones. Esto significa que el virus SARS-CoV-2 ha sido causante de la muerte de entre 3 y 5 millones de personas cada año.

Este virus nos mantuvo encerrados en casa y muy pendientes de su avance, pero existe un asesino silencioso que, sin nosotros tomarle mucha atención, cobra la muerte de casi 7 millones de personas a nivel mundial cada año. Se trata de la contaminación del aire que también está disminuyendo la expectativa de años de vida de la población y en niños podría estar causando una reducción del crecimiento y la función pulmonar, infecciones respiratorias y agravamiento del asma.

En setiembre de 2021, la Universidad de Chicago publicó un reporte sobre la calidad del aire a nivel mundial y la relacionó con la cantidad de años que podrían estar perdiendo los pobladores de aquellas ciudades con altos niveles de contaminación del aire. Lima se coloca en el primer lugar de las ciudades más grandes de Latinoamérica con los niveles más altos de contaminación acompañada de varias otras

ciudades del Perú. Dicho estudio sugiere que los limeños estarían perdiendo unos 4,7 años de vida en promedio a causa de la mala calidad del aire.

Un segundo estudio, esta vez a cargo de IQAir, coloca al Perú en la lista de países que exceden entre 5 y 7 veces los límites de contaminación del aire recomendados por la OMS. Así que vale la pena revisar un poco más este asunto.

¿Cómo miden la calidad del aire estos estudios?

Ambos estudios usan el parámetro $PM_{2.5}$ que mide la cantidad de partículas finas de aerosol que miden 2.5 micras o menos de diámetro. Estas finas partículas imperceptibles a simple vista constituyen uno de los seis contaminantes atmosféricos que se miden de forma rutinaria y son comúnmente aceptadas como las más dañinas para la salud humana debido a su prevalencia en el medio ambiente y a una amplia gama de efectos sobre la salud.

¿Cuál es el origen de las partículas $PM_{2.5}$?

Las partículas denominadas $PM_{2.5}$ se generan a partir de muchas fuentes y pueden variar en composición química y características físicas. Los componentes químicos comunes incluyen sulfatos, nitratos, carbón negro y amo-

nio. Las fuentes artificiales más comunes incluyen motores de combustión interna, generación de energía, procesos industriales, procesos agrícolas, construcción, quema de leña o carbón. Las fuentes naturales más comunes son las tormentas de polvo o de arena, e incendios forestales

¿Por qué son tan letales las partículas $PM_{2.5}$?

Mientras más pequeñas son las partículas tienen mayor posibilidad de desplazarse profundamente dentro de los pulmones cuando respiramos. Varios estudios han demostrado que la contaminación por partículas finas causa muchos efectos nocivos en la salud incluyendo enfermedades cardíacas y pulmonares.

¿Existen otros parámetros para medir la calidad del aire?

Sí, existen también otros parámetros, los principales son: presencia de partículas PM_{10} (partículas cuyo diámetro es menor a 10 micras) y presencia de cuatro gases: dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2), monóxido de carbono (CO) y ozono (O_3).

¿Cuáles son los límites recomendados por la OMS?

Luego de una revisión de la literatura de los últimos años, en el 2021 la OMS hizo una actualización a sus directrices de calidad

Contaminante	Período	Niveles 2005	Niveles 2021
Partículas en suspensión < 2,5 micras	Anual	10	5
	24 horas	25	15
Partículas en suspensión < 10 micras	Anual	20	15
	24 horas	50	45
Ozono	Temporada pico	-	60
	8 horas	100	100
Dióxido de Nitrógeno	Anual	40	10
	24 horas	-	25
Dióxido de Azufre	24 horas	20	40
Monóxido de Carbono	24 horas	-	4

Tabla N°1. Antiguas y nuevas directrices mundiales de la calidad de aire de la OMS. Valores expresados en ug/m³.

de aire para seis de los contaminantes considerados más dañinos. Estos parámetros se miden en microgramos por metro cúbico (ug/m³). Como se observa en la tabla N°1, las recomendaciones de 4 de los contaminantes son más exigentes que años anteriores que incluyen al material particulado PM_{2.5} y PM₁₀, es decir, la tendencia de la OMS es establecer niveles más estrictos.

¿Por qué los valores de la OMS y el MINAM son diferentes?

La OMS establece unas directrices de calidad del aire en base a una ardua revisión bibliográfica de las consecuencias de los contaminantes en los seres humanos, pero estas directrices no son vinculantes. Cada país establece sus propios límites según sus criterios y posibilidades locales.

¿Qué se sabe sobre la mortalidad a causa de la contaminación en el Perú?

En el 2012, el MINAM calculó que las muertes atribuibles a la contaminación del aire se encontrarían en aproximadamente 4% de la mortalidad total para Lima-Callao, y en aproximadamente 3,5% de la mortalidad total a nivel nacional.

Parámetros	Período	Valor (ug/m ³)
Dióxido de azufre (SO ₂)	24 horas	250
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	1 hora	200
	Anual	200
Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2.5})	24 horas	50
	Anual	25
Material particulado con diámetro menos a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	100
	Anual	50
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30 000
	8 horas	10 000
Ozono (O ₃)	8 horas	100

Tabla N°2. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el aire según el Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM.

Además, si vemos las cifras de las mayores causas de muerte para Lima (Fig. 1) encontramos que infecciones respiratorias agudas bajas y enfermedad pulmonar intersticial suman el 18% de causas de muerte. Siendo los pulmones los órganos más afectados ¿no estará influyendo también la contaminación del aire en el agravamiento de estas dolencias que desenlazan en muerte? En el mismo sentido, que nuestro país haya sido uno de los países con mayor número de muertes a causa del Covid-19 ¿no estará relacionado también con la pésima calidad de aire que respiramos en muchas ciudades peruanas, especialmente Lima?

¿Qué podemos hacer?

- Informarnos del problema y contarlo a nuestra comunidad para crear conciencia.
- Para rutas cortas, andar en bicicleta o caminar.
- Compartir el automóvil con las personas que van por tu misma ruta o usar el transporte público.
- No quemar la basura.
- Dar mantenimiento a los artefactos eléctricos y auto.
- Usar pinturas a base de agua o sin disolventes siempre que sea posible y comprar productos que digan «bajo contenido de compuestos orgánicos volátiles».

- Selle los recipientes de productos de limpieza para el hogar, productos químicos y disolventes de taller y productos químicos de jardín para evitar que los compuestos orgánicos volátiles se evaporen en el aire.
- Estar vigilantes a la publicación de la nueva normativa que el MINAN está preparando en el periodo 2021-2023. Esta debería contemplar los límites establecidos por la OMS o muy cercanos a ellos.

Causas de muerte en Lima (Porcentaje)



Figura 1. Principales causas de muerte en Lima, según el Ministerio de Salud (2015).

LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

UN ASESINO SILENCIOSO, PERO MÁS LETAL QUE EL SARS-COV-2



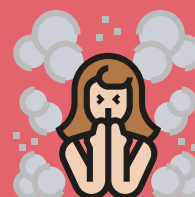
Contaminación del aire: Un asesino silencioso

La contaminación del aire está disminuyendo la expectativa de años de vida de la población y en niños podría estar causando una reducción del crecimiento y la función pulmonar, infecciones respiratorias y agravamiento del asma, lo que conlleva a la muerte de unas 7 millones de personas a nivel mundial cada año.

Lima la ciudad con más contaminación

La Universidad de Chicago publicó un reporte sobre la calidad del aire a nivel mundial relacionándola con la cantidad de años que podrían perder los pobladores de las ciudades con altos niveles de contaminación del aire.

Lima se coloca en el primer lugar de Latinoamérica, con los niveles más altos de contaminación. Dicho estudio sugiere que los limeños estarían perdiendo unos 4,7 años de vida en promedio a causa de la mala calidad del aire.



¿Cómo se mide la calidad del aire?

PM_{2.5}

Al realizar el estudio del material particulado PM_{2.5} que mide la cantidad de partículas finas de aerosol de 2.5 micras o menos de diámetro. Estas partículas imperceptibles a simple vista constituyen uno de los seis contaminantes atmosféricos, siendo aceptado como las más dañinas para la salud humana debido a su prevalencia en el medio ambiente y una amplia gama de efectos sobre la salud.

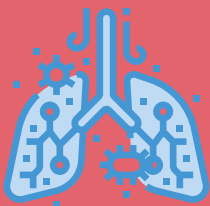


En el 2012, el MINAM calculó que las muertes atribuibles a la contaminación del aire se encontrarían en aproximadamente 4% de la mortalidad total para Lima-Callao, y en aproximadamente 3,5% de la mortalidad total a nivel nacional.



¿De dónde proviene la contaminación del aire?

Las fuentes más comunes incluyen motores de combustión interna, generación de energía, procesos industriales, procesos agrícolas, construcción, quema de leña o carbón, además de las tormentas de polvo o de arena e incendios forestales.



¿Por qué son letales?

Según estudios se ha determinado que mientras más pequeñas son las partículas, mayor es la posibilidad de desplazarse dentro de los pulmones cuando respiramos.

Además se ha demostrado que la contaminación por partículas finas causa efectos nocivos en la salud incluyendo enfermedades cardíacas y pulmonares.



¿Qué podemos hacer?

- Informarnos del problema y contarlo a nuestra comunidad para crear conciencia
- Para rutas cortas andar en bicicleta o caminar
- Compartir el automóvil con las personas que van por tu misma ruta o usar el transporte público.
- No quemar la basura
- Dar mantenimiento a los artefactos eléctricos y auto.
- Usar pinturas a base de agua o sin disolventes siempre que sea posible y comprar productos que digan «bajo contenido de compuestos orgánicos volátiles»
- Selle los recipientes de productos de limpieza para el hogar, productos químicos y disolventes de taller y productos químicos de jardín para evitar que los compuestos orgánicos volátiles se evaporen en el aire.
- Estar vigilantes a la publicación de la nueva normativa que el MINAM está preparando en el periodo 2021-2023. Esta debería contemplar los límites establecidos por la OMS o muy cercanos a ellos.



4

**INVESTIGACIÓN
EN MARCHA**

Ciencia que descontamina

Hans Huerto

Cuatro iniciativas científicas en Lima y regiones, financiadas por el Concytec, buscan solucionar los daños causados por la contaminación en sus diversas formas.

Según la óptica empleada, el Perú aparenta ser una suma de contradicciones acumuladas, enfrentadas como por capricho de un ser supremo. Contamos con la porción de amazonia más grande del continente después de Brasil; somos el hogar del 70% de la biodiversidad del planeta; nos pueden hallar entre los 10 países con mayores recursos hídricos renovables; y nuestra variedad de climas hacen de esta no una, sino muchas naciones. También hemos sufrido más de mil derrames petroleros en costa, selva y sierra en los últimos 25 años; generamos 21 mil toneladas de basura a diario, de las que apenas recuperamos el 1%; y deforestamos 557 hectáreas de bosque cada día, esto es, 13 112 árboles por hora.

En este complejo escenario, la ciencia peruana puede ofrecer una serie de alternativas para paliar la contaminación en sus diversas formas y menjar la huella que una serie de actividades extractivas dejan a diario en nuestra naturaleza.

En tal sentido, exponemos en el presente artículo los objetivos y avances de cuatro proyectos en esta línea. Estas iniciativas, en etapa de ejecución, vienen siendo financiadas por el Concytec, a través de su órgano ejecutor, PROCENCIA.

Bioplaguicidas naturales para el control de plagas en cultivos agrícolas

La FAO asegura que, cada año, el mundo pierde entre el 20% y el 40% de cultivos a causa de plagas y enfermedades de las plantas, siendo las plagas de larvas de insectos de lepidópteros las más voraces. Ante esta situación, el uso intensivo de insecticidas sintéticos ha mejorado el rendimiento de las cosechas, pero también les ha restado su condición de cultivos orgánicos y ha dado lugar a la aparición de insectos con biotipos resistentes a estos agroquímicos. El Monitoreo de contaminantes en alimentos agropecuarios primarios y piensos, realizado en el 2020 por el Servicio Nacional de Sanidad Agraria – SENASA, reveló que 16% de alimentos vegetales muestreados en el trabajo estaban contaminados por químicos.

Es así como un equipo de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP) en Iquitos viene conduciendo una investigación en busca de herramientas de control de plagas en base a aceites esenciales y metabolitos secundarios de diversas plantas. El objetivo es la identificación de potenciales insecticidas y fitotóxicos de aceites esenciales de vegetales de la familia Piparaceae,

cuyas especies suman 3600 a nivel mundial, 830 de las cuales se ubican en el Perú, entre ellas, una de las más populares, el matico.

Estos aceites, extraídos por destilación por arrastre de vapor, serán evaluados en cuanto a su actividad defensiva como antialimentario, antifúngico, nematicida y fitotóxico y la identificación de la composición química se hará mediante cromatografía de gases acoplado a masas. Se espera poder desarrollar herramientas de control de plagas amigables con el medio ambiente que, al provenir de especies vegetales endémicas, no dejen residuos tóxicos que puedan afectar la salud humana.

«El fósforo y el cloro de los pesticidas sintéticos son altamente contaminantes, llegando a tierras, ríos, alimentos y consumidores. Estos aceites esenciales, con los que venimos trabajando, son altamente volátiles, no quedan mucho tiempo en el ambiente. Y al ser una mezcla de compuestos, será más difícil que los insectos y plagas creen resistencia a los mismos», señala Liliana Ruiz Vásquez, Doctora en Química e investigadora de la UNAP. El equipo ha obtenido resultados preliminares positivos en la actividad antifúngica y antiparasitaria, así como en la fi-

totóxica, incluso en el combate contra garrapatas y nemátodos que atacan a ciertas especies vegetales. «Ahora estamos redactando el artículo científico y queremos continuar el trabajo porque constituye una alternativa que puede cuidar el medio ambiente y ser menos peligrosa para la salud humana», concluye.

Compuestos híbridos para la remediación y purificación de aguas

Un estudio del Banco Mundial reveló en 2014 que casi el 50% de los recursos hídricos del Perú no cumple con estándares de calidad para el consumo humano, riego o preservación de ecosistemas acuáticos. Según este estudio, los peruanos que viven en áreas rurales se exponen al consumo de esta agua y cerca del 8% de muertes por factores de salud ambiental se originan en el inadecuado acceso al agua, sanidad e higiene. Entre los contaminantes más presentes en el agua peruana, se cuenta al plomo y al arsénico que, según el Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del MINSA, tienen en la minería y en la fuente natural, respectivamente, su vehículo hacia el recurso hídrico.

El consumo de agua potable con concentraciones elevadas de arsénico y plomo (>10 ppb) precipita enfermedades cancerígenas y desórdenes degenerativos como el Alzheimer, sin mencionar con ello el peligro a la salud y el ecosistema que suponen los derrames petroleros, cuyas consecuencias acabamos de sufrir y ver con el caso de Repsol en Ventanilla.

Frente a ello, un equipo de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos viene explorando alternativas para la remoción de arsénico, plomo y petróleo del agua, mediante nanopartículas absorbentes magnéticas, funcionalizadas con diversos agentes inorgánicos y orgánicos, cuyos grupos funcionales y alta área superficial facilitan la captura de los metales pesados y crudo en medios acuosos. Sus propiedades magnéticas permiten el fácil manejo y remoción de los contaminantes. Además, las partículas, tras atravesar los procesos de remoción de contaminantes, pueden ser reutilizadas en varios ciclos regenerativos, haciendo ambientalmente sostenible esta metodología. La investigación en curso está orientada al estudio de las propiedades de absorción y remoción magnética de los referidos contaminantes en sistemas acuosos reales utilizando nanocompuestos magnéticos y zeolitas.

«Buscamos nuevos materiales con alta capacidad de remoción de metales pesados y adsorción de petróleo en plazos cortos. Materiales de uso fácil en comunidades, como pasa con las zeolitas, producibles a través de arcillas y derivados. El proyecto está en su hito 3, enfocada en la aplicación de estas zeolitas con híbridos magnéticos, que son una mezcla de nanopartículas magnéticas basadas en óxido de hierro, que se encuentran naturalmente en los subsuelos. Eso nos permite obtener un material con las propiedades de la zeolita, con gran capacidad de absorber metales pesados, y con la respuesta magné-

tica de este óxido», indica Juan Adrián Ramos Guivar, doctor en Física e investigador de San Marcos.

El proyecto, que culminará en 2023, hoy busca optimizar los parámetros de tiempo en que las partículas cumplirían su labor y en qué medida absorben agua versus metales pesados. Los ríos Mantaro y Basa vienen siendo el terreno de las pruebas, que ya van arrojando resultados positivos, para la producción de artículos científicos y el registro de dos propiedades intelectuales. En cuanto a las partículas para la remoción de petróleo en aguas, se vienen evaluando sus niveles de ecotoxicidad, esto es, si su uso impacta en la flora y fauna marina o lacustre.

Bioplásticos para su aplicación en la conservación de alimentos

Lima Metropolitana y el Callao generan diariamente 886 toneladas de basura plástica, lo que representa el 46% del total nacional. De hecho, según el MINAM, se emplean al año 30 kilos de plástico por ciudadano y unos 3000 millones de bolsas plásticas, casi 6000 por minuto. Mientras un vaso de Tecnopor tarda 1000 años en biodegradarse, las sucesivas generaciones de peruanos se van sepultando no solo bajo las toneladas de residuos plásticos sin reaprovechar, sino también por la aparición de microplásticos, partículas microscópicas en el mar que acaban en nuestros peces, mesas y organismos.

Curiosamente, si bien el mar puede ser el peligroso paradero final de millones de piezas plásticas al día, también

el litoral puede ser la cuna del reemplazo para mucho de este material. El equipo de la Universidad Nacional de Ingeniería que lidera este proyecto lo sabe bien: las macroalgas pardas (phaeophyta) están presentes en el sur de la costa peruana, desaprovechadas en su potencial como materia prima para la producción de materiales con un alto valor agregado.

No obstante, la sustitución de compuestos sintéticos producidos a partir de derivados de petróleo es de interés a nivel global, ya en el campo agroindustrial como en el de la conservación de los alimentos. Es así como no solo se ha recurrido a las microalgas para biodegradar los plásticos en el mar, sino también como material para la producción de bioplásticos, en diversos puntos del planeta.

Esta iniciativa de la UNI busca producir materiales biodegradables, en la forma de películas, con actividad en la conservación de alimentos (capacidad antioxidante), esto es también, el desarrollo de un producto para el sector agroindustrial que no solo no contamine como el plástico convencional, sino que además aumente el tiempo de vida de un alimento.

«Nosotros producimos una formulación a partir de alginato extraído de algas pardas y con esta materia prima se pueden preparar películas, como un vinifan, para recubrir alimentos que eviten que los alimentos maduren demasiado rápido y se mantengan más tiempo en el supermercado. En algunos casos hemos desarrollado recubrimientos comestibles. Los recubrimien-

tos cuentan con polifenoles, químicos extraídos de la misma alga, que evitan la oxidación de los alimentos y alargan su vida en anaquel. También, con esto último, venimos desarrollando aerosoles para recubrir alimentos como paltas, que hagan más resistentes sus cáscaras a la oxidación», señala Ana Cecilia Valderrama Negrón, Doctora en Química e investigadora de la UNI, quien conduce el proyecto.

El proyecto acaba este año y en su marco se vienen redactando dos tesis de maestría, aunque las aplicaciones de lo trabajado ya están dando pie a nuevas investigaciones y tesis. «Esperamos, para fines de este 2022, contar con prototipos finales con formulaciones adecuadas para el aerosol a ser rociado sobre la cáscara de palta Hass para alargar su vida; y el film a colocarse en cajitas de alimentos», indica Valderrama.

Estandarización de técnicas de propagación de especies arbóreas altoandinas nativas para la reforestación y restauración de ecosistemas de montaña

Más del 60% del territorio peruano es bosque, colocando al Perú en el noveno lugar entre los países en este apartado, siendo el cuarto país con más bosques tropicales. Apenas el 0.31% de estos bosques está en la sierra.

Ello no exime a los bosques altoandinos de ser uno de los ecosistemas más vulnerables frente a los efectos del cambio climático, como ha venido ocurriendo con los glaciares a esas alturas: 51% de su superficie se perdió en los últimos 50 años a raíz del calentamiento del planeta.

El altoandino es un ecosistema que sufre la huella no solo de actividades humanas como la minería, sino también de la extracción de leña, que, pisoteo por ganadería y agricultura. Por ejemplo, se estima que los bosques naturales de *Polylepis* (quinual) han perdido más del 95% de su extensión original.

Ante ello, proyectos de reforestación se vienen implementando en estas zonas, empleando especies como el pino y el eucalipto, no nativas. Las escasas iniciativas que priorizan usar especies nativas, además, usan unas pocas especies (por ejemplo, *Polylepis racemosa*), propagadas exclusivamente de forma vegetativa (baja diversidad genética) e introducidas en diferentes lugares, sin considerar aspectos de su distribución natural (hibridación no deseada e invasión de especies).

La iniciativa de la Asociación Andinus, en busca estandarizar protocolos de propagación de especies arbóreas altoandinas nativas (inicialmente con especies del género *Polylepis*), para constituir el primer banco de germoplasma de este tipo a nivel nacional, convirtiéndose a mediano plazo en fuente de semillas botánicas o vegetativas certificadas para realizar trabajos de reforestación y/o restauración de ecosistemas de montaña.

Este organismo sin fines de lucro emplea en Huancayo (en la comunidad campesina La Punta) técnicas convencionales de propagación haciendo uso de semilla botánica, complementada con esquejes y acodos, en diseños experimentales tanto en campo como vi-

vero. Este supone ser el paso inicial para comprender mejor la biología reproductiva de las especies y contribuiría a futuro a la producción masiva de estas plantas. Asimismo, con ello se sentarían las bases para establecer trabajos de propagación de otras especies arbóreas altoandinas.

«Proponemos que se intensifique no solo el uso de las especies nativas sino las semillas, ya que las especies nativas que se emplean en la refores-

tación convencionalmente reproducen esquejes, clones de las plantas parentales, afectando la biodiversidad genética de las zonas reforestadas. Buscamos que se contribuya a la conservación de las especies, y también de la flora y fauna asociadas a estas especies», señala Harold Quispe Melgar, investigador del programa de Ecología y Biodiversidad de la Asociación ANDINUS.

Si bien se trata de un proyecto de investigación básica, y no

de desarrollo e intervención, lo cierto es que en el marco de la iniciativa ya se han producido 2000 plantas para ser estudiadas en campo, en una parcela experimental y otro millar en un vivero, en esta primera fase. Quispe señala que el equipo espera que este vivero pueda seguir haciendo investigación luego de acabado el proyecto y produciendo diez mil plantas anuales para empezar.



1. Bioplaguicidas naturales para el control de plagas.
2. Bioplásticos para la conservación de alimentos
3. Proyecto de la Asociación Andinus

CIENCIA QUE DESCONTAMINA

Cuatro iniciativas científicas en Lima y regiones, financiadas por el Concytec, buscan solucionar los daños causados por la contaminación en sus diversas formas.



Bioplaguicidas naturales basados en aceites esenciales de piperaceas

Un equipo de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP) realiza la investigación de herramientas de control de plagas en base a aceites esenciales y metabolitos secundarios de diversas plantas con el objetivo de desarrollar herramientas de control de plagas amigables con el medio ambiente, que al provenir de especies vegetales endémicas, no dejen residuos tóxicos que afecten la salud humana.



Proyecto Clean-Nanomagnetic

La Universidad Nacional Mayor de San Marcos viene explorando alternativas para la remoción de arsénico, plomo y petróleo del agua, mediante nanopartículas adsorbentes magnéticas. La investigación en curso está orientada al estudio de las propiedades de adsorción y remoción magnética de los referidos contaminantes en sistemas acuosos reales utilizando nanocompositos magnéticos y zeolitas.

Los ríos Mantaro y Basa vienen siendo el terreno de las pruebas, que ya van arrojando resultados positivos, para la producción de artículos científicos y el registro de dos propiedades intelectuales.



Bioplásticos de alginato con capacidad antioxidante

Un equipo de la Universidad Nacional de Ingeniería lidera un proyecto en el que las macroalgas pardas (phaeophyta), que están presentes en el sur de la costa peruana, sean utilizadas en la preparación de bioplásticos de alginato con capacidad antioxidante, para su aplicación en la conservación de alimentos.

Esta iniciativa busca producir materiales biodegradables con actividad en la conservación de alimentos (capacidad antioxidante), permitiendo el desarrollo de un producto para el sector agroindustrial que, además de no contaminar como el plástico convencional, aumente el tiempo de vida de un alimento.



Estandarización de técnicas de propagación de especies arbóreas altoandinas nativas

La iniciativa de la Asociación Andinus, busca estandarizar protocolos de propagación de especies arbóreas altoandinas nativas para constituir el primer banco de germoplasma a nivel nacional, con el fin de convertirse a mediano plazo en fuente de semillas botánicas o vegetativas certificadas y así, realizar trabajos de reforestación y/o restauración de ecosistemas de montaña.

Este supone ser el paso inicial para comprender mejor la biología reproductiva de las especies y contribuir a la producción masiva de éstas plantas, además de sentar las bases para establecer trabajos de propagación de otras especies arbóreas altoandinas.



5

**FRONTERAS DE LA
CIENCIA**

Glaciares: los almacenes más altos de contaminantes

Efectos en el oscurecimiento y derretimiento

Rolando Cruz

Los glaciares son almacenes de agua en estado sólido que abastecen de este elemento para su aprovechamiento en la agricultura, el consumo humano, la hidroeléctrica y otras actividades productivas; a la vez, aportan a la dinámica de otros ecosistemas de montaña. Sin embargo, lo que muy pocos conocen es que estas reservas de agua dulce también son almacenes de contaminantes generados a nivel global y local por las emisiones de la industria, del parque automotor de las ciudades, los incendios forestales, entre otros.

Por esta razón, los glaciares tropicales son indicadores muy sensibles del clima global. Además del incremento de la temperatura global, la acumulación de contaminantes (aerosoles) sobre los glaciares provoca su oscurecimiento y, por consecuencia, su derretimiento.

¿Qué contaminantes se almacenan en los glaciares?

Entre los principales contaminantes presentes en los glaciares se encuentran los depósitos de color oscuro que corresponden, principalmente, al polvo y al carbono negro (producto de la combustión incompleta). Estos

contaminantes son emitidos a la atmósfera por fuentes naturales y antropogénicas, siendo transportados por el viento hasta llegar a lugares lejanos como los glaciares.

En la Figura N°1 se muestran los flujos de los sistemas de circulación de viento en el glaciar Artesonraju, ubicado en la Cordillera Blanca (Áncash). El viento que se traslada desde la montaña hacia el valle es denominado «catabático» y es representado por las líneas segmentadas de color azul. Esta masa de aire frío con contenido de humedad (por las lluvias y nieve) y posee más del 80% de predominancia. Por su parte, el viento que se traslada desde el valle hacia la montaña se denomina «anabático», está representado por

las líneas segmentadas de color rojo y posee menos del 20% de predominancia.

Por otro lado, de forma local, la dinámica de las fluctuaciones del frente glaciar deja depósitos de sedimentos que, al secarse, son transportados por el viento y, al fijarse en la superficie del hielo, oscurecen el contorno de los glaciares.

¿Cuál es la cantidad de contaminantes almacenados en los glaciares?

Con el objetivo de evaluar la cantidad de contaminantes depositados en la zona de acumulación para los años hidrológicos (AH), entre el 2014 y 2016, realicé estudios en el glaciar Artesonraju. Durante este periodo se realizaron seis perforaciones para extraer los

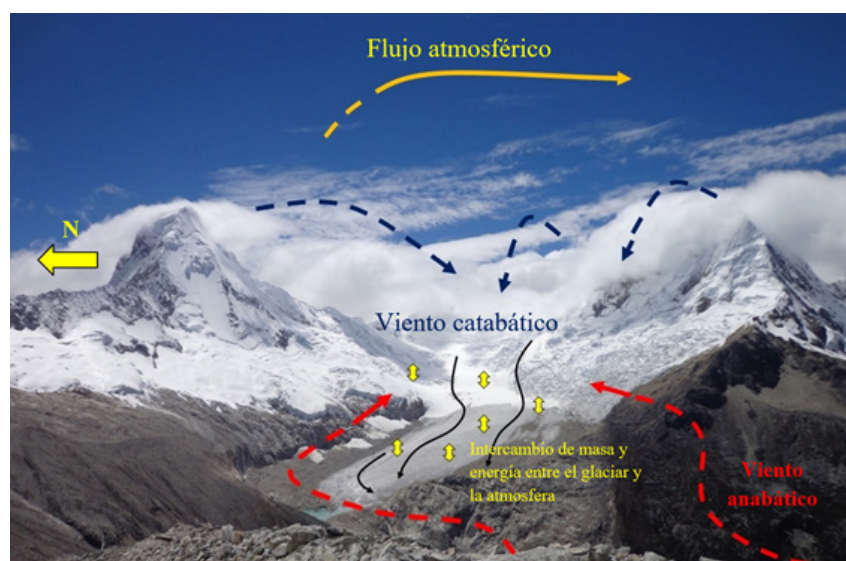


Figura N°1. Sistemas de circulación de viento en el glaciar Artesonraju

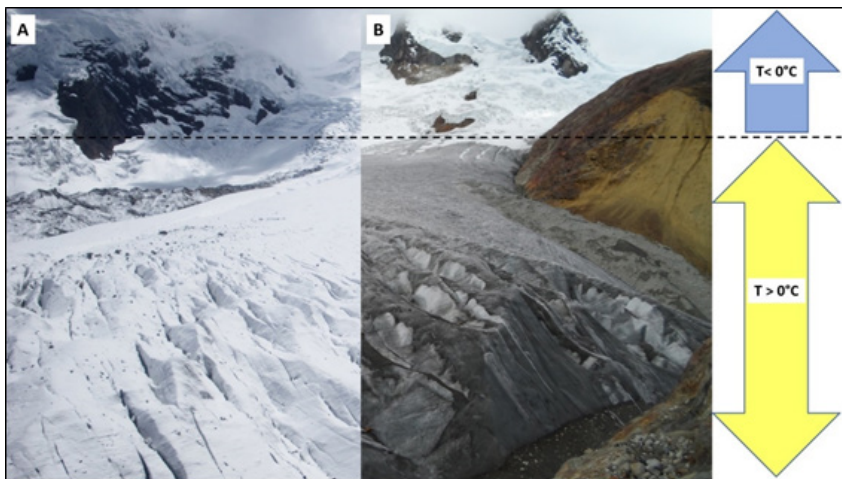


Figura N°2. Diferencias de color de la superficie sin contaminantes y con contaminantes

núcleos de neviza a diferentes profundidades, hasta ubicar la capa basal (capa que diferencia diferentes periodos de acumulación de nieve). Entre los hallazgos, podemos destacar los siguientes:

- Las concentraciones de contaminantes estuvieron relacionadas con la altitud y pendiente.
- La cantidad de contaminantes encontrados para el AH 2014-2015 fue de 4.02 toneladas depositados en un área de 3.7 km² y para el AH 2015-2016 fue de 5.5 toneladas de contaminantes depositados para un área de 3.1 km². Además, se determinó que el viento catabático es el principal medio de transporte de los aerosoles con una predominancia general del flanco Este (zona amazónica) a Oeste (cordillera Blanca).

La Figura N°2 corresponde al glaciar Shallap, ubicado en la Cordillera Blanca (Áncash). En el recuadro A, se observa al glaciar cubierto de nieve fresca con una predominancia del color blanco y con un contenido mínimo de contaminantes.

En contraposición, en el recuadro B, se observa una alta concentración de contaminantes, lo que oscurece la superficie glaciar, principalmente, desde la zona baja hasta la altitud media del glaciar. Además, se observa una línea de color negro segmentada que representa la línea de equilibrio (denominada ELA por sus siglas en inglés), lo que indica que la temperatura por debajo de esa altitud (~ 5000 m.s.n.m.) será mayor a 0°C lo cual derretirá la nieve y el hielo. Por otro lado, las temperaturas sobre la ELA serán menores a 0°C lo cual permitirá que toda la nieve se

conservase durante todo el año.

En la Figura N°3, se muestra la acumulación típica de contaminantes sobre un glaciar. En el segmento A, se observa la comparación de tamaño de una persona con la acumulación de nieve correspondiente a diferentes años. En el segmento B, se puede observar la acumulación de contaminantes sobre la superficie glaciar (color oscuro) y, al retirar una capa de nieve de 3 cm de espesor, se observa un color blanco. Finalmente, en el segmento C, se observa el registro histórico de los contaminantes almacenados anualmente, pero principalmente en la temporada seca o estiaje. Estos contaminantes, en el futuro, volverán a exponerse sobre la superficie glaciar porque el glaciar se mueve pendiente abajo y las masas de hielo encontrarán temperaturas más cálidas, lo que seguirá oscureciendo a la masa glaciar.

El albedo: ¿qué es y cómo se ve afectado por los contaminantes?

El albedo (α) es la capacidad que tiene la nieve y el hielo de reflejar la radiación solar de

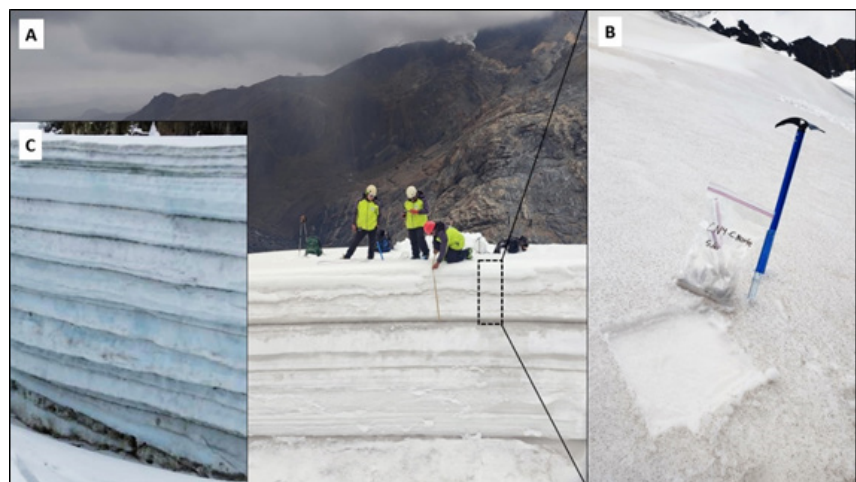


Figura N°3. Depósito de contaminantes en glaciares

onda corta incidente hacia el En la **Figura N°4**, se muestra la variación del albedo de la superficie del glaciar Artesonraju de 0.11 (11%) a 0.86 (86%), y una media de 0.30 (30%), con una tendencia decreciente, lo que da una señal del oscurecimiento progresivo del glaciar por la acumulación de contaminantes. Esto, como ya se mencionó, incrementa su capacidad de absorber la energía solar incidente y, por lo tanto, acelera su derretimiento. Lamentablemente, este proceso ocurre en todos los glaciares de las cordilleras del Perú.

¿Cuáles son los efectos de los contaminantes en los glaciares?

Entre los principales efectos se encuentran: la reducción del albedo, el incremento de la fu-

sión y los condicionantes para el desarrollo de un ecosistema netamente glacial.

La acumulación de los contaminantes empieza por formar una pequeña masa superficial de sedimentos de color oscuro denominados «crioconitas»; estos grumos absorben la energía solar casi en su totalidad y conducen el calor al interior del hielo incrementando su derretimiento. Este fenómeno produce, a su vez, la formación de pozos e incluso lagunas sobre el glaciar los que, posteriormente, formarán cauces que se ramificarán por toda la lengua glaciar. En este sentido, si hacemos una analogía entre los glaciares y los pacientes que padecen una enfermedad incurable, las crioconitas serían el cáncer o enfermedad que los consume de modo acelerado; y el ser hu-

mano, uno de los grandes responsables del problema.

Cabe señalar, además, que las crioconitas no solo son sumideros de contaminantes en el glaciar, sino que también albergan vida acuática, principalmente microbiana e insectos en sus diferentes etapas —huevo, larva, pupa, etc.—, siendo estos últimos aprovechados como alimentos por las aves que también están migrando a zonas más altas por efectos del cambio climático.

Hay pues que fomentar el estudio de estos cambios y medir las variables de interés, como la variación de la concentración de contaminantes depositados en función a la altitud, para plantear alternativas de solución al problema y contribuir, de esta forma, con la salud de nuestros glaciares.

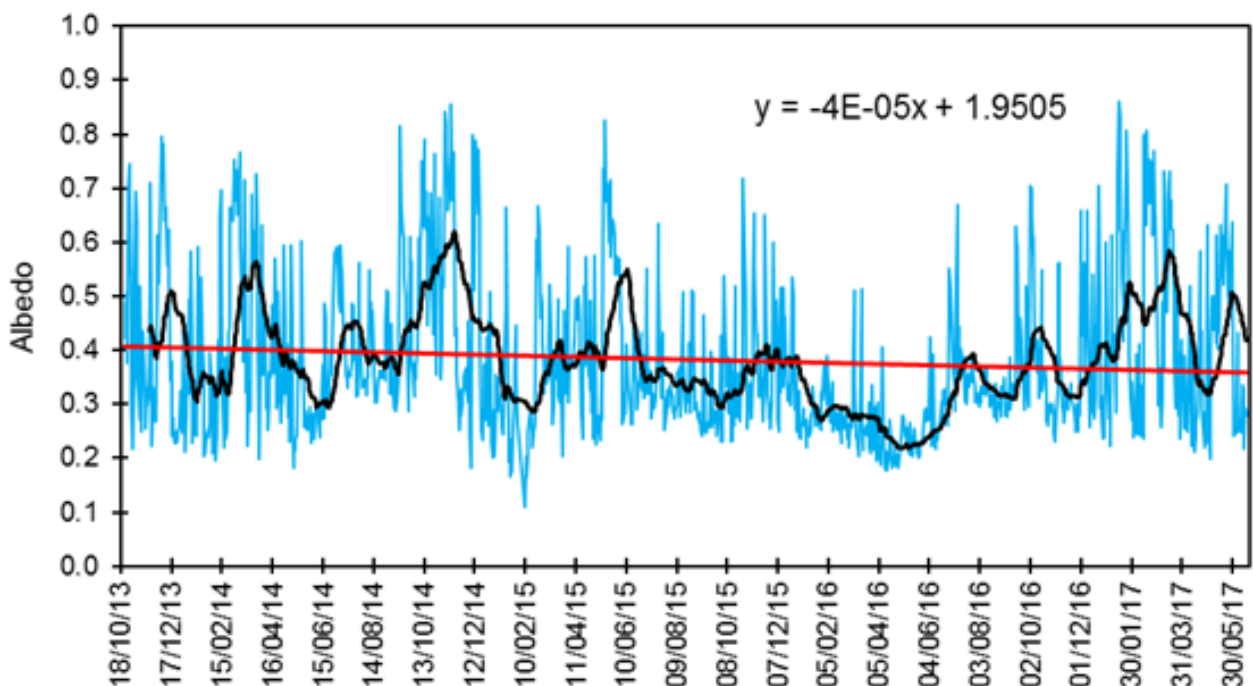


Figura N°4. Variación del albedo superficial del glaciar Artesonraju

GLACIARES: LOS ALMACENES MÁS ALTOS DE CONTAMINANTES

Los glaciares son almacenes de agua en estado sólido que abastecen para el aprovechamiento en la agricultura, consumo humano y otras actividades; sin embargo, **estas reservas de agua dulce, también son almacenes de contaminantes generados a nivel global y local** por las emisiones de la industria, vehículos en las ciudades, incendios forestales y más.



Principales contaminantes en los glaciares

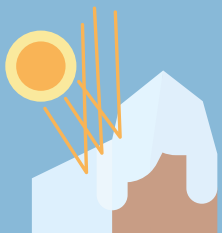
A pesar del color blanco de su nieve, en la superficie de los glaciares se observan depósitos de color oscuro que corresponden principalmente al polvo y carbono negro (producto de la combustión incompleta).

¿Cómo llegan los contaminantes a los glaciares?



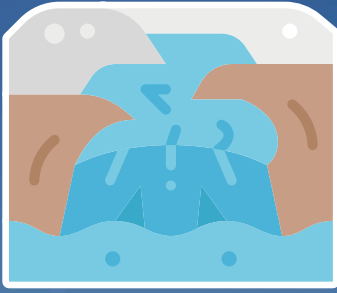
Los contaminantes son emitidos a la atmósfera por fuentes naturales y derivadas de las actividades humanas, los que son transportados por los sistemas de circulación del viento, trasladándolos hasta los glaciares.

El albedo y cómo es afectado por los contaminantes



El albedo (α) es la capacidad que tiene la nieve y el hielo de reflejar la radiación solar hacia el espacio. Mientras más blanco es el componente como la nieve fresca, se reflejará mayor energía al espacio.

Un efecto inverso sucede cuando se depositan las partículas absorbentes de luz (contaminantes) sobre todo el glaciar, creando un efecto inmediato de reducir su capacidad de reflejar, incrementando la absorción de la energía solar, lo que conduce a un mayor derretimiento y generación de escorrentía.



Los glaciares tropicales son indicadores muy sensibles del clima global. Además del incremento de la temperatura global, la acumulación de contaminantes (aerosoles) sobre los glaciares provoca su oscurecimiento y, por consecuencia, su derretimiento.

Efectos de los contaminantes en los glaciares

Principalmente, reducción del albedo, incremento de la fusión y condicionante para el desarrollo de un ecosistema netamente glacial.

La acumulación de los contaminantes empieza por formar una pequeña masa superficial de sedimentos de color oscuro denominados “crioconitas”, que son grumos que absorben la energía solar casi en su totalidad y conducen el calor al hielo incrementando su derretimiento.



Crioconitas: condicionante para el desarrollo de un ecosistema netamente glacial

Las crioconitas no sólo son sumideros de contaminantes en el glaciar, también albergan vida acuática, principalmente microbiana e insectos en sus diferentes etapas: huevo, larva, pupa y adultos, los que a su vez alimentan a las aves que migran a zonas más altas por efectos del cambio climático.



¿Hay algo que podamos hacer para evitar el derretimiento glaciar?

En primer lugar, realizar la medición de las variables de interés, observando la variación de la concentración de contaminantes depositados en función a la altitud.

En el estudio se realizó la extracción de una capa de hielo superficial de 15 cm de espesor donde se acumula la mayor cantidad de contaminantes, determinando que es ahí donde se ubica el mayor problema, ya que acumula la mayor cantidad de energía solar (calor).





6

**CIENCIA SOBRE
PAPEL**

Despertar un sentido de responsabilidad: las denuncias de Dora Mayer contra la Cerro de Pasco Corporation (1913-1914)

Nicole Fadellin

Benjamín Blass Rivarola

Socióloga autodidacta, periodista y activista, Dora Mayer es conocida por ser co-fundadora de la Asociación Pro-Indígena (1909-1916). Al estilo de las ligas anti-esclavistas inglesas, la API procuró movilizar la opinión pública para poner fin a la explotación laboral que sufría la población indígena en el Perú. Es en este contexto que Dora Mayer elabora un informe sobre los crímenes de lesa humanidad cometidos por la compañía minera Cerro de Pasco. En el folleto *La conducta de la compañía minera del Cerro de Pasco*, originalmente publicado en 1914, expone un sistema de «esclavitud por deuda» basada en la codicia de la empresa norteamericana y su desconsideración por el contexto local. Su objetivo fue despertar un sentido de responsabilidad en la sociedad peruana y, de igual manera, en la norteamericana, con la esperanza de poner freno a los abusos de la compañía. En este texto examinaremos las diversas estrategias retóricas que emplea para convencer a sus lectores.



Dora Mayer redactó las dos versiones del folleto. Debido a su trayectoria familiar, dominaba el inglés, el castellano y el alemán

La compañía minera del Cerro de Pasco

A fines del siglo XIX, y luego de la Guerra del Pacífico, se produjo en el Perú un auge de la actividad minera gracias al descubrimiento de nuevos depósitos de plata, oro y cobre en los andes centrales y otras zonas del país. Uno de los hallazgos mineros más importantes ocurrió en 1897, cuando se descubrieron grandes yacimientos de cobre en Cerro de Pasco. Al respecto, Manuel Dammert sostiene que:

[E]ra necesario resolver varios problemas: el drenaje a nivel inferior al túnel de Quiulacochoa, el combustible, una fundición central y la conexión con el Ferrocarril Central. Se formaron consorcios de capitales nacionales para resolver estas cuestiones, pero fueron prontamente reemplazados por la empresa Cerro de Pasco Mining Company, fundada en 1901, en Nueva York (énfasis nuestro) (Dammert, 1999, p. 36).

La Cerro de Pasco Mining Company —llamada posteriormente Cerro de Pasco Corporation— adquirió las minas de Cerro de Pasco, Casapalca y Morococha, llegando a controlar más del 80% de los yacimientos de la zona. A partir de 1901, y con la finalidad de facilitar la exportación del producto en bruto, la empresa norteamericana instaló campamentos para los obreros; amplió el Ferrocarril Central hasta Tinyahuarco; construyó la fundición de Smelter e inició la explotación del carbón de Goyllarisquizga para el tratamiento de minerales.

La «Compañía» —como era denominada por la población— se convirtió en un complejo industrial y minero ultramoderno, transformando la producción minera en el país. Se incrementó progresivamente la exportación de minerales. Es así como, al inicio de la Primera Guerra Mundial, los productos mineros constituían el 35% de las exportaciones, mientras que, en los años posteriores, ascendieron al 48% del PBI.

A pesar de lo anotado, el historiador Alberto Flores Galindo sostiene que el crecimiento de las exportaciones mineras no respondió a las necesidades de la sociedad peruana sino a «la demanda de cobre de las economías capitalistas metropolitanas» (Flores, 1974, p. 31). Explica que el cobre y, en menor medida, la plata fueron claves para la expansión de la electricidad como una nueva fuerza productiva durante la llamada



Cerro de Pasco Corporation: contratistas y mineros frente al pique [1930-1940].
Fotografía de Sebastián Rodríguez. Fuente: Repositorio digital de la PUCP.

segunda revolución industrial en países como Alemania, Inglaterra y Estados Unidos.

Según Flores Galindo, la empresa norteamericana creó un enclave autónomo dentro del territorio peruano. Por un lado, importaba muchos de los productos que necesitaba, y estableció un monopolio sobre diversos aspectos de la vida en la zona: la producción, el transporte, la vivienda, el comercio. Por otro lado, tanto su centro de decisiones como el destino de su producción estaban en el exterior. Debido a estos factores, la Compañía actuaba como si fuera «la autoridad de facto en la zona por encima de los prefectos y subprefectos» (Flores, 1974, p. 31).

La Asociación Pro-Indígena

En 1909 Dora Mayer participó en una serie de charlas sobre la educación del indígena en el Centro Universitario de la

Universidad Nacional Mayor de San Marcos. A partir de esta experiencia, fundó la Asociación Pro-Indígena (API), junto con el filósofo Pedro Zulen y el senador Joaquín Capelo.

La API buscó poner fin a la explotación y los atropellos legales que sufría la población indígena. La organización contó con una red de delegados en casi todas las regiones del país que, a través de cartas, comunicaban las condiciones locales. La correspondencia, resguardada por la Biblioteca Nacional del Perú, retrata un contexto social dominado por el engaño, la explotación, la corrupción, la injusticia y la violencia⁵.

En base a esta información, los fundadores de la API desarrollaron tres líneas de acción: fortalecieron las protecciones laborales a nivel nacional; ofrecieron asesoría legal a nivel local; y, al

⁵ Véase la Colección Pedro S. Zulen de la Biblioteca Nacional del Perú: <https://bibliotecadigital.bn.pob.pe>

estilo de las ligas anti-esclavistas en Inglaterra, buscaron movilizar la opinión pública sobre la situación del ciudadano indígena.

Como periodista y ensayista, Dora Mayer se dedicó principalmente al tercer eje. Entendió la publicidad como una manera de despertar un sentido de responsabilidad en la sociedad peruana y, por consiguiente, de ejercer presión sobre los empresarios y gobernantes. En la primera edición de *El Deber Pro-Indígena*, de octubre de 1912, se anuncia la publicación de «una especie de Libro Azul sobre los crímenes de lesa humanidad realizados por los explotadores norteamericanos de las minas de Cerro de Pasco, mandado publicar por acuerdo del Comité Directivo de la Asociación Pro-Indígena».

El *Libro Azul* en mención es el folleto *The Conduct of the Cerro de Pasco Mining Company*, publicado en inglés en 1913 por la editorial limeña «El Progreso», y en castellano al año siguiente por el Consejo Provincial del Callao. La nota hace referencia, además, al informe del diplomático Roger Casement sobre las atrocidades cometidas por los barones del caucho en el Putumayo. Conocido como *Libro Azul Británico*, el texto de Casement había remecido la comunidad internacional e incitado al gobierno británico a tomar acción.

Según Wilfredo Kapsoli, el informe de Dora Mayer se trata de un documento de alegato y denuncia en el que:

la autora describe la forma cómo la compañía

norteamericana introduce sus capitales en la sierra central y al mismo tiempo cómo reorienta las explotaciones de los recursos naturales y humanos, monopolizándolos en su propio beneficio y utilizando, para el efecto, mecanismos violentos de agresión y formas de acumulación primitiva del capital (Kapsoli y Kato, 2019, p. 42).

Kapsoli señala que el informe es, de alguna forma, testimonial. En el análisis que sigue examinaremos los diversos registros que la autora emplea para conmovir a sus lectores y sustentar un incisivo análisis político, económico, social y ambiental del impacto de la compañía minera del Cerro de Pasco a inicios del siglo XX.

La destrucción paulatina de la ciudad de Cerro de Pasco

Dora Mayer ofrece una mirada panorámica de la destrucción del medio ambiente y su impacto para la población. Sintetiza diversas fuentes, entretrejiendo denuncias de la prensa local, juicios legales y testimonios para retratar la desconsideración total de la compañía norteamericana hacia el contexto local.

Entre 1901 y 1910, la Cerro de Pasco Corporation adquirió casi la totalidad de los asientos mineros existentes en la zona, y en diversos momentos del folleto, la autora expone sus violentas tácticas de adquisición. Cita la prensa local y juicios municipales para documentar la obstrucción de la infraestructura de las minas existentes para

«comprarlas a vil precio» y el abuso de sistema legal para ocupar la propiedad de la población local.

Si bien la Municipalidad del Cerro de Pasco logró defenderse de uno de los intentos de expansión de la Compañía —«a quien le parecía poco el tragarse de un golpe una ciudad del Perú entera»—, al poco tiempo la ciudad se volvería inhabitable (Mayer, 2018, p. 220).

En el apartado «Minando el Subsuelo», Dora Mayer llama la atención sobre la manera en que la compañía conduce los trabajos del subsuelo, sin levantar las obras de fortificación necesarias, situación que pone en riesgo las edificaciones de los principales barrios de la ciudad de Cerro de Pasco. En este caso, recurre a un artículo del *Eco de Junín* (mayo de 1909) para transmitir las condiciones: «La mayor parte de sus edificios presentan grietas de consideración y as[i] mismo la superficie del suelo; muchos de sus inquilinos han abandonado del todo sus casas, por no exponerse a una muerte trágica y violenta» (2018, p. 214).

Frente a esta destrucción, la autora da a conocer que, en agosto de 1911, la Compañía presentó al gobierno un proyecto para el traslado de la población de Cerro de Pasco a un lugar alejado de las minas en un terreno —según Dora Mayer— «accidentado y antihigiénico».

Además de las consideraciones materiales, la autora revela que la propuesta no resulta ser sino otra estrategia de acumulación. Los

costos de construcción caerían sobre la población; en otras palabras, la Compañía esquivaba la indemnización de los damnificados. Dora Mayer recurre nuevamente a la prensa local. El artículo «La nueva ciudad» de *El Minero Ilustrado* (16 de noviembre de 1910) da voz a estas preocupaciones y exhorta al gobierno peruano:

Preciso es que se convenza el gobierno de esta verdad, y no preste fe ciega a los informes apasionados de los representantes de esta empresa constrictora y de sus satélites, que sin más vínculos que la especulación, atacan los derechos del pueblo, favoreciendo y alentando las ambiciones del capital americano.

La catástrofe de Goyllarisquizga

Según Dora Mayer, «ningún argumento habla más en contra de la Compañía del Cerro de Pasco, que la inhumanidad de su conducta hacia los operarios indígenas que ocupa en sus labores». Así, de esta manera, dedica gran parte del folleto a los accidentes de trabajo y descuidos que provocan un «espantoso derroche de vidas» (2018, p. 204).

Enumera los peligros que los operarios enfrentaban a diario: las jornadas de 16 o incluso hasta 32 horas sin descanso; las precarias condiciones de seguridad; los deficientes servicios de salud ofrecidos a los obreros; la falta de indemnización para



Misa de difunto por un minero muerto en un accidente de trabajo [1938-1940].
Fotografía de Sebastián Rodríguez. Fuente: Repositorio digital de la PUCP.

las víctimas y sus familias; y la permisividad del gobierno con la empresa.

La autora indica que la magnitud y la frecuencia de los accidentes ocurridos en las minas de carbón de Goyllarisquizga «sacudieron la indolencia habitual del público, causando sensación en todos los círculos sociales» (2018, p. 223). La prensa, tanto local como nacional, se escandalizó por los accidentes que provocaron cientos de heridos y el fallecimiento de 105 operarios en enero, agosto, septiembre y octubre de 1910. Se formó, además, una Comisión, respaldada por el Estado, para investigar las condiciones de trabajo e indicar las medidas que deben adoptarse para evitar futuros accidentes.

Aunque las desgracias de Goyllarisquizga después pasarían al olvido, Dora Mayer reconoce que la «ráfaga de emociones humanitarias» dejó documentos importantes. Es así como, basándose

en los recortes periodísticos y el informe oficial de la Comisión, ella reconstruye los eventos del 10 de agosto de 1910, fecha de uno de los accidentes más graves.

El folleto transmite el caos y la confusión de ese día; alterna cifras honoríficas con una descripción casi cinematográfica de la escena. La autora comenta que recién se habían reiniciado los trabajos en Goyllarisquizga tras una suspensión provocada por el accidente del 23 de enero de 1910. Era el día de pago y los operarios se habían congregado para recibir su salario. Mientras tanto, dos cuadrillas —un total de 310 operarios— aún se encontraban dentro de la mina.

Es en ese instante, a las 5 menos 5 de la tarde, que se prendieron 315 cartuchos de dinamita dentro de la mina. La indiferencia de la Compañía hacia las normas de seguridad hizo que esta práctica cotidiana se volviera fatal. Según un capataz italiano

que logró salir con su equipo unos minutos antes de la explosión, era bárbaro prender los tiros de dinamita con la gente dentro.

Evocando una escena horripilante al interior de la mina, la autora comenta que entre las víctimas había un padre que abrazaba a su hijo de 15 años. Las muertes se multiplicaron porque la Compañía no contaba con el equipo de salvamento necesario. Faltaban máscaras de gas y ni una camilla estaba disponible. Finalmente, no se respetaron los restos de los fallecidos. Un testigo presenció entierros clandestinos; describe que se llenaban cajones grandes con los miembros aislados de los muertos mientras otros cadáveres eran tapados con desmante. Concluye que, de los 310 operarios que se encontraban dentro de la mina «quedan 143, cuya suerte se ignora» (Mayer, 2018, p. 227).

Las desgracias continuaron a la hora de velar a los muertos, un evento que ocurrió dentro de los cuartuchos de los mismos operarios, llegando a crear condiciones insalubres, y con respecto al pago de las indemnizaciones según la nueva ley de accidentes del trabajo, promulgada el 20 de enero de 1911.

Después de detenerse en esta escena, Dora Mayer brinda una lista vertiginosa de los accidentes posteriores que se dieron en la misma mina entre 1910 y 1912, y la negligencia de parte de la Compañía en cuanto a las normas de seguridad, la atención médica ofrecida a los operarios y la evasión del

pago de las indemnizaciones. La autora deja a sus lectores con una pregunta penetrante: ¿Cabe mayor desprecio hacia la humanidad, que este abandono en que dejaba la compañía millonaria del Cerro de Pasco a sus operarios?

Impunidad ante la ley

A inicios del folleto, en su análisis del sistema de pago en vales, Dora Mayer declara que:

En verdad no se adivina el motivo por qu[e] el gobierno peruano tiene tanta tolerancia con las arbitrariedades de la Compañía norteamericana más a más cuando se recuerda que esa gigantesca empresa no otorga casi absolutamente beneficios al Perú (2018, p. 209).

Característica de la ensayística de Dora Mayer, esta enunciación combina su lenguaje emotivo con un incisivo análisis político. También hace uso de la yuxtaposición y la hipérbole para expresar la magnitud del problema.

La yuxtaposición le servirá más adelante para delatar el comportamiento interesado de la Compañía. La autora indica que «es norteamericana para hacer una reclamación [...], pero no lo es para ceñirse a las reglas que en su patria limitarían su conducta» (2018, p. 218). Del mismo modo, trata a sus operarios como esclavos; sin embargo, cuando hay elecciones o una manifestación, sostiene que son «ciudadanos hábiles, seres libres, que se han decidido a dar público testimonio

de su simpatía por sus jefes» (2018, p. 220).

Para la autora, la conducta de la Compañía es sinónimo de la codicia de los empresarios norteamericanos. Todo se reduce al tema económico: el uso del enganche, el pago en vales, el monopolio sobre el transporte, la vivienda y los víveres, la adquisición fraudulenta de terrenos, la desconsideración por las normas de seguridad; la falsificación de registros médicos y los entierros clandestinos; la evasión del pago de las indemnizaciones.

Del mismo modo, atribuye la tolerancia del gobierno peruano al tema económico o, mejor dicho, a la influencia del dinero en la geopolítica. Sostiene que, «por la simple razón de haberse llenado de millones», la Compañía tiene «la facultad de mover los resortes de la diplomacia internacional». La metáfora del resorte, que encapsula las arbitrariedades y desigualdades de la geopolítica, da pie a una exhortación apasionada:

Invitamos a las demás repúblicas del continente latino, que tanto han sufrido con las intervenciones diplomáticas, a elevar también sus expedientes en la forma que lo hacemos nosotros, a las cancillerías y tribunas de la opinión pública en Europa y Norte América, para construir el alegato sudamericano en los litigios respectivos (2018, p. 218).

Más de cien años después de su publicación, la crítica de Dora Mayer hacia la Cerro

de Pasco Corporation sigue vigente. Pone sobre el tapete varias preguntas urgentes: ¿Cuál es el impacto ambiental y social de las mineras extranjeras en el Perú hoy en día? ¿Cuánto se ha avanzado en la protección de los operarios? ¿Qué acciones faltan?

En este breve resumen de la conducta de la compañía minera del Cerro de Pasco, hemos analizado algunas de

las estrategias retóricas que la autora emplea para conscientizar a sus lectores. Con relación a la destrucción ambiental y social, se destaca su capacidad de síntesis, mientras que, a la hora de expresar el duelo por las víctimas, se dedica a recrear la escena de los accidentes, logrando un efecto casi cinematográfico. Finalmente, hace uso de diversas figuras retóricas —me-

táfora, yuxtaposición, hipérbolo y más— para expresar la complejidad de la geopolítica. Invitamos a los lectores a conocer de primera mano el activismo socioambiental en la ensayística de Dora Mayer en el citado folleto, y en sus obras posteriores *El Indígena peruano a los cien años de República libre e independiente* (1921) y *El Oncenio de Leguía* (1933-4).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Dammert, M. (1999). *Minería y crisis socioambiental en la región central altoandina*. Cerro de Pasco: Labor.

Flores, A. (1974). *Los mineros de la Cerro de Pasco, 1900-1930*. Lima: PUCP.

Kapsoli, W. y T. Kato (2019). *La Asociación Pro-Indígena (una contribución a la etnohistoria peruana)*. Lima: Universidad Ricardo Palma, Editorial Universitaria.

Mayer, D. (1912, octubre). El estado de la causa. *El Deber Pro-Indígena* 1, pp. 3-5.

----- (2018). La conducta de la compañía minera del Cerro de Pasco. En: J. Rojas Huaynates (Ed.), *Dora Mayer. El sol que disipa las nubes. Textos esenciales*. Lima: Fondo Editorial del Congreso del Perú.

Colaboraron en este número



Benjamín Blass

Investigador y gestor cultural. Licenciado en Ciencias de la Comunicación por la Universidad de San Martín de Porres, con estudios de Maestría en Literatura Peruana y Latinoamericana en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Ha desempeñado diversos cargos en la Biblioteca Nacional del Perú, institución en la que labora desde 1993. Es autor de los libros *Promoción del libro y la lectura: aproximaciones* (2007) y *Jorge Eduardo Eielson. Testamento en Milán / Biobibliografía* (2016), así como de diversos artículos sobre literatura y promoción de la lectura.



Rolando Cruz

Ingeniero Ambiental, egresado de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo de Áncash. Especialista en Ciencias de la Criósfera, realiza estudios en 13 glaciares en el Perú y el glaciar Znosko en la Antártida, mediante expediciones en campo. Sus investigaciones están enfocadas al estudio de la glaciología, nivología, permafrost, radioglaciología, contaminantes en glaciares, ecología glaciar, entre otros.



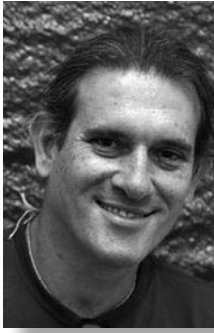
Nicole Fadellin

Doctora en Literatura Hispanoamericana por la Universidad de Wisconsin-Madison. Se especializa en temas de infraestructura y desigualdad desde un enfoque de género. Entre 2020 y 2021 fue co-curadora del proyecto Memoria Perú de la Biblioteca Nacional del Perú. Actualmente es profesora visitante en la Universidad de Purdue.



Myra E. Flores

Bachiller en Química por la Universidad Nacional de Ingeniería; magíster y doctora en Ciencias por la Universidad de Navarra (España); y magíster en Comunicación Social de la Investigación científica por la Universidad Internacional de Valencia (España). Cuenta con diez años de experiencia en investigación en química analítica y bioquímica, y tiene dieciocho años liderando y colaborando en distintos proyectos de divulgación y promoción de la ciencia. Desde agosto de 2018, se desempeña como especialista del Programa Especial de Popularización de la Ciencia, Tecnología e Innovación del CONCYTEC.



Yuri Hooker

Biólogo Pesquero graduado de la Universidad Nacional de Trujillo. Coordinador del Laboratorio de Biología Marina y curador de la Colección de Zoología Acuática de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Especialista en biodiversidad submarina, conservación y gestión de Áreas Marinas Protegidas. Tiene alrededor de medio centenar de publicaciones científicas y ha escrito varios libros y capítulos de libros sobre el mar. Es, además, director y productor de documentales, fotógrafo y videógrafo de naturaleza, con numerosas obras para televisión, web y cine.



Hans Huerto

Magíster en Ciencia Política con experiencia profesional en el periodismo político, musical, científico y la comunicación institucional.



Irina Podgorny

Antropóloga argentina con estudios en Historia social e Historia de las ideas. En 2002 fue galardonada con la beca de la Fundación Humboldt. Actualmente, se desempeña como investigadora principal del CONICET en el Archivo Histórico de la Universidad Nacional de La Plata.



Juan Carlos Quintana

Comunicador con más de diez años de experiencia en el sector público y privado, en temas vinculados con la comunicación institucional, relaciones institucionales e intergubernamentales, y generación e implementación de planes de comunicación. Cuenta con estudios de posgrado en Gestión Pública y relaciones comunitarias



Fernando Villarán

Ingeniero Industrial (UNI) y Máster en Economía (PUCP). Actualmente es presidente de la firma SASE Consultores y profesor principal de la Universidad Antonio Ruiz de Montoya (UARM). Ha sido ministro de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE), presidente de la Comisión Organizadora del CEPLAN, miembro del Consejo Nacional de Educación (CNE), funcionario del BID y director de COFIDE.

