

De acuerdo!

La ciencia a tu medida

Edición N° 8

Sostenibilidad

Energía solar: “Todas las voces, todas. Todas las manos, todas”.

El mejor cacao del mundo

“Viento del este, ¿lluvia como peste?”

Sorpresa fuera de la ciudad

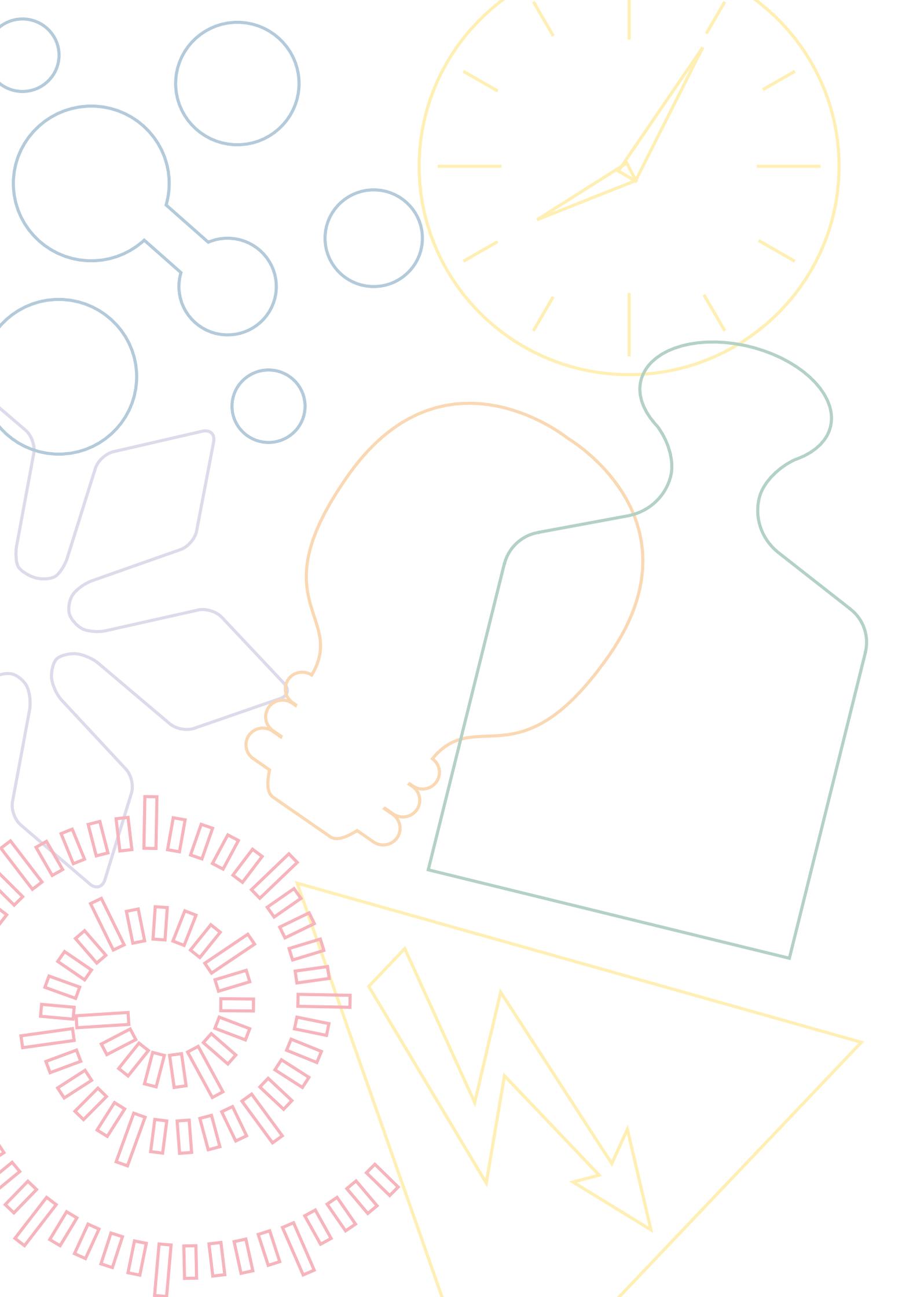
Turismo azul

El efecto invernadero

El Salto del Tequendama

y mucho más...





Prefacio

Estimado lector,

¡Espero estés bien de salud!

En estos días me topé con un artículo¹ en la revista *Nature* que explica que en los últimos 100 años la masa de los objetos producidos por el ser humano (es decir, la masa de los plásticos, casas, edificios, carreteras, máquinas, etc.) se ha venido duplicando cada 20 años. Y afirma que este año 2020, sobrepasará a la biomasa (la masa seca de todos los organismos vivos en la Tierra).

Los seres humanos representamos solo el 0,01 por ciento de la biomasa y en ese sentido somos insignificantes, pero cuando uno lee datos de este tipo se le vienen varias preguntas a la mente:

¿Podemos seguir actuando y pensando que lo que hacemos no tiene influencia significativa sobre las condiciones en las que viviremos, nosotros y otros, sobre la Tierra?

Este año, marcado por la pandemia, ¿no nos ha quedado demostrado, trágicamente, cómo un virus microscópico y de masa minúscula es capaz de obligarnos a cambiar tan drásticamente nuestra forma de vida?

Sin duda nos quedó más claro que nunca que todo está interrelacionado y que del comportamiento de unos depende el bienestar y la vida de otros. Y nos llevó a una mayor reflexión sobre nuestros hábitos y costumbres perjudiciales para nosotros y el ambiente.

¿Cuánta energía se gastó para producir toda esa masa de objetos? ¿Cuánto se contaminó el aire, la atmósfera y el medioambiente durante los procesos de producción? ¿Y cuánto contaminamos al utilizarlos?

¿Qué haremos con muchos de esos objetos cuando ya no los necesitemos y dónde los desecharemos? ¿Viviremos entre chatarra como Wall-e?

¿Qué podemos hacer para revertir el punto en el que estamos? ¿En qué y cómo podemos colaborar cada uno de nosotros para que, además de objetos, seamos capaces de producir cambios positivos y significativos?

Fueron preguntas de este tipo las que nos llevaron a preparar una edición sobre Sostenibilidad. En este número encontrarás artículos desde diferentes ángulos y con opiniones de protagonistas muy diversos. Pero en todos notarás una constante: el rol de la ciencia y el de las mediciones confiables.

Para poder identificar los desafíos, analizarlos, monitorearlos y predecir con la mayor certeza posible los impactos, tenemos que medir bien los parámetros que los caracterizan. Solo midiendo bien podemos basarnos en datos confiables para proponer soluciones, tomar las decisiones correctas y actuar.

Medir bien significa realizar las mediciones por un lado, en las magnitudes y con la intensidad, regularidad y cobertura; y por otro lado, con la exactitud e incertidumbre necesarias.

Es en esto de medir bien que estamos comprometidos todos los que participamos en esta revista. Es nuestro aporte para que se logren cambios positivos y significativos, para nosotros y para las generaciones que nos siguen.

Espero que este número te genere curiosidad por ahondar más en estos temas; que te ayude a hacerte preguntas y a encontrar tus propias respuestas basadas en la ciencia. Y ojalá te inspire para sumar soluciones.

Recibe un cordial saludo,

ALEXIS VALQUI



Alexis Valqui, Director Ejecutivo de la revista
¡De acuerdo! – La ciencia a tu medida
Foto: Alexis Valqui

¹ Elhacham, E., Ben-Uri, L., Grozovski, J. et al. *Global human-made mass exceeds all living biomass*. *Nature* (2020).
<https://doi.org/10.1038/s41586-020-3010-5>



Índice

Prefacio
Alexis Valqui

1



Energía solar: “Todas las voces, todas. Todas las manos, todas”
Roberto Arias Romero y Claudia Mazzeo

4



El mejor cacao del mundo
Mabel Delgado y Javier Méndez Vedia

7



“Viento del este, ¿lluvia como peste?”
Claudia Mazzeo

10



En los últimos 400 mil años, nunca hubo la concentración de dióxido de carbono que tenemos hoy en la atmósfera
Claudia Mazzeo

13



Sorpresa fuera de la ciudad
Fernando Aguilar

15





18

Turismo azul

*María Jesús Dabezies y
Silvana Demicheli*



21

El efecto invernadero

*Enrique Garabetyan,
Andrea Luján Chamorro y
Justina Garro*



24

El Salto del Tequendama

*Nicolás F. Angarita Peñaranda,
Sebastián Torres y Silvana Demicheli*



27

Mensaje urgente

Mangle Ramsar



30

Vida después de la mina

Raquel Tineo y Silvana Demicheli



El aire que merecemos respirar

Raquel Tineo y Silvana Demicheli



33



¿Cómo nos medirán en el futuro?

*Nicolás F. Angarita Peñaranda y
Claudia Mazzeo*



36

Energía solar: “Todas las voces, todas. Todas las manos, todas”.

Ilustración: Alberto Parra del Riego

Cada mañana, antes que el sol asome en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, capital del estado mexicano de Chiapas, José Villalobos (estudiante, 22 años) deja su casa rumbo al pequeño mercado de su barrio.

El tiempo no sobra, a las 8.00 debe estar en clases. Su paso rápido agita la bolsa de manta que lleva para la compra. Siempre procura adquirir sólo lo indispensable para no desperdiciar comida o generar residuos de más, y trata de no consumir productos de origen animal para no contribuir a la deforestación para pastoreo de ganado, ni favorecer las emisiones de gas metano. Luego se dirige a la Universidad Valle del Grijalva donde cursa el tercer año de Psicología. “Puedo ir en transporte público, pero prefiero caminar”, señala José.

Desde el año pasado forma parte del movimiento “*Fridays for Future México*” (FFF - Viernes por el Futuro), organización que nació como resultado del movimiento estudiantil generado en Estocolmo, Suecia, en agosto de 2018, después de que la joven Greta Thunberg se declarara en huelga escolar por el clima frente al parlamento de ese país.

“¿Por qué me uní a FFF? Sin duda me identifiqué con su causa, la lucha por el planeta es una lucha muy personal; tan personal como nuestro futuro”.

Cada viernes, las marchas estudiantiles buscan impulsar la toma de medidas que frenen o prevengan el avance de la crisis climática. También apuntan a crear conciencia ambiental, social y política. “Siempre procuro mantenerme informado; al educarnos podemos comprender mejor la situación para poder actuar”, dice José.

Los martes, integrantes de FFF Chiapas se reúnen para coordinar acciones. “Nuestro objetivo es que las personas conozcan las herramientas que tenemos como sociedad civil para combatir la crisis climática”, explica.

Con la mirada puesta en la energía del sol

Héctor Castillo vive a más de 1000 km por carretera del hogar de José, pero cerca de su lugar de trabajo, el Centro

Nacional de Metrología de México (CENAM), en la ciudad de Querétaro.

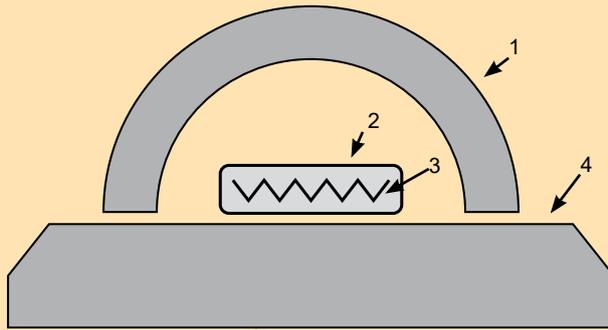
Se graduó en Ingeniería Física en la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco en CDMX, para luego cursar una maestría en Ingeniería Eléctrica en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y el doctorado en esa especialidad en la Universidad Nacional Autónoma de México. Desde 1996 trabaja en la Dirección de Óptica y Radiometría del CENAM, donde se ha convertido en referente en Energía Solar en América Latina.

Al igual que José, cada mañana sale de su casa con un propósito: contribuir a la producción sostenible de energía — y por ende a mitigar los efectos del cambio climático — brindando recursos tecnológicos a la industria.

Junto con un equipo interdisciplinario de expertos del CENAM, Héctor enfrenta a diario el desafío de apuntalar la transición energética de su país hacia las energías renovables. No es una tarea sencilla, porque a medida que las nuevas tecnologías crecen surge la necesidad de desarrollar métodos de medición o instrumentos para asegurar la calidad de nuevos productos.

Por ejemplo, nos explica que la radiación solar (energía que proviene del sol) se mide por medio de equipos para exterior que son calibrados mediante sistemas de referencia conocidos como radiómetros. Entre ellos hay dos grandes categorías: los pirheliómetros, que se emplean para medir la radiación directa, y los piranómetros, para medir la radiación global.

Cómo funciona un piranómetro



1: Cúpula de cristal, 2: superficie negra, 3: Termopila, 4: Sumidero de calor

Un piranómetro es un sensor que permite medir la potencia radiante por unidad de área.

Funciona basado en el principio de detección termoelectrica:

- la radiación solar que llega al dispositivo es absorbida por una superficie o banda negra (casi la totalidad de las longitudes de onda) y se transforma en calor;

- el calor fluye hacia el cuerpo del piranómetro y proporciona una señal eléctrica que es medida por otro instrumento. La potencia se mide en watt/m^2 , multiplicando la tensión por una constante del instrumento.

La cúpula semiesférica, generalmente de un cristal de calidad óptica, preserva la visión de 180 grados y también protege a la banda negra de influencias que pueden afectar las mediciones (lluvia, viento, suciedad).

Ilustración adaptada de Principio de funcionamiento de un piranómetro de termopila. <https://www.kippzonen.es/News/575/Principio-de-funcionamiento-de-un-piranometro-de-termopila#.X9WB9tjc3IV>

¿Por qué es necesario calibrar los instrumentos de medición? Entre otras cosas, para poder comparar mediciones que se realizan en diferentes lugares; por ejemplo, entre las fábricas y los usuarios. Esto requiere de un patrón de referencia que cuente con reconocimiento internacional y trazabilidad en sus mediciones.

Héctor recuerda que uno de los mayores retos que enfrentaron fue lograr calibrar piranómetros sin depender del sol. Dicho de otro modo, asegurar que medían bien la radiación solar prescindiendo del astro como fuente de radiación y usando una fuente de luz artificial. Y es que quienes brindan esos servicios a los fabricantes de calentadores solares de agua (esas estructuras que se asoman en los techos de las casas) debían poder calibrar los piranómetros sin vérselas con la variabilidad diaria de la intensidad de la radiación solar.

Tras varios meses, y con el apoyo del Instituto de Metrología de Alemania (el PTB, sigla de su nombre en alemán), lograron desarrollar los medios y los procedimientos técnicos requeridos para calibrar piranómetros en el intervalo de $200 \text{ W}/\text{m}^2$ a $1200 \text{ W}/\text{m}^2$, brindando asistencia a esa demanda de los fabricantes nacionales. “El método fue superando obstáculos técnicos y logramos participar en una comparación internacional latinoamericana cuyo buen resultado nos

permite aumentar la confianza en este método y continuar trabajando en la disminución de la incertidumbre”, dice el doctor Héctor Castillo.

Las plantas solares fotovoltaicas que generan energía eléctrica constan de grandes extensiones de paneles fotovoltaicos y piranómetros que se ubican en el terreno para medir la irradiación global del sol, su materia prima para la generación de energía. Pero cuando quieren calibrar esos piranómetros deben hacerlo en terreno, junto con la extensión de paneles. Su retiro del lugar para el envío a los laboratorios del CENAM interrumpiría el monitoreo que se realiza en la planta para el control de su producción de energía.

“Hasta el momento no existía esa demanda en México. Ahora tenemos que abocarnos a la construcción de una estación remota que podamos llevar a la granja para calibrar en el sitio el conjunto de piranómetros mientras todo está en funcionamiento”, explica el especialista del CENAM.

Castillo agrega, que “las plantas ensambladoras de módulos solares utilizan casi como un caballo de batalla simuladores solares de área grande, probando en su interior los paneles solares que fabrican, para luego colocarles la etiqueta que indica su potencia pico, dato esencial para calcular el costo de los módulos que producen”. Esos simuladores deben ser ajustados con frecuencia en función de diferentes parámetros, lo que requiere disponer de calibradores de esos simuladores. “Logramos desarrollarlos —dijo con una sonrisa de satisfacción— pero al hacerlo surgieron nuevos desafíos relacionados con el ajuste y medición de las magnitudes eléctricas de corriente pico y tensión eléctrica”.



Comparación de piranómetros en la estación meteorológica de la Universidad de Santiago, en Chile.
Foto: Héctor A. Castillo.

Energía colectiva

Es viernes. Se acerca la hora en que José se reúne con su grupo. FFF ha hecho público en México sus ejes centrales: acelerar la transición energética justa hacia energías renovables, prohibir la técnica de extracción de fractura hidráulica o *fracking*, quitar los subsidios a los combustibles fósiles y establecer un precio, justo y transparente a las emisiones de carbono.

También piden que se escuche a los científicos. Despliegan sus banderas y pancartas (“*No hay planeta ‘B’*”) y marchan

juntos, sabiendo que miles de jóvenes están reunidos en las plazas de todo el mundo por la misma causa. No hay tiempo que perder...

Para saber más: *Piranómetros y pirheliómetros. La medida de las radiaciones*, en “*¡De acuerdo! Edición No. 3 - Energía*” <https://www.revistadeacuerdo.org/2017/05/12/dias-de-sol/>

ROBERTO ARIAS ROMERO (MÉXICO)
Y CLAUDIA MAZZEO (ARGENTINA)

El ABC de las renovables

Las fuentes de energía renovables reconocidas por la Organización Internacional de Energías Renovables (IRENA) son:

La **bioenergía**: tiene su origen en el uso de la materia orgánica que se forma en algún proceso biológico o mecánico, principalmente de seres vivos o sus residuos.

La **geotermia**: alude a la ocurrencia de fenómenos térmicos que se desarrollan en el subsuelo terrestre. El agua y/o el vapor de agua son los portadores de la energía hacia la superficie terrestre.

La **energía solar**: resulta del aprovechamiento directo del sol, incluso en climas nublados. La energía solar se emplea cada vez más para generar electricidad o calentar, y también para desalinizar agua.

La **energía eólica**: se sustenta en el aprovechamiento de la energía cinética del viento para transformarla en energía eléctrica; esta transformación se logra haciendo uso de turbinas especiales. Cuando el viento hace contacto con los álabes de las turbinas se produce un giro en la turbina, es decir, se produce una transformación de energía cinética traslacional del viento a energía rotacional de la turbina. Si el eje de la turbina se conecta a un generador eléctrico entonces se completa el proceso de producción de energía eléctrica a partir de la energía cinética que posee el viento.

La **energía oceánica o marina**: es aquella que emplea las mareas, olas y corrientes para producir electricidad. Aunque todavía no es posible encontrar desarrollos comerciales, actualmente se encuentran en fases de investigación y desarrollo. Las tecnologías oceánicas más promisorias son: energía por oleaje, energía mareomotriz, energía de gradientes térmicos y energía por salinidad.

Energía hidráulica: resulta de convertir la energía cinética del agua de los ríos en energía eléctrica usando como elementos de conversión turbinas hidráulicas.

Las centrales hidroeléctricas constan de dos configuraciones básicas: con presas y embalses, o sin ellos. Las que emplean presas pueden almacenar agua para producir energía eléctrica en situaciones de alta demanda.



El mejor cacao del mundo

El cacao más fino y apreciado del mundo crece sin ayuda, acompañado de otros árboles, en la semisombra, en lo profundo de los bosques. En Bolivia, los recolectores y productores anhelan comercializar su cacao a mayor escala y reponen los árboles que lo rodean para hacer sostenible la actividad. Pero deben estar atentos a un peligro oculto: el cadmio.

Magín Supa tiene un sueño. “Primero quiero vender cacao a todos los departamentos de Bolivia. Cuando ya esté llegando el cacao a toda mi gente, quiero exportar. Mi cacao es natural y ecológico. No conoce lo que es la fumigación”.

Magín vive en Palos Blancos, a 240 kilómetros de La Paz. El calor y la humedad de los Yungas se filtra hasta los cacaotales. Aunque puede juntar hasta 46 toneladas anuales, sabe que eso no es suficiente para lograr el sueño de tener una planta de elaboración. De ese modo, él y otros recolectores de la zona dejarían de enviar pasta de cacao a otros departamentos donde sí elaboran el producto final: un vistoso empaquetado que al rasgarlo permite disfrutar la caricia del chocolate deshaciéndose en la boca.

Fe y sacrificio

Bernardo Ichu también recolecta cacao. Él vive en Beni, un departamento oriental con extensas sabanas. Cada mañana madruga y lleva a la mayoría de sus ocho hijos a recolectar los frutos del *Theobroma cacao*, que crece silvestre en los bosques.

A veces tiene que abrir caminos a golpes de machete para llegar a estos cacaotales agrestes, rodeados de árboles gigantes como el mapajo, el ochoó, la mara o el palo maría, que alcanzan y hasta superan los 20 o 30 metros de altura. Todos ellos arropan al cacao, que medra en la semisombra. Sin ellos, no se desarrollaría en el bosque. Por eso cuidan mucho de volver a plantar un árbol “acompañante” cuando necesitan talar alguno para obtener leña o madera.

En algunas temporadas se traslada a otras zonas a recolectar. En la provincia Iténez, declarada *Capital del Cacao*, para llegar al cacao que regala el bosque se usan canoas, motos y camionetas. Las herramientas son sencillas: un palo cosechador, conocido como pico de loro, cajones fermentadores, machetes, cuchillos y navajas.

Abundan las historias de amenazas de jaguar y mordidas de víboras en esas zonas (especialmente la lora, una pequeña víbora verde que caza aves en las ramas), pero eso no los detiene.

Sin embargo, hay un peligro oculto y del que hasta ahora no eran conscientes. No muerde ni pica, pero sí pesa cuando se trata del cacao: el cadmio.

Este elemento, que puede estar presente en las semillas de cacao, afecta los riñones, los huesos y el sistema respiratorio, y es agente causante de cáncer. Cuando se deshacen las rocas y hay incendios forestales o erosión, el cadmio llega hasta el suelo, y por absorción a las plantas. El humano también contribuye a esparcirlo, con actividades mineras y al fertilizar y regar el suelo de cultivo.

Queremos ir por más

En Bolivia hay cerca de 5000 productores y recolectores de cacao. Bernardo es el presidente de los del departamento de Beni. “El cacao es el petróleo del pobre. Pero es renovable”, dice. Por eso, todas las comunidades han introducido sistemas agroforestales para proteger la selva y seguir beneficiándose del cacao silvestre, que es diferente genéticamente a los tipos de cacao cultivado.

Hay tres tipos de cacao: el silvestre, el trinitario y el híbrido. Los dos últimos se siembran; el silvestre no es sembrado, solo se recolecta.

En el comercio internacional del cacao inciden las características de su calidad. Algunos aspectos se pueden medir y comparar (el tamaño del grano, el contenido de manteca de cacao y su dureza); otros, como el sabor y el aroma, son difíciles de medir pero también influyen a la hora de clasificarlo y comercializarlo. Según esto, se clasifica en cacao ordinario y cacao fino o de aroma. Este último es una oferta relativamente reducida y representa aproximadamente el 5 % del cacao producido en el mundo.

El sabor y aroma del cacao boliviano lo ha situado entre los más finos del mundo. El año pasado (2019), en Florencia, obtuvo una medalla de plata en un torneo internacional (el *International Chocolate Awards*); y en el *Salón del Chocolate de París* obtuvo el máximo galardón entre 233 tipos de cacao de 55 países. Ambos productos salieron de los bosques que tan bien conoce Bernardo.

En Bolivia hay 12 115 hectáreas de cacao silvestre. Bernardo calcula que en su zona solamente se utiliza un 30 % de los cacaotales. Con fe en su producto, colabora en conseguir recursos para abrir accesos a las otras islas de cacao, donde está rodeado de maleza. Su anhelo también es tener una planta procesadora, para elaborar pasta y productos

terminados. “Con eso, los productores saltaríamos de contentos”, dice.

Ojo con el cadmio

Pero todo cacao que se quiera comercializar debe contener solamente una cantidad permitida de cadmio. Desde enero de 2019, la Unión Europea ha establecido niveles máximos de cadmio en varios alimentos que antes no habían sido considerados, entre ellos el cacao y sus derivados, y varios países toman esos valores para controlarlo.

Por ejemplo, y por nombrar sólo algunos de los valores exigidos como requisitos: para la cocoa en polvo se permite un contenido máximo de cadmio de 0,6 miligramos por cada kilogramo de producto. El chocolate de leche con menos de 30 % de sólidos de cacao puede contener un máximo de 0,1 mg/kg; es una cantidad ínfima.

El Instituto Boliviano de Metrología (IBMETRO) cuenta con lo necesario para realizar mediciones de cadmio en alimentos. Concretamente sobre el cacao llevó adelante un estudio para determinar cuánto cadmio había en 35 productos finales que se venden en Bolivia: chocolate amargo, cacao en polvo, chocolate en barra y chocolate semiamargo.

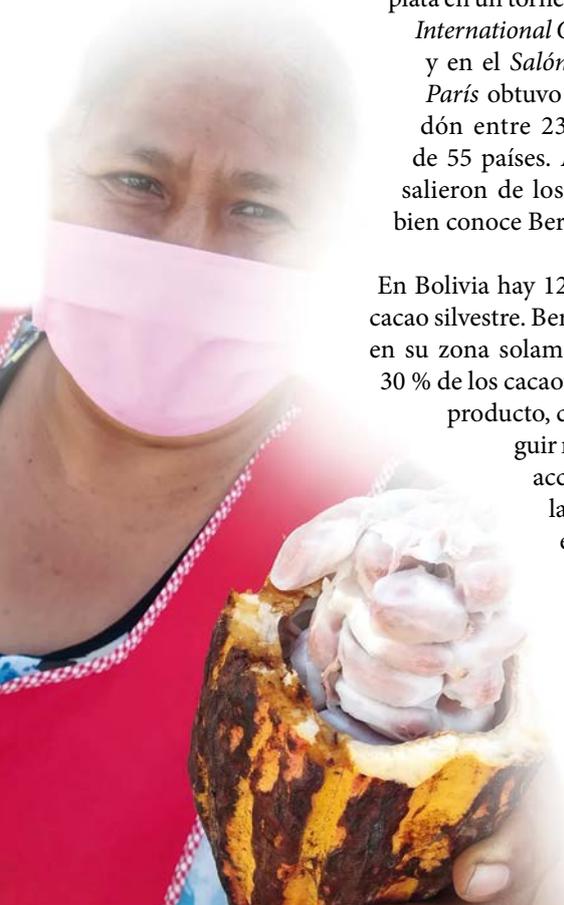
La ayuda llega

Ahora que los productores bolivianos miran a un mercado ultramarino, Bernardo insiste en que es necesario conocer más de teoría. “Antes cosechábamos a lo bruto, mezclando pintones (poco maduros), chíos (podridos), grandes, chicos, de todo. Ya sabemos seleccionar bien. Todos los productores necesitamos profesionales para aprender más”.

Y esto es muy cierto. Magín, por ejemplo, no sabía que el cadmio puede afectar al ser humano. Quedó preocupado, y dijo que todo eso tiene que solucionarse para que las ventas no decaigan.

Edwin Martínez trabaja en uno de los cinco departamentos productores de cacao. Navega por el caudaloso Ichilo para llegar hasta las comunidades yuracaré-mojeño y mostrarles formas de mejorar el cacao nativo con injertos. Allí los que salen a recolectar cacao silvestre a la selva son hombres. Las mujeres y los niños suelen entrar a los pequeños sembradíos de cacao híbrido cercanos. Los jóvenes, en cambio, suelen buscar otras oportunidades.

El vocal de la Confederación de Productores de Cacao de Bolivia (Samuel Oña Condori, también productor) maneja números claros: “Hay que tener unas 1100 plantas por hectárea, no 600 como teníamos antes. Cada planta debe rendir al menos dos kilogramos de cacao seco y cada hectárea debe rendir 20 quintales”. (Un quintal es equivalente a 46 kilogramos).



Ve con esperanza la reactivación del Programa Nacional de Cacao, del que participan los cinco departamentos productores. Durante cinco años, se destinarán algo más de 35 millones de dólares para que accedan a herramientas, asistencia técnica y plantines. Los sembradores y recolectores también aportarán con una contraparte.

Cacao sostenible y de calidad

Pero si quieren asegurar el sustento que les brinda el cacao y hasta invertir en una planta procesadora, necesitan tener bajo control el tema del cadmio y otros temas relacionados a la calidad para poder competir con sus productos transformados.

IBMETRO considera posible que la contaminación con cadmio también provenga del cultivo, producción y transformación. Conocer el origen de la contaminación es fundamental para mejorar la calidad del cacao; por eso, aunque por la pandemia no se ha podido realizar aún, el estudio sobre cacao será ampliado a ensayos de suelo, las distintas partes de la planta y a distintas etapas de procesamiento.

La posibilidad de realizar mediciones confiables con IBMETRO ayudará a los productores a analizar bien las fuentes del cadmio y las formas de manejo, ya sea de los suelos, de las variedades de cacao y luego de los granos y de los productos transformados.

El potencial para este producto espera aún ser desarrollado.

Magín Supa sabe que sus colegas recolectores quieren mejorar la industria del cacao. Confía en que los municipios, el gobierno central e instituciones como IBMETRO seguirán apoyándolos para cumplir sus sueños.

MABEL DELGADO Y JAVIER MÉNDEZ VEDIA (BOLIVIA)

Fotos: Javier Méndez Vedia



Así se mide el cadmio

El contenido de cadmio del cacao y otros alimentos se mide en laboratorios, a partir de muestras y utilizando equipos especiales.

La mayoría de los equipos requieren que la muestra se encuentre en estado líquido, por lo que para medir el contenido en cacao primero se debe transformar de sólido a líquido. Para ello, primero se pesa y luego se mezcla con ácidos en alta concentración y se calienta. Esto permite obtener un líquido casi incoloro, donde el cadmio sigue presente.

El líquido se coloca en un equipo (un espectrómetro de absorción atómica) y en su interior pasa por una llama que está a muy alta temperatura, lo cual ocasiona que el líquido se convierta en gas y muy rápidamente en átomos.

Una lámpara especial en el interior del equipo emite un haz de luz con una longitud de onda característica, que atraviesa la nube de átomos y sólo es absorbida por los átomos de cadmio.

Del otro lado de la llama, un detector especial es capaz de estimar la energía inicial y la energía remanente. La disminución de energía (luz) es proporcional a la cantidad de cadmio en la muestra.

Cuanto más átomos de cadmio, mayor es la cantidad de energía absorbida y menor la cantidad que llega al detector. A partir de ese dato es posible conocer la cantidad de cadmio en la muestra y determinar la cantidad de cadmio en el producto.



¿Cuántas veces escuchaste decir a tus abuelos “El tiempo está loco”, o “Viento del este, agua como peste”.

Existe toda una variedad de frases que no mucho tiempo atrás se cumplían a rajatablas. Pero hoy, ya no es así.

Para tratar de describir la situación climática actual y futura, un grupo de expertos del que forman parte muchos latinoamericanos se dedica a estudiar el cambio climático y a brindar pronósticos sobre el clima futuro. Se trata del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, más conocido como IPCC, por sus siglas en inglés. Su labor es tan calificada que en 2007 mereció el Premio Nobel de la Paz.

El IPCC se encarga de evaluar el estado de los conocimientos científicos relativos al cambio climático, sus impactos, sus futuros riesgos, y las posibles respuestas. Sus informes —en los que suelen participar alrededor de tres centenares de profesionales— están pensados con el objeto de orientar especialmente a los encargados de formular políticas en todo el mundo.

¿Qué efectos tiene el cambio climático?

“Como consecuencia del crecimiento del consumo de combustibles fósiles, las emisiones de dióxido de carbono aumentaron y aumentarán exponencialmente, y al mismo ritmo seguirán sus concentraciones en la atmósfera”, decía ya en 2004 un referente en el tema, Vicente Barros, doctor en Ciencias Meteorológicas, desde su libro El Cambio Climático Global.

Varias veces integrante de diferentes grupos del IPCC, Barros explica que: *“El resultado (del aumento de las emisiones) es un calentamiento global que amenaza con la extinción de especies más devastadora de los últimos millones de años y que, de persistir por mucho tiempo, hará*

de la superficie de la Tierra algo muy distinto de lo que es actualmente”. De acuerdo con los expertos del Panel, desde alrededor de 1950 en todo el planeta Tierra se han observado cambios en fenómenos meteorológicos y climáticos, como la disminución de las temperaturas frías y cálidas extremas, la elevación de los niveles máximos del mar y el mayor número de precipitaciones intensas en diversas regiones.

¿Cómo podría frenarse? Con la reducción sustancial y sostenida en el tiempo de la emisión de gases de efecto invernadero. Solo así se podrían cambiar las actuales proyecciones que hablan de un aumento continuo de la temperatura, de olas de calor y de episodios de precipitación extrema más intensos y frecuentes en muchas regiones. Sin esa reducción el océano se seguirá calentando y acidificando, y el nivel medio global del mar continuará elevándose, afirma el IPCC.

Debido a su gran capacidad, los océanos almacenan más del 90 % del exceso de calor atrapado por los gases de efecto invernadero. Por ello desempeñan un papel crucial en el sistema climático como componente clave de los ciclos mundiales de la energía, el agua y el carbono.

Es claro que, para poder realizar todas estas afirmaciones, los meteorólogos deben recurrir a mediciones actuales y del pasado, que abarcan desde datos del suelo hasta los de la atmósfera. Pero no solo eso. Las mediciones implican el empleo de instrumentos adecuados, calibraciones, desarrollo de procesos de medición, ensayos de intercomparación de resultados (entre laboratorios), cálculo de la incertidumbre; es decir, todo aquello que muchas veces te hemos mencionado cuando te hablamos de la Metrología.

Por eso los especialistas dicen que la Meteorología y la Metrología deben trabajar “codo a codo” si se pretende demostrar con datos confiables y comparables, de validez internacional, cuáles son los números que dan cuenta del proceso de cambio climático.

Con esa mirada, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) firmó en 2010 con el Comité Internacional de Pesos y Medidas un acuerdo que es interpretado como una señal mundial de que en Meteorología las mediciones deben tener la misma rigurosidad que en cualquier otra ciencia que se precie de serlo.

Esta decisión puso en un lugar protagónico a los Institutos Nacionales de Metrología (INM), los únicos en condiciones de tomar la posta y proponer acciones para validar las mediciones en este ámbito.

“Una de las primeras exigencias presentadas por los INM ha sido que los responsables de realizar mediciones climáticas incorporen la norma 17025 con la que se regulan los laboratorios de ensayo y calibración para garantizar la competencia técnica” dice el físico Javier Skabar, del Instituto Nacional de Tecnología Industrial de Argentina (INTI).

Skabar coordina por el INTI una iniciativa de alcance regional, impulsada por el Instituto Nacional de Metrología de Alemania (el PTB, por sus siglas del alemán): el proyecto “Metrología para Meteorología”. Iniciado en 2018, cuenta con la participación de Brasil, Costa Rica, El Salvador, México, Panamá, Perú y Uruguay, además de Argentina. El proyecto busca asistir a los servicios meteorológicos de los diversos países para que sean capaces de lograr mediciones confiables. Para esto, los meteorólogos aportan su experiencia y conocimiento en mediciones de temperatura, humedad y presión atmosférica, entre otros.

Con mediciones climáticas equiparables entre países de la región, sin duda resultará más sencillo juntarse en familia y analizar con fundamento algunas viejas frases, como aquella que sentencia que “Lo que mata es la humedad”.

CLAUDIA MAZZEO (ARGENTINA)

¿Qué miden los meteorólogos y climatólogos?

No todos los estudiosos del clima y la Meteorología realizan mediciones, sino que muchos de ellos trabajan a partir de las mediciones que realizan otros profesionales.

La observación del estado del sistema climático requiere de mediciones directas e indirectas, y mediciones in situ (en el lugar) y remotas.

Las mediciones directas miden, por ejemplo, la masa y el volumen de lluvia o la presión atmosférica con instrumentos como la balanza, el pluviómetro y el barómetro de mercurio. Las indirectas, en cambio, emplean dispositivos de medición cuyos datos luego se deben interpretar, como sucede con las imágenes satelitales.

Por otra parte, las mediciones in situ se obtienen por contacto directo entre el elemento sensor y el medio que

se desea medir. Como, por ejemplo, cuando se emplea una radiosonda transportada por un globo.

Las radiosondas miden velocidad del viento, presión, temperatura y humedad hasta una altitud cercana a los 20 kilómetros, en la estratósfera. El globo se rastrea con sistemas de posicionamiento global (GPS) y los datos se transmiten por radioenlace.

¿Escuchaste hablar de teledetección o percepción remota? Nada que ver con el fenómeno OVNI. Así se denominan aquellas mediciones remotas que se obtienen sin ningún contacto directo entre el elemento sensor y la sustancia a medir. Más específicamente, la teledetección es la captación de las características físicas de la superficie terrestre, basada en mediciones de radiación reflejada y emitida de cada componente de esa superficie.



Existen dispositivos de teledetección activos y pasivos. Los activos son aparatos electromagnéticos y acústicos que emiten impulsos y luego captan la señal de retorno, que al ser procesada se convierte en una variable meteorológica. Un ejemplo clásico es el radar, y el sodar.

La teledetección pasiva no depende de una señal emitida sino de una fuente emisora o reflectora de radiación electromagnética detectable mediante un sensor, seguida de su procesamiento y visualización. Las sondas de temperatura infrarroja son un ejemplo de detección pasiva.

Consultada la climatóloga Inés Camilloni sobre qué tipo de mediciones son de mayor utilidad para estudiar el

cambio climático dijo que “se emplea más la información que proviene de los satélites. Permiten inferir información de temperatura, radiación, viento, corrientes oceánicas, cobertura de hielo, concentración de gases (como cantidad de dióxido de carbono)”.

Explicó que el radar, en cambio, se usa mucho para la situación meteorológica que va evolucionando, cuando viene una tormenta, por ejemplo; pero no para una información de largo plazo, cuando uno mira cómo viene evolucionando la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera.

CLAUDIA MAZZEO (ARGENTINA)

Meteorólogos en acción

Para hacer estimaciones y pronósticos, los meteorólogos deben estudiar una serie de variables que afectan a la atmósfera. La cantidad de variables que incluyan en su análisis dependerá de la naturaleza del problema que desean analizar. E incluye el estudio de la evolución de esas variables, ya que la atmósfera es un fluido dinámico, que se encuentra en constante movimiento.

Las variables que se incluyen en el nivel más simple de análisis son temperatura y presión. Pero existen otras, como humedad, velocidad del viento, precipitaciones, radiación solar, nubes y aerosoles, y gases traza.

En Meteorología suelen emplearse sistemas de observación; esto es, un conjunto de instrumentos configurados para ser empleados en forma simultánea.

La Organización Meteorológica Mundial coordina las observaciones atmosféricas y oceánicas desde diferentes estaciones y mediante un variado grupo de sensores con los que es posible medir regiones continentales y océanos. “En los mares se usan boyas que miden parámetros como la temperatura de la superficie del mar, la acidez del océano, la salinidad. También se hacen mediciones a través de barcos en navegación y de plataformas fijas en el agua”, dice Inés Camilloni.

“En los últimos 400 mil años, nunca hubo la concentración de dióxido de carbono que tenemos hoy en la atmósfera”

Inés Camilloni es un referente internacional en cambio climático. Es doctora en Ciencias de la Atmósfera, profesora universitaria, investigadora y varias veces integrante del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC).

-¿Desde cuándo se tienen datos de mediciones climáticas para hacer una evaluación evolutiva del cambio climático?

-Información meteorológica de estaciones, como para medir la temperatura y evaluar el cambio en la temperatura global, desde 1850 a nivel global.

-Los lugares en los que se recoge información, los puntos de monitoreo, ¿son suficientes?

-Es una distribución muy heterogénea. Hay países que están muy bien monitoreados y desde hace mucho tiempo, y que cuentan con observaciones sistemáticas, confiables, durante muchas décadas hacia atrás; porque para estudiar cambio climático uno necesita registros largos de tiempo. Argentina tuvo una situación más variable, épocas con más cantidad de estaciones meteorológicas y épocas en las que se cerraron estaciones.

Es difícil tener un mapa de cómo fue cambiando el clima en Argentina previo a 1960. Pero si, harían falta más observaciones.

-¿Cómo se puede fundamentar, con observaciones tan recientes, el cambio climático? Los geólogos, por ejemplo, objetan que el lapso que se toma sea tan reciente.

- Con el hecho de que en los últimos 400 mil años nunca hubo la concentración de dióxido de carbono que tenemos hoy en la atmósfera.

-¿Y de eso sí hay mediciones?

Sí, porque usamos los datos aproximados de testigos de hielo, anillos de árboles, corales, polen. A partir de esa información se hacen las estimaciones.

El dióxido de carbono nunca tuvo el valor al que llegó ahora, con un crecimiento exponencial a partir de la revolución industrial donde empezó la quema intensiva de petróleo, gas natural, del carbón. El uso intensivo de estos combustibles intensificó el efecto invernadero natural que tiene el sistema climático.

Otras causas que pueden generar cambios en el clima tienen que ver con la energía que emite el sol, con los cambios en procesos astronómicos, la forma de la órbita de la Tierra alrededor del sol, la inclinación del eje de la Tierra respecto del plano del movimiento de traslación, el movimientos de deriva que tienen los continentes, los movimientos de creación de orografía.

Entonces, uno lo que hace es primero evaluar la escala de tiempo en la cual esos fenómenos ocurren. ¿Los procesos geológicos? Estamos hablando de millones de años. ¿Procesos astronómicos, como el movimiento del cambio en la inclinación del eje de la Tierra, del cambio en la órbita? Hablamos de decenas a cientos de miles de años.

Los únicos procesos naturales que podrían explicar el marcado aumento de la temperatura registrada desde 1850 o 1900 hasta ahora, son las acciones humanas que tienen que ver con el uso intensivo y la quema de los combustibles fósiles, y también el uso de suelo.

Foto cedida por Exactas UBA

¿Cómo hacemos para realizar esa atribución? Usamos herramientas que nos proveen la Matemática y la Física de cómo sabemos que funciona el sistema climático. Eso lo representamos con ecuaciones, con modelos, que nos permiten discriminar la importancia relativa de cada uno de esos efectos.

El sol tiene una capacidad en su ciclo de 11 años de modificar la temperatura del aire del orden de las centésimas de grado. Y entre 1850 o 1900, si tomamos eso como referencia hasta ahora, la temperatura subió un grado. Por lo tanto el sol no podría explicar el aumento de temperatura observado.

Esto no forma parte de un ciclo natural del clima, porque existen las herramientas para hacer la atribución; la ciencia tiene las herramientas para hacer la atribución de los cambios observados a las acciones humanas.

-¿Que habría que mejorar en cuanto a mediciones y cambio climático?

-Sería deseable contar con redes de observación más densas y que se sostengan en el tiempo. Algunas regiones están poco monitoreadas, sobre todo en los países menos desarrollados. Claramente hay pocos datos en África, y en Sudamérica tenemos muchas regiones con poca información.

Por otra parte, la densidad de estaciones que se necesita para medir la temperatura no es la misma que para medir la lluvia. La lluvia es mucho más dispersa, más heterogénea en su ocurrencia, y entonces uno necesita tener más información.

- ¿Cómo son las mediciones en las ciudades?

Por lo general hay pocas mediciones. Las ciudades son las que emiten mayor cantidad de dióxido de carbono a la atmósfera, en general el 70 % de las emisiones proviene de ambientes urbanos. Y paradójicamente, la información meteorológica de la ciudad suele estar representada por uno o dos datos.

En Buenos Aires, dónde viven trece millones de personas, tenemos las estaciones de Aeroparque y el Observatorio Central, en Villa Ortúzar.

Si uno quisiera conocer mejor cómo funciona el clima de la ciudad, cómo va cambiando a medida que crecen las edificaciones, habría que intensificar las mediciones.

Con la construcción de torres y edificios se modifica el movimiento del aire, se generan corrientes de mucha velocidad cerca del suelo (porque el aire tiene que rodear a los edificios) y se crean microclimas que no están monitoreados.

Esos cambios afectan a quienes viven en la ciudad, por lo que de contar con esa información se podría articular

mejor la planificación urbana. De lo contrario, se cambian códigos de edificación, se autorizan obras de infraestructura, sin medir ni considerar el impacto en la gente.

-¿Cuáles son sus expectativas en cuanto al cambio climático? ¿Tiene una mirada optimista o pesimista?

-Las proyecciones no son muy alentadoras, porque hace décadas que se viene hablando del tema y las medidas que se tomaron hasta ahora no han logrado ni siquiera desacelerar la tendencia. La cantidad de dióxido en la atmósfera viene aumentando de forma sostenida el 1 % anual, y en el 2018 aumentó un 2 %.

La idea no es volver atrás en el tiempo; la ciencia nos muestra que si queremos limitar el aumento de la temperatura a un grado y medio respecto del período preindustrial, todavía estamos a tiempo (estamos en 1,1). Pero para eso, tenemos que hacer enormes transformaciones, como reducir para el 2030 el 45 % de las emisiones de dióxido de carbono.

Son transformaciones que tienen que ver con el modo de producción, la energía, la eficiencia energética, la forma en que se producen los alimentos. Son transformaciones muy grandes. Por eso, por un lado el panorama es alentador: la ciencia nos dice que si quisiéramos hacerlo todavía estamos a tiempo, y así lo muestra el último informe del IPCC. Pero cuando uno ve la transformación que hace falta y cómo se mueve el mundo, parece difícil.

Los movimientos de jóvenes han logrado poner en la vidriera y en la agenda el tema como nunca antes se había logrado, y tal vez eso logre motorizar parte de los cambios que hacen falta.

-¿Cómo está la Argentina en ese contexto? Si bien aporta menos del 1 % de todos los gases de efecto invernadero que se emiten en el mundo, se encuentra en el tercer puesto de los países que más emiten en Latinoamérica, después de Brasil y México.

- Nuestro país se comprometió a que el 20 % de la energía que produzca para el 2025 sea de fuentes renovables. Ahora está en un 7 %, pero la tendencia es en aumento. Por otro lado, se siguen explotando combustibles fósiles, como en Vaca Muerta. Aunque Argentina asumió el compromiso de reducir sus emisiones en un 18 % para el 2030.

Son compromisos que se suman en el marco de un acuerdo internacional. Lo que está en discusión en la actualidad es qué estrategias o mecanismos usar para que a los países que no cumplan con los compromisos no les resulte gratuito y pongan en práctica sus contribuciones globales.

CLAUDIA MAZZEO (ARGENTINA)



Sorpresa fuera de la ciudad

¿Se puede obtener combustible de las heces de animales?

Unos estudiantes salvadoreños demuestran que sí; y con su sistema contribuyen a la sostenibilidad.

Al llegar, estacioné y me integré a un grupo que escuchaba a unos panelistas, para luego comenzar un recorrido guiado. Un facilitador nos comentó que el combustible que utilizan es biogás, y lo obtienen a partir de los desechos de los animales de la granja (vacas, conejos, cerdos y pollos).

Me pregunté, ¿cómo es posible eso? ¿qué clase de sistema hay detrás?

Y es que toda materia orgánica de origen vegetal o animal se considera biomasa y es susceptible de ser aprovechada

De camino al centro de mi ciudad recibí una llamada de improviso que puso mis planes de cabeza. Mi amiga Rocío me avisaba que ya no podría guiarme hasta una granja que hacía tiempo tenía curiosidad por conocer. ¡No puede ser! —me dije— y acto seguido y “como necio que soy”, recordando la canción de Silvio Rodríguez puse rumbo hacia Chalatenango, al norte de El Salvador.

Se trata de la granja del INFRAMS (Instituto Nacional Dr. Francisco Martínez Suárez) donde los estudiantes de carreras agropecuarias realizan sus prácticas académicas: cultivan, crían animales y venden sus productos.

Biodigestor de la granja del INFRAMS donde las bacterias hacen su trabajo y se obtiene biogás.
Foto: Fernando Aguilar.
Ilustración: Alberto Parra del Riego



energéticamente. Entre los componentes de la biomasa (en este caso, las heces) hay unas bacterias que, en ausencia de oxígeno o cuando se encuentra en pequeñas cantidades, utilizan la materia orgánica para desarrollarse; la materia se descompone y fermenta. Durante el proceso, conocido como biodigestión, se produce una mezcla de gases: el biogás.

En la granja, los desechos de los animales se recolectan y van a parar a un contenedor cerrado, hermético e imper-

meable, llamado biodigestor, donde las bacterias hacen su trabajo. La biomasa posee bastante agua, necesaria para un buen flujo y mezcla dentro del sistema, el cual funciona con recirculación por acción de unas bombas. El movimiento que se produce es necesario para optimizar la fermentación y para que el biogás pueda fluir. Luego viaja por tubería hasta la cocina.

Ventajas del biogás

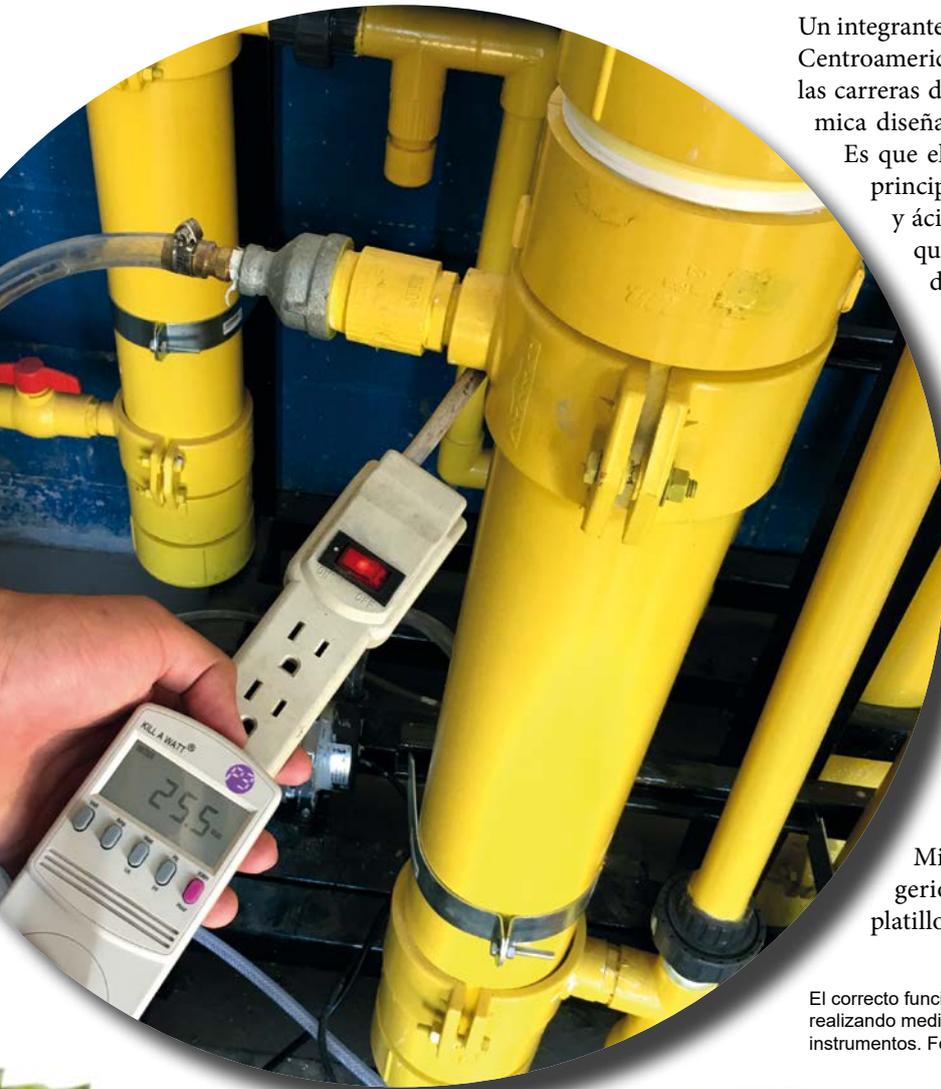
Un integrante del grupo era un profesor de la Universidad Centroamericana (UCA) y nos contó que estudiantes de las carreras de Ingeniería Mecánica y de Ingeniería Química diseñaron un proceso para optimizar el sistema.

Es que el biogás es una mezcla de diferentes gases, principalmente metano, dióxido de carbono (CO_2) y ácido sulfhídrico. A la hora de quemarlo, para que produzca la combustión adecuada se trata de quemar solo el metano. Los estudiantes diseñaron un proceso que permite separar el CO_2 y secuestrarlo (captarlo) para que pase solo el combustible.

El metano es un hidrocarburo simple (CH_4) y es altamente inflamable. La quema del metano siempre libera CO_2 , un gas de efecto invernadero que contribuye al calentamiento global. La diferencia o ventaja es que en el caso de la quema de metano que proviene de un biodigestor el CO_2 es parte de un ciclo más corto: lo capturan las plantas, los animales las comen y producen los desechos, las bacterias las biodigieren y producen metano, nosotros lo quemamos y el CO_2 vuelve a la atmósfera.

Mientras pensaba en todo esto, llegó el refrigerio. Para sorpresa mía y de los asistentes el platillo principal fueron unas deliciosas pupusas.

El correcto funcionamiento del sistema se controla en forma periódica realizando mediciones de varias variables utilizando diferentes instrumentos. Foto: Fernando Aguilar.



Otro producto de la biodigestión y que también aprovechan los estudiantes es una sustancia fertilizante que aplican como abono orgánico en las parcelas donde realizan los cultivos, que también venden. Foto: Fernando Aguilar

Emocionados, nos sentamos a degustarlas y nos enteramos que las prepararon con productos de la granja y en la plancha que funciona con el biogás.



Las pupusas son un platillo típico salvadoreño hecho de masa de maíz o arroz, con relleno de queso, frijoles o chicarrón (piel del cerdo frita). Foto: Fernando Aguilar.

El camino hacia la sostenibilidad

En mi camino de vuelta estuve repasando cómo se ha aprovechado la granja para fines productivos y educativos, al tiempo que contribuyen a la sostenibilidad y la Economía Verde. Mientras desarrollan sus conocimientos y capacidades técnicas, los estudiantes producen su propio combustible alternativo dando un mejor tratamiento a los residuos; se aseguran de tener biogás para la granja todo el tiempo, producen cultivos orgánicos enriquecidos con el fertilizante que también venden, y reducen las emisiones de CO₂.

La visita me motivó a buscar más información en internet.

En la búsqueda me crucé con la tesis de una estudiante, también de la UCA, que hizo su trabajo sobre el biodigestor de la granja¹. Menciona varios puntos que me aclararon dudas y que son interesantes para quienes estamos a favor del uso de combustibles alternativos o para quienes quieran obtener biogás:

“Para favorecer que las bacterias degraden el material, el contenido de materia seca no debe de ser de más del 50 %. Sin embargo, en un biodigestor, debe ser del 8 % al 10 %.

En la realización de estos procesos, las bacterias se ven condicionadas por algunos factores físicos y químicos, que posibilitan su adecuado desarrollo:... cargas de materia orgánica, ácidos grasos volátiles, temperatura, alcalinidad y nutrientes, entre otros.

... la velocidad de los procesos bioquímicos generalmente se incrementa con la temperatura. Como es común con las bacterias, son muy sensibles a los cambios de temperatura y, en la práctica, las plantas de biogás funcionan a temperaturas de 37 °C, donde fluctuaciones de ±2 °C son tolerables”.

Asocié estos datos sobre la importancia de ciertas mediciones, instrumentos y valores a un instituto que visité el año pasado: el CIM-Centro de Investigaciones de Metrología de El Salvador. Varios parámetros que se deben controlar en la producción de biogás requieren mediciones precisas: el peso de la materia necesaria, volumen de agua y líquidos, temperatura y pH en el biodigestor, presión en las bombas, entre otros. El CIM brinda apoyo técnico y servicios en todo lo referido a mediciones (referencias, patrones, calibraciones) para asegurar exactitud y precisión en las mediciones, y asesora para mejorar los procesos.

Algo que leí me resultó inquietante: un problema que se puede crear por aplicar esta tecnología (biodigestores) es si no solo se usan desechos orgánicos de animales o de plantaciones sino que se produce materia orgánica especialmente para alimentar a los biodigestores. O sea, se hacen cultivos para ese fin. Eso puede dar lugar a que se produzcan monocultivos (o monoculturas) con todos los problemas que eso trae aparejados. Hay países donde eso está ocurriendo (por ej: maíz en Alemania).

También descubrí que en El Salvador actualmente se desarrollan alrededor de 32 proyectos para desarrollo y uso de combustibles alternativos, que representan unos 12 MW de energía renovable no convencional.

¿Se estará considerando replicar la experiencia del INFRAMS en otros sitios? Los estudiantes han aprendido mucho sobre biodigestores y producción de biogás a escala doméstica y tienen mucho para compartir con otros que se interesen en hacerlo. No encontré el dato; es un punto que tengo pendiente para investigar.

FERNANDO AGUILAR (EL SALVADOR)

¹ Tesis "Caracterización de las corrientes que intervienen en un biodigestor del Instituto Francisco Martínez Suárez en Chalatenango, Antigua Guatemala". Octubre de 2019.

Turismo azul



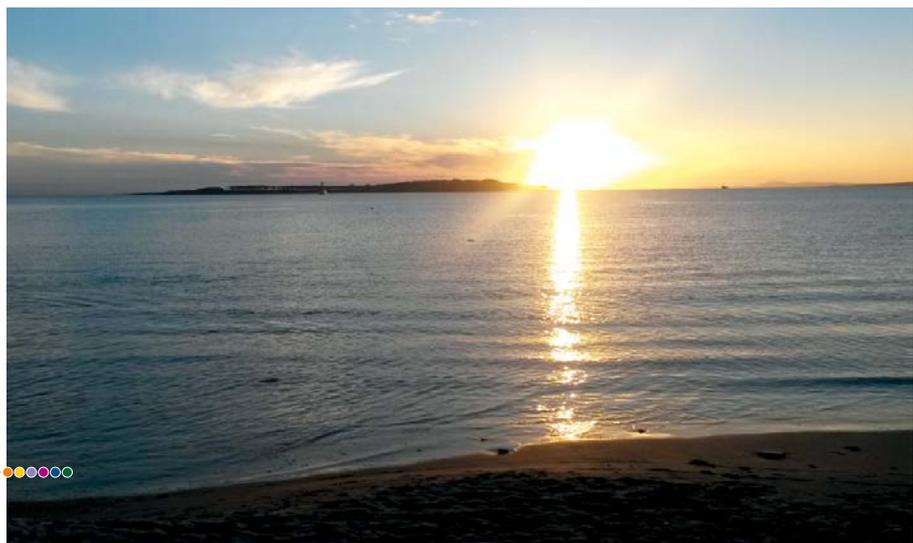
Foto: Diego Battiste

La riqueza en biodiversidad de Uruguay se presenta en una variedad de ecosistemas. Muchos de ellos se han transformado en atractivos turísticos y en particular el costero, por sus playas. Lograr un turismo responsable y sostenible es el gran desafío. Entre otras cosas, involucra a unos seres antiquísimos, diminutos y asombrosos, que se controlan cuidadosamente.

Todos los veranos cientos de miles de turistas llegan a Uruguay para disfrutar los meses más cálidos bajo el lema “sol y playa”. El país ofrece más de 670 km de costa y un collar de balnearios para distintos gustos y preferencias. El destino preferido por la mayoría, y en especial de los jóvenes, son las costas del Atlántico, al este del país. Muchos se despliegan por el sur, buscando playas de agua dulce sobre el Río de la Plata; y otros prefieren costas de lagunas, algunas de las cuales son reservas de flora y fauna.

Para que disfrutar de las playas no represente riesgos, se toman muchas medidas. Las más nutridas cuentan con servicio de guardavidas durante el verano, desde diciembre hasta Semana Santa (o Semana de Turismo, como le llaman en el país) y durante todo el año se controla la calidad de las aguas de playas y zonas costeras. En total se monitorean 72 playas del país. Las de Montevideo (ciudad capital) se controlan cuatro veces por semana; las de otras zonas, en forma semanal o quincenal.

Un rito ineludible para quienes disfrutan del verano en Uruguay es ver el atardecer en la playa. En algunas ocurre un fenómeno curioso: apenas el último punto del sol se oculta, arrancan los aplausos de los espectadores, agradeciendo el espectáculo que les regala la Naturaleza. Foto: Silvana Demicheli.



Azul que te quiero azul .

El turismo representa grandes desafíos para los Gobiernos y comunidades locales. Mientras el aumento de turistas es bienvenido, por los beneficios económicos que reporta, la sobrecarga puede ocasionar daños en los ecosistemas y el ambiente, a veces irreversibles.

Una alternativa esperanzadora para el “turismo costero” es promover una Economía Azul. Se le considera parte de la Economía Verde, pero apunta concretamente a lograr un turismo responsable y sostenible administrando correctamente el uso y conservación de las zonas costeras, los ecosistemas marinos y sus recursos, ya que depende de ellos.

Así figura en uno de los objetivos de la *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*, un acuerdo firmado por 196 países (entre ellos Uruguay) por el cual se comprometen a avanzar hacia 17 objetivos que asegurarían un futuro mejor para las próximas generaciones.

Una acción para poner en práctica las recomendaciones y compromisos de la Agenda es hacer un plan nacional para el desarrollo sostenible. Uruguay preparó el suyo con el aporte científico de 100 especialistas y en consulta con 700 representantes de comunidades locales, para tener en cuenta sus opiniones e inquietudes. Está vigente desde 2019 y apunta a “... la conservación de la biodiversidad y los ecosistemas, la calidad del agua, suelo, aire, y busca asegurar la buena calidad de vida de la población”.

Un problema es el bloom

En los controles de aguas de playas se estudia, entre otras cosas, la presencia de unos seres diminutos que, dependiendo de la especie y la concentración en que se encuentren, pueden resultar tóxicos y afectar la salud. No sólo la humana, también la de los ecosistemas acuáticos, impactando en la economía pesquera y el turismo. Entre los que más preocupación despiertan están las cianobacterias.

¿Qué son las cianobacterias? Se les nombra como “algas verdeazuladas” pero estrictamente no son algas. Son microorganismos acuáticos que forman parte del fitoplancton. Son diminutas; miden menos de 10 μm (micrómetros) de diámetro.

El micrómetro es un submúltiplo del metro. Equivale a una millonésima parte de un metro y a la milésima parte de un milímetro. En notación científica estas relaciones se expresan así:

$$1 \mu\text{m} = 0,000\ 001 \text{ m} = 1 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm} = 1 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

Se originaron hace miles de millones de años y su poder de adaptación es admirable. Se les encuentra prácticamente en cualquier lado: cortinas de ducha, cubiertas de barcos, aparatos de aire acondicionado, estanques, lagunas, ríos, océanos... y hasta en rocas de la Antártida. Abundan en ecosistemas de agua dulce, pero toleran y sobreviven en ambientes marinos y extremos: aguas termales, ambientes desérticos y temperaturas bajo cero.

No se alimentan de seres vivos. Fueron las “inventoras” de la fotosíntesis oxigénica, un proceso por el cual se alimentan a partir del dióxido de carbono (CO_2) del ambiente y nutrientes inorgánicos presentes en el agua, con ayuda de la luz solar y un pigmento, la clorofila-a. Como residuo del proceso se libera oxígeno a la atmósfera lo que contribuyó a que se desarrollaran otras formas de vida que hoy conocemos.

El peligro lo representan sólo algunas especies y cuando se multiplican en gran escala. Algunas producen sustancias tóxicas, las cianotoxinas; entre ellas, la más común es la microcistina. Dependiendo de la especie y del grado de concentración en el agua pueden ocasionar diferentes daños.

Cuando la piel entra en contacto con agua contaminada o si se ingiere o inhala involuntariamente durante el baño y actividades deportivas, pueden aparecer sus efectos: vómitos, diarreas, irritaciones en la piel y mucosas, dolor abdominal y “dolor de cabeza”. Los síntomas son inespecíficos, por lo que puede ser difícil diagnosticar la causa y atribuirlos a las cianobacterias.

Bajo ciertas condiciones, las cianobacterias se reproducen y forman colonias que se acumulan en la superficie del agua como una capa verde y densa. Al fenómeno se le conoce como “floración” o *bloom* (por el término en inglés). Ocurre cuando coinciden una serie de factores y uno de ellos, es la disponibilidad de nutrientes.

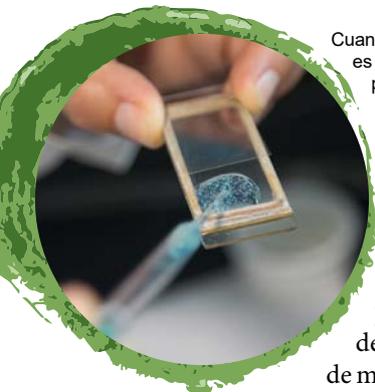
Cuando los desechos de asentamientos humanos y algunas sustancias químicas que se utilizan en la producción agropecuaria llegan a cuerpos de agua aportan nutrientes, especialmente nitrógeno (N) y fósforo (P), que son delicias para las cianobacterias y uno de los factores necesarios para su multiplicación.

Cuando florecen, las cianobacterias forman una capa verde fácilmente distinguible. No siempre son tóxicas; depende de la especie y el grado de concentración en el agua. Foto: Diego Battiste.



A la vista y bajo la lupa

Los controles de calidad del agua de playas incluyen observar y registrar las condiciones ambientales (inspección visual), tomar muestras de agua y analizarlas en laboratorio, aplicando diferentes métodos e instrumentos.



Cuando hay floraciones, el método más común es la observación de la muestra al microscopio para identificar de qué especie se trata y poder inferir la toxicidad que representa la colonia. Foto cedida por el LATU.

Gracias al desarrollo de la Biología Molecular, afortunadamente ahora se cuenta con métodos rápidos que permiten analizar un gran número de muestras y detectar diferentes tipos de microorganismos, aun cuando estén a muy baja concentración. El más utilizado es el método PCR (son siglas del nombre en inglés: *Polymerase Chain Reaction*) que pasó a ser famoso a nivel mundial durante la pandemia por COVID-19 por ser uno de los más usados al hacer testeos para identificar contagios.

Los resultados de los análisis de las muestras se contrastan con una escala de valores de referencia recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para determinar el nivel de riesgo en las playas por presencia de cianobacterias y otros microorganismos.

Según los resultados, las autoridades disponen las medidas a tomar: habilitar o cerrar playas, prohibir baños o deportes acuáticos, colocar señales o hacer campañas de prensa. Por eso es muy importante que los resultados sean confiables, ya que un resultado incorrecto puede llevar a una decisión errónea y provocar serios perjuicios en la salud, y también en la economía.

El LATU - Laboratorio Tecnológico del Uruguay, que también es el designado como Instituto Nacional de Metrología del país, realiza análisis de calidad de aguas de playas y también las de consumo. Además de análisis de aguas ofrece varios servicios relacionados a asegurar que los resultados de mediciones sean confiables.

Los guardavidas también están involucrados en los controles de las playas. En caso de ver floraciones o “espuma” en el agua, lo comunican inmediatamente a las autoridades y toman muestras de agua que entregan a los laboratorios. Además, colocan una bandera especial (roja con una cruz verde) que indica al público que hay presencia de cianobacterias en el agua.

También la colocan si hay medusas tóxicas (del tipo “fragata portuguesa”), hidrocarburos u otros tóxicos de riesgo para la salud. Con las de color liso —roja, amarilla y verde— avisan el grado de peligrosidad física (corrientes peligrosas, tormenta eléctrica, mareas, etc.).



En Uruguay, los guardavidas utilizan la bandera con una cruz para indicar que hay algún riesgo sanitario en el agua. Si la ves, no te bañes sin consultarlos. Foto Diego Battiste.

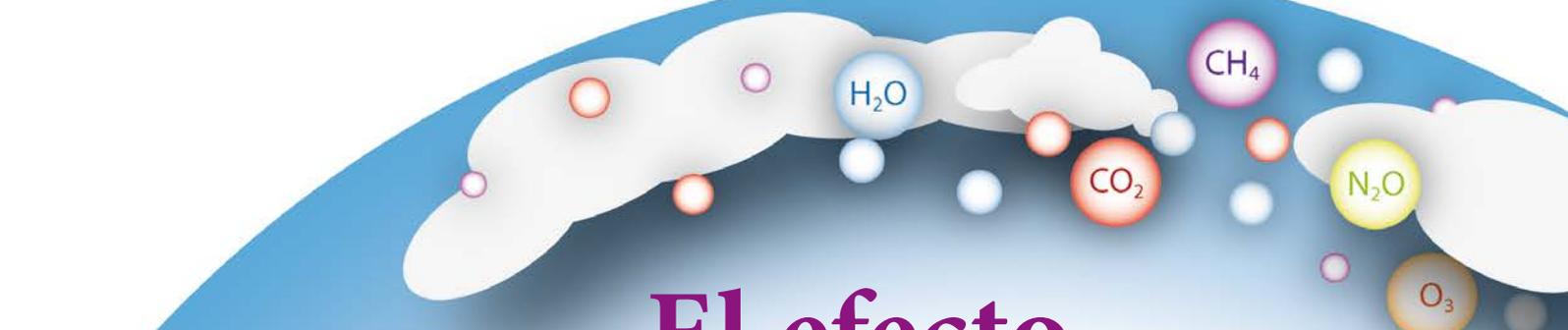
La bandera sanitaria no siempre significa que no puedes entrar al agua. En el caso de las cianobacterias, depende de la especie y el grado de concentración. Acércate a los guardavidas y ellos te dirán si puedes bañarte o debes evitarlo.

MARÍA JESÚS DABEZIES Y
SILVANA DEMICHELI (URUGUAY)

Cianobacterias bajo la lupa		
¿Qué se controla?	¿Qué se mide?	Unidad en que se expresa el resultado
Abundancia o densidad	Cantidad de células por unidad de volumen	cel/mL o cel/L
Concentración de clorofila-a	Masa de clorofila-a por unidad de volumen	µg de clorofila-a /L
Concentración de microcistinas	Masa de microcistinas por unidad de volumen	µg de microcistina/L

µg: símbolo del microgramo, una unidad que se utiliza para valores de masa pequeñísimas; es mil veces menor que un miligramo.

Ilustración Cianobacterias: Alberto Parra del Riego



El efecto invernadero

Todo lo que hay que saber sobre los gases que lo producen y qué se está haciendo para reducir su aumento en la atmósfera y las consecuencias para el medio ambiente. La clave para mejorar es medir, y medir cada vez mejor. El trabajo de los Institutos Nacionales de Metrología es fundamental para lograrlo.

Uno de los videos que se hizo viral hace pocos meses fue el discurso que dio una adolescente activista ambiental frente a líderes mundiales. En una parte decía que para hacerle frente al problema del calentamiento global la clave es *“que la ciencia intervenga a fondo y dejar que los científicos hagan investigaciones detalladas sobre cómo los gases causan este efecto y cómo pueden evaluarse y mitigarse sus consecuencias sobre el medio ambiente”*.

La frase me dejó pensando. Para entender mejor el tema y saber qué se está haciendo en Argentina sobre el problema hablé por reunión virtual con dos científicas que conozco. Son metrólogas, especializadas en todo lo que es mediciones relacionadas con Salud y Medio Ambiente. Trabajan en el INTI, el Instituto Nacional de Tecnología Industrial de Argentina.

-¿Qué es el efecto invernadero? Y ¿qué relación tiene con gases?

-El efecto invernadero es un proceso natural que sucede en la atmósfera por el cual algunos gases que la componen absorben parte de la radiación infrarroja que la Tierra emite hacia al espacio. Esta emisión se genera por el calentamiento de su superficie debido a la radiación solar. Así, el efecto invernadero contribuye a que la temperatura media de la Tierra resulte tener, en promedio, unos 15 °C. Los climatólogos han calculado que, sin ese efecto, ¡la temperatura media caería hasta los -18 °C!

Por eso a esos gases se les llama gases de efecto invernadero (GEI). Los principales son el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso y el ozono; y otros que son producidos por el hombre.

Muchos procesos y actividades humanas liberan esos gases a la atmósfera. El aumento de los GEI en la atmósfera altera el equilibrio entre la energía solar que “llega” a la superficie de la Tierra y la saliente, y eso influye en el proceso de calentamiento global.

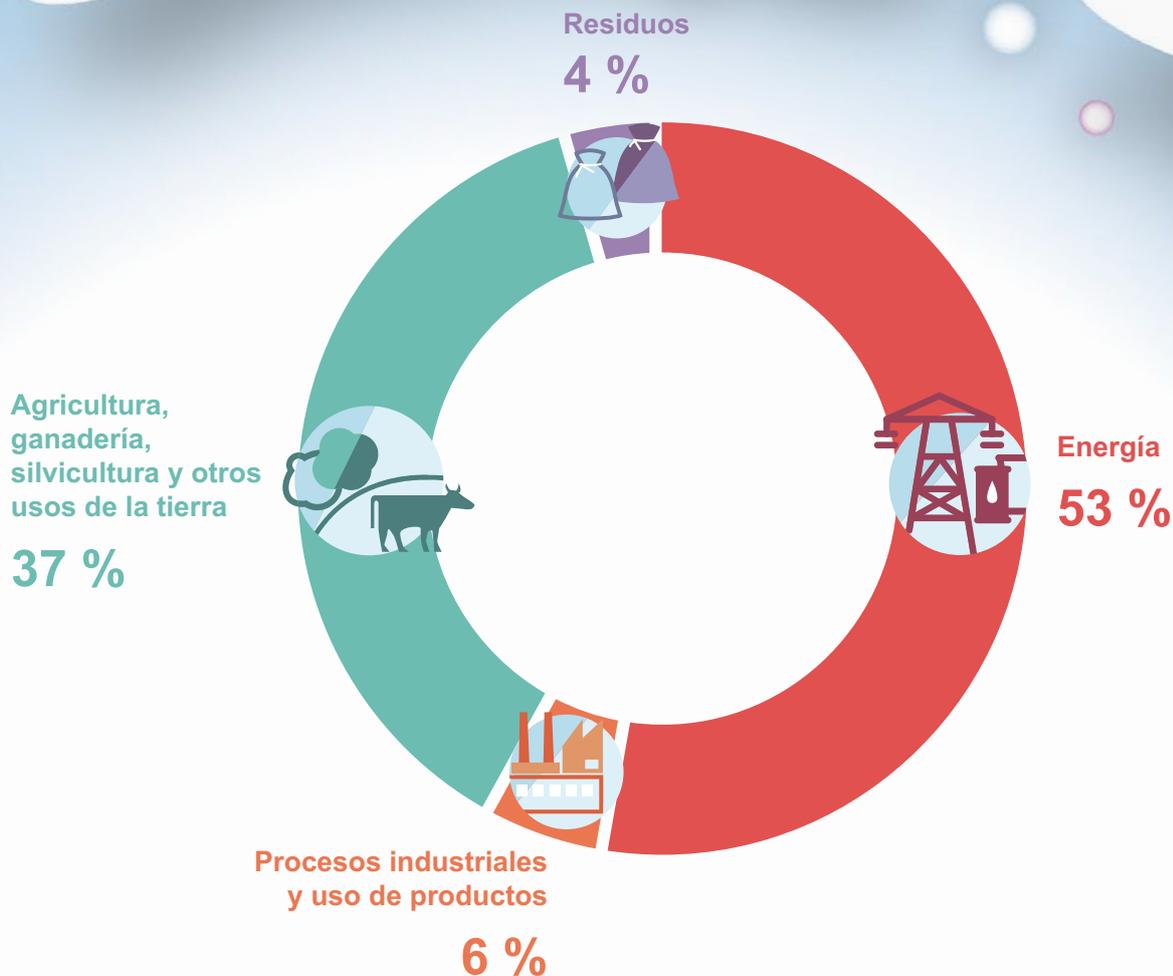
-¿Qué se está haciendo para enfrentar el problema?

- Hace ya casi 30 años un grupo de países se propusieron reducir la cantidad de GEI que liberan como resultado de sus actividades. Argentina es uno de ellos. Cada uno se propone metas y aplica estrategias y políticas para lograrlas. Uno de los compromisos que asumieron fue medirlas regularmente y cada dos años presentar el inventario nacional de GEI para informar a los demás.

-¿Qué es un inventario de gases de efecto invernadero?

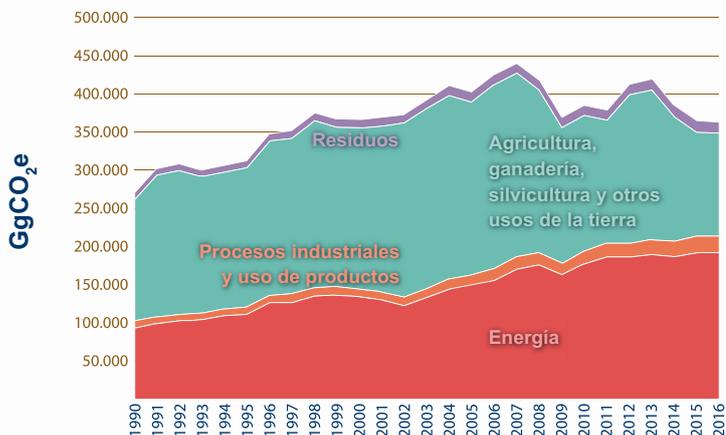
-Es un documento en el que un país reúne en forma ordenada toda la información sobre la cantidad de GEI que emitió por sus actividades, en un determinado período de tiempo. Por lo general, en un año. Contiene mucha información y muy detallada. Los datos se agrupan en cuatro grandes sectores de actividad, pero las actividades que se incluyen en cada uno de esos sectores son muchísimas.

Ilustración: Alberto Parra del Riego



Estos son gráficos del inventario de GEI presentado en 2019 por Argentina. Muestran claramente en qué sectores surgieron las mayores emisiones del país del año reportado y la evolución de las emisiones comparando datos de inventarios anteriores.
 Fuente de los gráficos: SGAYDS. 2019. Tercer Informe Bienal de Actualización de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC).

Tendencia de las emisiones de GEI



- Entonces es muy importante saber cuánto emite cada país...

- Sí, es clave saber con detalle qué se emite, cuánto y cuál es su fuente. Algunos países logran estimar las emisiones de todas las actividades y en toda la superficie del país; otros sólo tienen disponibles datos para estimar algunas y parciales, no de toda el área. El compromiso de todos es hacer el mayor esfuerzo para lograr que la información de los inventarios sea confiable, y lo más exacta y precisa posible. Porque cuanto más exacta es la información, más realista el panorama que se tiene y se pueden planear mejor las acciones y estrategias de mitigación.

- Calcular los gases que emite un país entero debe ser algo muy difícil...

- Son tareas de altos niveles de complejidad. Y cuanto más compleja requiere de una mayor cantidad de datos “de entrada”, para lograr menores incertidumbres asociadas con los resultados.

Para que los inventarios sean comparables hay reglas y normas que se deben seguir. Hay dos formas aceptadas para calcular las emisiones de cada actividad y llegar a los datos que se muestran en el inventario: se puede seguir una metodología “de base” o una metodología “avanzada”.

- ¿En qué consiste una metodología de base?

- Es la menos compleja, pero termina con resultados algo imprecisos.

Los cálculos se basan en datos de estadísticas nacionales y se aplica un factor de emisión “por defecto”. Es un factor “global”, establecido por un organismo internacional, pero son valores promedio, tomados a partir de diferentes geografías y diversas condiciones de producción.

Presentan una mayor incertidumbre asociada. Esto significa que tienen un rango de errores posibles muy significativo y podría ocurrir que los resultados finales de las cantidades de GEI tengan menor exactitud aun. Los valores estimados así no son los mejores para tener datos realmente certeros de la cantidad de GEI que emite anualmente una actividad o las emisiones del país.

-¿Cuál es la diferencia del otro método? ¿Por qué es mejor?

-Aplicando una metodología avanzada los cálculos son los más exactos y recomendados por parte de los expertos internacionales. Pero son más complejos de hacer en forma correcta y los más costosos en términos económicos.

Se basa en datos obtenidos de mediciones directas; se hacen mediciones usando equipos especiales que permiten medir la cantidad de determinado gas que emite una actividad. Por ejemplo, se mide cuánto metano emite una plantación de arroz, de determinada superficie, en un determinado sitio, en distintos momentos del año. Esas cifras se van sumando y extrapolando a la región y, finalmente, es posible determinar cuánto aporta toda la cosecha de arroz del país en un año.

Los factores de emisión que se aplican son factores “locales”, desarrollados especialmente para esa actividad y considerando su localización geográfica particular.

-¿Qué rol cumple un instituto como el INTI en este tema?

-Los inventarios de los países de América Latina y Caribe suelen tener tasas de incertidumbre altas, porque para calcular sus emisiones suelen usar factores por defecto.

Los Institutos Nacionales de Metrología de América Latina estamos trabajando para desarrollar técnicas de medición de gases que ofrezcan resultados más precisos. El objetivo es contribuir a que las mediciones y los inventarios de GEI de los países sean más exactos y confiables.

Por ejemplo, en el INTI estamos trabajando para certificar materiales de referencia para medir metano y dióxido de carbono (CO₂) en emisiones gaseosas. Eso permitirá determinar factores de emisión locales y confiables, considerando la trazabilidad metrológica de los resultados de medición y su incertidumbre.

-¿Hay ejemplos concretos de cómo se usan esas técnicas?

- Con la trazabilidad asegurada es posible medir cuánto metano se genera al producir una tonelada de arroz. También podemos medir el CO₂ generado por una central térmica de energía eléctrica. O saber cuánto CO₂ se emite por kWh de energía producida. Esas cifras luego se utilizan para confeccionar los factores de emisión que se emplean tanto en los inventarios nacionales como para los cálculos de las medidas de mitigación. Sin dudas, expandir este tipo de mediciones le daría una mayor confiabilidad a los cálculos de los GEI de los países de toda América Latina.

En resumen, y si entendí todo bien:

Para mejorar los datos sobre gases de efecto invernadero y las estrategias que siguen los países para reducir sus emisiones, la clave es medir más y medir cada vez mejor.

El INTI y otros Institutos Metrológicos de la región están haciendo mucho para contribuir a que los datos de sus países sean cada vez más precisos y que sirvan para fijar políticas y estrategias más adecuadas.

ENRIQUE GARABETIAN,
ANDREA LUJÁN CHAMORRO Y
JUSTINA GARRO (ARGENTINA)

Argentina exporta carne y productos agrícolas a muchos países. En el período 2015/2016 en el país se sembraron 39 millones de hectáreas, teniendo a la soja como principal cultivo. Y en el año 2016 existían 53 millones de cabezas de ganado. Estas actividades son de las que más contribuyen a las emisiones del país, según los inventarios de GEI.
Foto: Adrián Gilardoni.



El Salto del Tequendama.

Un santuario de vida, agua y medidas.



Foto "Vista del Salto del Tequendama": Hugo Martínez Molina (cedida por INM).

El Salto del Tequendama es una cascada natural ubicada en Colombia, en el suroccidente de Bogotá.

Rodeada por bosques de selva andina y una neblina constante, es un santuario de biodiversidad: alberga más de 120 especies de animales y gran variedad flora, insectos y microorganismos. Las aguas que caen por el precipicio son las del Río Bogotá, que recorren 100 kilómetros de sabana antes de saltar al vacío. Durante la caída aumentan su carga de oxígeno, actuando como "oxigenador" y fuente de vida para el ecosistema.

La cascada fue lugar de ceremonias y objeto de culto de los Muiscas, indígenas precolombinos que poblaron la zona. Ellos creían que era obra de uno de sus dioses, Bochica. Cuando las aguas de un diluvio inundaron sus tierras "por más de 26 lunas", Bochica dejó caer un rayo que partió la cadena montañosa que rodea la sabana y por allí desagotaran las aguas de la inundación, dando origen al Salto.

Durante los siglos XVIII y XIX fue objeto de estudio y admiración de científicos europeos y criollos. Algunos afirmaban que era la más alta del mundo y varios intentaron medirla, lo que dio lugar a debates en la época.

En las primeras décadas del siglo XX el Salto se transformó en un sitio turístico muy visitado y se construyó un hermoso hotel que aún hoy sigue en pie.

Pero a partir de los años 60, con el desarrollo industrial y urbanístico, el río se fue contaminando por las descargas de aguas industriales y domésticas, malas prácticas agrícolas y mal manejo de la basura. La admiración por la cascada se transformó en descuido y el sitio en destino de residuos. Los visitantes fueron cada vez menos y el hotel se mantuvo cerrado durante años.

La contaminación llegó a tal grado que en el año 2014 un tribunal (el Consejo de Estado) dictó una sentencia responsabilizando del problema a varias instituciones públicas y actores privados. Les exigió una serie de acciones para rescatar al río y al Salto, y fijó plazos para cumplirlas. Actualmente el hotel está restaurado y es un museo de biodiversidad. El Salto fue declarado patrimonio natural y cultural de Colombia, y la recuperación está en marcha. Entre otras cosas, se diseñó un plan para la gestión integral del río que incluye la estimación del "caudal ecológico", un instrumento nuevo que permitirá que la cascada siga siendo santuario y fuente de vida.

El enigma de su altura

Varios documentos históricos evidencian el interés que despertó el Salto en científicos de épocas pasadas y cuáles pueden haber sido algunas de las causas del debate sobre su altura. Lo más notorio es el uso de diferentes técnicas de medición y diferentes unidades de medida.

Antes que se adoptara el uso de un sistema de unidades único de uso universal (el actual Sistema Internacional de Unidades), cosa que ocurrió en 1875, cada gobernante decidía cuáles serían los patrones y unidades de medida que se debían usar en sus territorios y les asignaba un valor, que no era consistente con los de otros. Para mediciones de longitud los franceses usaban la toesa; los españoles la vara; en otros reinos, el pie. Son unidades antiguas que ya no se utilizan o se utilizan muy poco. (El pie todavía sobrevive en la aeronáutica, para mediciones de altura de vuelos, y en algunos países de habla inglesa que no han adoptado totalmente el Sistema Internacional).

El primer intento de medición registrado es del año 1740, cuando un científico francés (Pierre Bouger) la midió aplicando métodos geodésicos y le fijó una longitud de entre 200 toesas y 300 toesas. Esta mención hizo que el conocido filósofo Immanuel Kant (que también se dedicaba a dictar clases de Geografía) afirmara, sin haber visitado tierras americanas, que *“la caída de agua más alta del mundo es la del río Bogotá en Suramérica, que cae en vertical a 1200 pies”*.

“El Sabio Mutis”, un español reconocido por su contribución a la Botánica y la Medicina, en 1760 realizó mediciones a la caída con un barómetro (instrumento para la medición de la presión atmosférica). Hizo sus propios cálculos y obtuvo como resultado una longitud de 255 varas. Años después, cuando el Virrey le encargó a un brigadier español (Domingo Esquiaqui) hacer un plano de la cascada para enviar a España, éste la estimó realizando una medida geométrica desde lo alto de la catarata y reportó un valor de 264 varas.

Un joven científico alemán (Alexander von Humboldt) que recorrió América por cinco años, en 1801 viajó hasta la catarata. Al ver las dificultades del terreno cuestionó los métodos anteriores y la estimó con “caída de cuerpos”, pues lo consideró el más confiable; y obtuvo como resultado 108 toesas.

Registró detalladamente el procedimiento en su diario de viaje: *“Hice lanzar más de 15 veces piedras en el precipicio, diciendo tac cuando la piedra caía perpendicularmente sobre el abismo y tac cuando llegaba al fondo, a la superficie del agua. Tenía el cronómetro a la mano y numerosos espectadores suficientemente instruidos, juzgaban si el experimento estaba bien o mal hecho... El tiempo promedio de la caída fue de 6,4 segundos lo que da, por el cuadrado de tiempo, 108 toesas de profundidad... su altura es probablemente menor... la piedra cae según una parábola por la fuerza horizontal que se le ha dado...”*

$$h=gt^2/2$$



En el método de “caída de cuerpos” se deja caer un objeto sobre el que actúa fundamentalmente la aceleración de la gravedad cuyo valor es cercano a los 9,8 m/s² (aunque varía según la localización geográfica) y se mide el tiempo de caída. En el procedimiento se aplica una ecuación que relaciona la altura (h) con la aceleración de la gravedad (g) y el tiempo (t).
Ilustración: Alberto Parra del Riego.

Con el mismo método pero utilizando otra unidad la midió seis años más tarde un científico neogranadino (Francisco José de Caldas) y estimó una altura de 219 varas.

Hablemos en metros

La altura exacta de la cascada aún hoy, con técnicas de medición modernas, no se conoce. Las características del sitio no permiten aplicarlas correctamente para obtener resultados precisos. Pero las mediciones más recientes la ubican entre los 139 metros y los 157 metros.

En aquellos tiempos, los que la midieron usando como unidad el metro fueron un colombiano y su socio francés, (Joaquín Acosta y el Barón de Gross) en 1840. Ellos utilizaron una plomada o sonda náutica (instrumento para medir la profundidad de cuerpos de agua) y obtuvieron como resultado 146 metros. Según los valores actuales, ellos le habrían acertado dentro del rango.

Con respecto a los anteriores, el Instituto Nacional de Metrología de Colombia (INM) ha investigado la equivalencia de las antiguas unidades de longitud con las actuales del SI, concluyendo que no es posible establecer equivalencias exactas y coherentes.

Las unidades estaban sujetas a cambios de valor de un lugar a otro, aunque se llamasen igual. En España se usaba la vara, pero no medía lo mismo “la vara de Toledo”, que la de Andalucía o la de la provincia Buenos Aires. La de uso más frecuente era la “vara castellana”, equivalente a aproximadamente 0,83 metros. La toesa “francesa” es equivalente a 1,949 metros aproximadamente, pero también se introdujo en España con otro valor. El valor del pie, según fuera el “pie inglés”, el “pie romano”, el de Prusia o el de los Países Bajos, variaba en un rango entre los 28 centímetros y los 31 centímetros. (El pie inglés que aún se utiliza equivale a 30,48 centímetros).

Teniendo en cuenta esta diversidad, los resultados históricos de la altura convertidos a su equivalente en metros sólo se pueden considerar aproximaciones que distan de ser cifras exactas. El ejercicio permite ver las distancias entre lo obtenido por unos y otros de aquellos científicos.

Según el explorador francés, la altura se ubicaría entre los 389 metros y 584 metros (un error de cerca de 200 metros). La calculada por Humboldt equivaldría a 182 metros. Los resultados de los que la midieron en varas, suponiendo que usaron la vara castellana, equivaldrían a 214 metros, 222 metros y 184 metros respectivamente. El caso de la afirmación de Kant (1200 pies) es un caso aparte, porque no la midió personalmente y aparentemente obtuvo el dato de una publicación. ¿A cuál pie se referiría? ¿En qué idioma estaría lo que leyó? Porque muchas veces también se producían errores de conversión en las traducciones de un idioma a otro.

Más allá del empleo de distintas técnicas de medición y el uso de unidades de medida de distinta procedencia; cómo se explican resultados tan diferentes?

Los métodos y unidades no estaban estandarizados como actualmente; y los instrumentos no eran precisos ni se calibraban a los mismos patrones. Pero sobre todo hay que tener presente que los científicos hacían sus mayores esfuerzos por medir con precisión (incluso esfuerzos físicos) pero se manejaban en la frontera del conocimiento de su época. En muchos casos eran pioneros en lo que ensayaban; no había experiencias previas en las cuales basarse. Y muchos conceptos teóricos que hoy sabemos fundamentales para estimar resultados correctos y precisos aún no se habían desarrollado.

El caudal ecológico

El “caudal ecológico” o “caudal ambiental” es un concepto relativamente nuevo que se viene desarrollando a medida que se aplica. Y tal como ocurría antes con las unidades de medida, por ahora cada país lo define a su manera y lo adapta a sus circunstancias. No hay una definición única.

Se empezó a usar por la preocupación por la conservación de peces de interés comercial que vivían en ríos cuyas aguas también se utilizaban para otros fines. Inicialmente

se limitaba a cuál era el caudal (cantidad de agua que fluye) que requerían para sobrevivir y que se debía tener en cuenta cuando se decidieran otros usos. Actualmente el concepto es más amplio y abarca varios factores que se deben tener en cuenta para hacer un uso sustentable del agua y conservar los recursos hídricos, que hoy se reconocen como fundamentales para la vida.

En Colombia, cumpliendo con lo exigido en la sentencia del tribunal, un decreto del año 2018¹ define el caudal ambiental como “*el volumen de agua por unidad de tiempo, en términos de régimen y calidad, requerido para mantener el funcionamiento y resiliencia de los ecosistemas acuáticos y su provisión de servicios ecosistémicos*”.

Y a fines del año 2019, también cumpliendo con la sentencia, se estableció la metodología para estimar el caudal ambiental del Río Bogotá, que requiere aplicar varios métodos de medición para obtener datos de las diferentes variables que abarca. Eso ayudará a planificar y gestionar de mejor forma el uso de sus aguas buscando el equilibrio entre las necesidades de las personas y las de los ecosistemas.

El Salto del Tequendama seguirá siendo campo para estudios e investigaciones científicas. Y todo indica que la obra de Bochica será bien conservada.

NICOLÁS F. ANGARITA PEÑARANDA,
SEBASTIÁN TORRES (COLOMBIA)
Y SILVANA DEMICHELI (URUGUAY)

¹ Decreto 050 de 2018



MENSAJE URGENTE

Hola a todos:

Les escribo desde la Bahía de Panamá.

Mi familia vive hace cientos de años acá, sobre la costa. Generación tras generación nos fuimos adaptando a las condiciones del entorno y a las inclemencias del clima, que en esta zona no son fáciles.

Cuando sube la marea nuestros terrenos se inundan. Además, estamos en zona de paso de huracanes. Algunos son de temer, con sus lluvias torrenciales y unas olas enormes que nos golpean. Pero somos fuertes y los resistimos, porque los enfrentamos unidos. Al estar en primera fila, actuamos como barrera y protegemos a otras poblaciones costeras. También ofrecemos refugio y gracias a nosotros sobreviven varias especies.

Hasta hace pocas décadas muchas personas nos temían y no se nos acercaban. Decían que nuestros hogares eran sitios intransitables, oscuros y hasta nos asociaban con enfermedades y muerte. Les llevó tiempo valorarnos y respetarnos. Ahora llegan visitantes a menudo. La mayoría son científicos. Están preocupados porque cada vez somos menos; estamos desapareciendo. Es un problema muy serio, porque de nosotros dependen muchos.

Estamos entusiasmados con un nuevo proyecto que se propone nuestra “salvaguarda y protección” (eso dicen los folletos que repartieron) y una de las instituciones que lo

llevan adelante es miembro de esta revista. Van desde acá nuestras gracias por la iniciativa.

Pero quiero que todos sepan que lo mismo le está ocurriendo a parientes en otros países. Ellos también precisan ayuda. Por eso les escribo. Es necesario que se conozca el problema y la ayuda se multiplique.

Cuento con ustedes para correr la voz y reenviar mi mensaje.

Ah... ¡Disculpen que no me presenté antes!

Soy Mangle, orgulloso integrante de los manglares de la Bahía de Panamá.

Mangle, manglar y humedal

Soy un árbol, de los que crecen en zonas tropicales, en las desembocaduras de ríos y lagunas.

Mi nombre proviene de las lenguas *arawak*, una familia de lenguas indígenas que se hablaron en Sudamérica y el Caribe. Los que hablan español usan palabras “araguacas” sin saberlo: tiburón, iguana, colibrí, canoa, hamaca, maíz, batata, guajiro...

Una característica que nos distingue es que nuestras ramas se confunden con las raíces y se hunden juntas en el agua. Otra es que somos tolerantes al agua salobre e incluso salada (salada hasta cierto punto, claro).



Un manglar es un bosque de mangles. Pero algunos científicos también le llaman así al ecosistema que componemos junto a otros árboles, arbustos, variedad de plantas, insectos, animales, el agua y el ambiente que nos rodea. Otros nos llaman humedal o humedal salado.



Los mangles crecemos abrazándonos y enredándonos entre nosotros. No tanto por queremos, sino para hacer frente a todo lo que nos golpea. Los rebeldes que prefieren vivir solos son los menos.

Los de la Bahía de Panamá somos un “sitio Ramsar”, quiere decir que somos un humedal de importancia mundial. No quiero parecer arrogante sólo repito lo que definieron unos científicos, hace como 50 años, cuando se dieron cuenta de nuestra importancia estratégica.

Es que los manglares ofrecemos beneficios y servicios que contribuyen mucho y a muchos: protegemos las costas, reciclamos nutrientes, almacenamos carbono y ayudamos a mantener la biodiversidad. Somos “guarderías” para larvas de insectos y peces bebés, que se protegen de depredadores entre las ramas y raíces. En las copas anidan variedad de aves y según algunos hasta dos millones de aves migratorias hacen escala en nosotros todos los años. Nuestra madera es dura y flexible, se usa mucho para leña, embarcaciones y muebles ornamentales; y ofrecemos pesca todo el año.

No es poco lo que ofrecemos, y lo hacemos con mucho gusto. Pero estamos muriendo.

Las causas del desastre

Dicen que en Panamá ocupamos poco más de 85 km². Nos midieron desde el aire con las nuevas tecnologías satelitales. Pero eso es la cuarta parte de lo que ocupábamos en tiempos de mis tataratatarabuelos, en épocas precolombinas.

Algunos estudios científicos concluyeron que las causas de nuestra destrucción tienen que ver con la variabilidad climática y eventos extremos, pero especialmente con la actividad humana en las cuencas, los desechos y las aguas residuales que descargan por acá. (¡Puaj! Si lo sabré). Por acá vemos pasar de todo arrastrado por la corriente hacia el mar, y mucho queda enganchado en nosotros asfixiándonos: juguetes, llantas, neveras, muebles de todo tipo, botellas, bolsas plásticas... El año pasado se instaló una barrera flotante para contener residuos muy cerca de donde estoy. En un año recolectaron cerca de 70 toneladas de basura y más lejos recogieron 150 000 bolsas de plástico. ¡Se imaginan!

Lo que más nos entusiasma

El proyecto que nos entusiasma lo coordinan dos instituciones de Ciudad del Saber, una zona de la capital panameña con varios institutos educativos y de investigación: la SENACYT y el CENAMEP AIP. (No sé los nombres completos; seguro los encuentran en internet). Nos gusta porque involucra a varias entidades públicas y privadas; y si se atienden las recomendaciones de los científicos nos llegará la ayuda antes que muramos todos.

Al CENAMEP AIP lo mandamos investigar con unas aves conocidas que vuelan por la zona. Nos contaron que es un instituto muy moderno (parece que tienen edificio y laboratorios nuevos) y que nos viene al pelo a lo que se dedican. Porque se especializan en mediciones, instrumentos, formas de medir, y asegurar que todo lo que se mida sea correcto.

Piénsenlo, ¡todo se trata de medir! Las otras ciencias, las investigaciones y los estudios que se hacen sobre nosotros, se basan en resultados usando instrumentos de medición. Acá hay mucha cosa para medir que puede afectarnos: la salinidad, la temperatura, los contaminantes en el fondo de los ríos y lagunas, en el aire, en los suelos, etc. Pero es fundamental que se hagan buenas mediciones.

Nosotros queremos que los datos de los estudios sobre nosotros se publiquen. Queremos que todo se sepa. No que se exagere, pero sí que sean lo más exactos posible, así se tomarán buenas decisiones en cuanto a qué hacer para ayudarnos. Y a ver si otros se sensibilizan y empiezan a colaborar.

La contribución del CENAMEP AIP nos resulta fundamental, porque se dedican a la ciencia de las mediciones (la Metrología) y los servicios que ofrecen permiten asegurar mediciones de calidad, que todo se mida con la precisión suficiente. Además, es el guardián y custodio de los patrones nacionales de medida que, según las espías y las cito textual, “*permiten que los resultados de mediciones sean trazables al SI y comparables*”. Es complicado de explicar, pero lo importante que entendimos es que eso ayuda a que lo que se investigue y mida aquí servirá para cuando se atienda el problema de mis parientes en otros países.

Plan de rescate

El año pasado, en el 2019, el CENAMEP AIP y la SENACYT invitaron a una cantidad de profesionales de distintos lugares a una reunión-taller para intercambiar resultados de sus estudios sobre manglares y definir un plan para rescatarnos. Eran representantes de organizaciones con nombres complicados, que no anoté. No fuimos invitados; pero mostraron muchas fotos de mi parentela y de toda la comunidad.

Juntos prepararon una “hoja de ruta”, el plan con los pasos que van a seguir para rescatarnos y conservarnos. Definieron quiénes serán los actores relacionados (no de cine o televisión, se refieren a las instituciones y empresas que participarán en el rescate), el proceso para desarrollar un reglamento técnico exclusivo para nosotros y se armó un comité de seguimiento para la puesta en marcha de las actividades.

No nos incluyeron, pero les tenemos confianza en que lograrán los resultados (¡son nuestra esperanza!)

Nosotros entre tanto seguiremos aquí, atentos a las novedades de nuestra red de espionaje y a la espera de las publicaciones.

Les mando un abrazo de mangle a todos y gracias por difundir.

MANGLE RAMSAR (PANAMÁ).

Fotos: Javier Arias Arteaga.





Vida después de la mina

Después de 8 años de extraer oro y plata de la mina La Zanja, en Cajamarca (sierra norte del Perú), se resolvió cerrarla. Para recuperar el suelo degradado por la actividad minera se aplicó una solución novedosa: los tecnosoles. En este artículo te contamos en qué consisten y cómo se preparan.

La actividad minera es una de las que más impacta un ecosistema y produce daño ambiental. El suelo sufre, se agotan sus nutrientes y pierde las propiedades indispensables para que crezca la vegetación. El paisaje se altera, los seres vivos que dependen de él ya no disponen de alimento ni de refugio y la vida alrededor de la mina ya no es la misma.

En muchos casos, y si se interviene a tiempo, es posible rehabilitar el suelo; remediarlo para que tenga nuevamente una composición y características que permitan devolver el equilibrio al ecosistema. Que vuelva a ser apto y beneficioso para aquellos que lo precisan para su subsistencia o para recuperar su valor paisajístico y sociocultural.

Ese es el objetivo de una restauración ambiental enfocada en la recuperación de suelos. Y fue lo que se resolvió hacer en La Zanja, antes del cierre definitivo de la mina.

Tecnosoles: una mezcla con artefactos que devuelve la vida

La solución para recuperar el suelo de la mina fue el uso de tecnosoles. Es un tipo de suelo que no aparece por sí solo en la Naturaleza. Se prepara a partir de una mezcla de materiales que incluyen residuos y se coloca sobre el suelo a tratar. Con ese tratamiento, pasado un tiempo el suelo se recupera, aparece la vegetación y vuelve la vida.

Según la clasificación de suelos de la FAO un tecnosol es aquel suelo que tiene más de un 30 % de “artefactos”. No se trata de restos de computadoras y chatarras por el estilo. Con el término artefactos se refieren a materiales

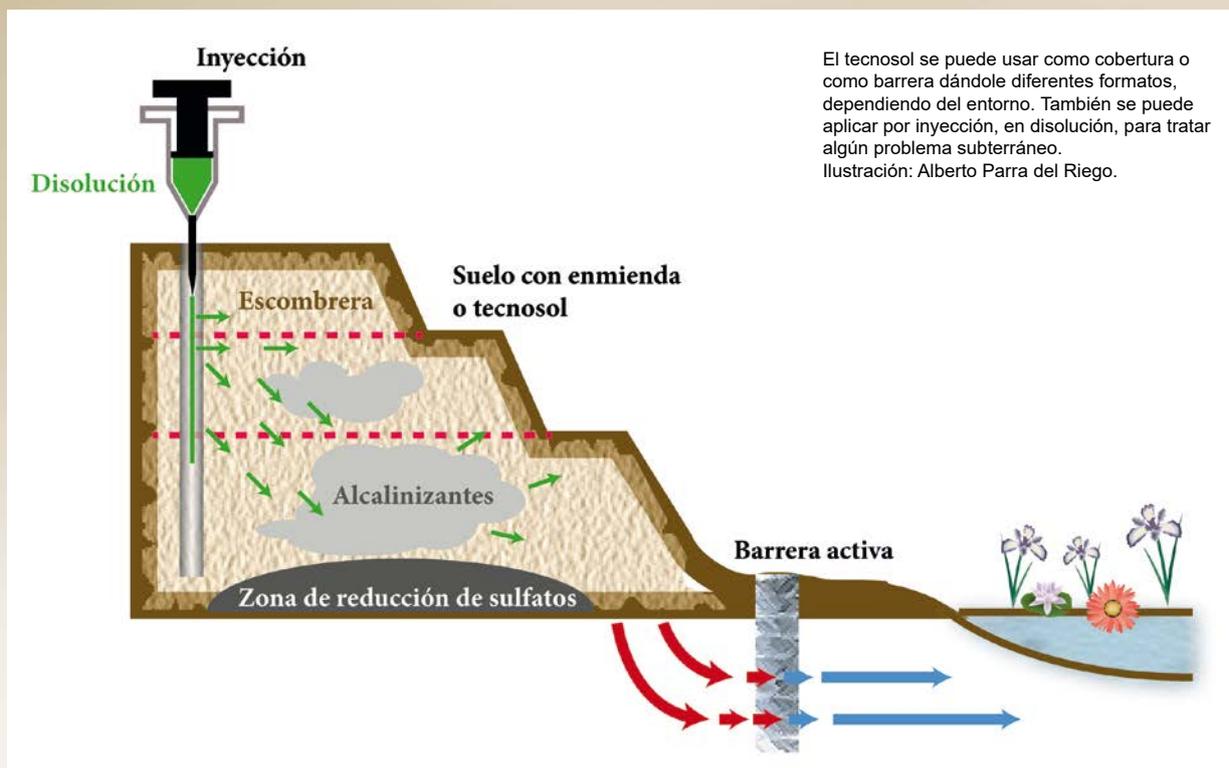
manipulados por el hombre, propios de la Naturaleza o residuos de actividades humanas con contenido orgánico. Por ejemplo, para la construcción de los tecnosoles para La Zanja se utilizó una mezcla de roca estéril, lodos de la planta de tratamiento de aguas ácidas y residuales domésticas, residuos orgánicos propios y traídos de la ciudad de Cajamarca y Trujillo, y otros generados por la agroindustria de la costa del país.

El proceso de preparación de un tecnosol es similar al de preparar compost (compostaje) a partir de cáscaras, hojas y residuos orgánicos para enriquecer la tierra. Pero para la construcción de un tecnosol se deben seguir una serie de pasos que incluyen análisis de laboratorios especializados y mediciones precisas para asegurar un buen resultado.

Construcción de un tecnosol

El material de partida es clave. Se deben estudiar las características del suelo a tratar y los factores ambientales, ya que condicionarán la evolución del material en ese entorno. Para lograr la mezcla correcta para La Zanja primero se analizaron muestras del suelo de la mina para estudiar el material predominante (evaluaciones geoquímicas); se estudió el ciclo del agua para saber cuánto llovía en la zona, cuánto de este recurso se infiltraba y su interacción con las rocas y otros materiales; y se hizo una predicción de su comportamiento.

Para evaluar la calidad y cantidad de residuos que se debían utilizar en la mezcla se tomaron muestras de cada uno y se realizaron análisis físicos-químicos para saber si contenían carbono, hidrógeno, nitrógeno, azufre, sus velocidades de reacción y contenidos de óxido, etc. Para esto se recurrió



El tecnosol se puede usar como cobertura o como barrera dándole diferentes formatos, dependiendo del entorno. También se puede aplicar por inyección, en disolución, para tratar algún problema subterráneo.
Ilustración: Alberto Parra del Riego.

a la ayuda de un centro tecnológico químico (AGQ Labs), que cuenta con laboratorios con los instrumentos y métodos apropiados. Se hicieron entre 20 y 30 análisis de cada tipo de insumo antes de mezclarlos.

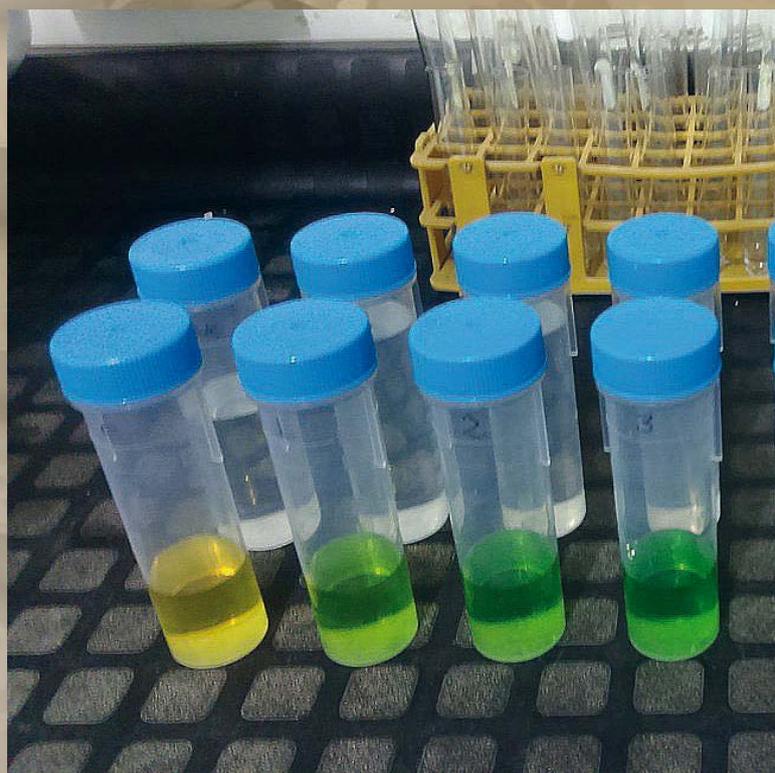
Según lo que se busque con el tratamiento el tecnosol se puede preparar con diferentes dosis de materiales. Esa es otra particularidad y ventaja de la aplicación de tecnosoles: se pueden lograr suelos con características que nunca se presentan juntas en la Naturaleza.

Una vez que se dispone de los insumos correctos la mezcla se aplica en una zona del terreno a mejorar y pasa a la fase de “maduración”, que suele tardar entre 15 y 20 días, dependiendo del clima. Durante ese tiempo las fracciones orgánicas e inorgánicas se entrelazan y empiezan a adquirir las propiedades que se buscan. Para controlar el avance del proceso se realizaron ensayos semanales sobre muestras.

La calidad de las mediciones es esencial para garantizar la fiabilidad de los resultados, sobre todo en este tipo de aplicaciones. Según Yoel Iñigo, director de laboratorios de AGQ Labs, para asegurar que sus equipos trabajan en óptimas condiciones se hace una verificación diaria y la calibración de sus equipos se realiza anualmente. “En el caso de las balanzas, contamos con patrones secundarios que permiten hacer una verificación intermedia, lo cual nos indica que están en óptimas condiciones para el uso”, refiere el especialista.

La confiabilidad de los resultados se confirma cuando tienen trazabilidad metrológica. El responsable del Laboratorio de Inorgánica de la Dirección de Metrología del Instituto Nacional de Calidad (INACAL), Elmer Carrasco Solis, explica que la trazabilidad metrológica permite re-

lacionar el resultado analítico a las unidades del Sistema Internacional de Unidades (SI) mediante una cadena ininterrumpida de calibraciones de los instrumentos de medición utilizados. No obstante, esta trazabilidad no asegura que la incertidumbre del resultado analítico sea apropiada al uso previsto ni que se encuentra libre de errores, a menos que se establezca un sistema de control de calidad que asegure la confiabilidad e idoneidad de los resultados emitidos.



“La mejor manera de cumplir este requisito de trazabilidad metrológica es que el laboratorio implicado en la cadena de trazabilidad sea competente. La demostración más segura de la competencia es la acreditación mediante los requisitos de la NTP ISO 17025”, agrega Carrasco. AGQ Labs cuenta con dicha acreditación, otorgada por el INACAL.

Como alfombra mágica

Cuando se verifica que el suelo contiene las propiedades diseñadas el tecnosol se puede usar como cobertura o como filtro. Se puede aplicar como un suelo superficial (como quien extiende una alfombra en su casa) o como barrera (combinado con otras tecnologías), dándole diferentes formatos, dependiendo del entorno. También se puede usar para tratar algún problema subterráneo; en ese caso se aplica en disolución, por inyección.

El “nuevo” suelo, ahora recompuesto, tendrá cualidades y características diferentes según el valor y uso que se le quiera dar: actividades económicas (agricultura, ganadería, forestación), actividades recreativas o para el desarrollo y conservación de hábitats y recuperación del valor paisajístico. Para la rehabilitación del suelo de La Zanja se produjeron tres tipos de tecnosoles, cada uno con una proporción de distinto material. Como la mina está situada sobre una zona de bosque nuboso donde crece el árbol de la quina, el plan de vegetación se diseñó con ciertas secciones destinadas al aprovechamiento forestal y que permita la cosecha de frutos, como el sauco.

La finalidad de aplicar estos procesos de rehabilitación de suelos es que el tecnosol corrija un problema que nosotros mismos ocasionamos. La actividad minera, como muchas otras actividades humanas, conspira contra la salud del ambiente y perjudica los ecosistemas. Pero también es cierto que la tecnología y la creatividad puestas al servicio de la búsqueda de soluciones para reparar nuestros errores nos permiten enmendarlos.

El recurso del uso de tecnosoles no es algo nuevo. Lo que es nuevo, y en particular en Perú, es que se estén aplicando para recuperar suelos degradados por la actividad minera. La aplicación en La Zanja fue la primera experiencia en el país y ahora se cuenta con los conocimientos necesarios para volver a aplicarla.

La solución está, pero será cuestión de no descansar en ella; porque parece mágica, pero no siempre logra revertir el daño.

AUTORAS: RAQUEL TINEO (PERÚ) Y
SILVANA DEMICHELI (URUGUAY)



Fotos cedidas por AGQ Labs.

Ilustración: Alberto Parra del Riego

El aire

que merecemos respirar

“Mientras el nuevo coronavirus está dominando los titulares internacionales, una asesina silenciosa contribuye con cerca de 7 millones de muertes más por año: la contaminación del aire”.

Esta afirmación, fuerte y contundente, es del Director Ejecutivo de una compañía global (IQAir) que cada año prepara el *Informe mundial de la calidad del aire*, en el que se enlistan los niveles de contaminación de un total de 98 países y miles de ciudades.

Los datos se basan en los reportes de más de 60 000 estaciones de monitoreo que miden la concentración en el aire de material “particulado”, fragmentado en partículas microscópicas. Se le conoce como PM, por sus siglas del inglés (*particulated material*). Los valores del informe se refieren al nivel promedio anual de PM_{2,5} por considerarse el más peligroso para la salud. Son partículas de material contaminante que miden menos de 2,5 micrómetros de diámetro y por ser tan finas pueden ingresar hasta lo más profundo de nuestro sistema respiratorio y provocarnos daños graves, e incluso la muerte.

El origen y las causas de niveles altos de PM_{2,5} en el aire pueden ser muchas. Las emisiones de vehículos que operan en base a combustibles fósiles son de las que más contribuyen en muchas ciudades; en otras, la contaminación se produce por cenizas producto de la costumbre de quemar leña para cocinar o calentarse, o por la quema de residuos de cosechas. En algunos casos son causas naturales, como los incendios forestales frecuentes por las altas temperaturas y las tormentas de arena o polvo.

Los niveles de contaminación se expresan en microgramos de material particulado por metro cúbico de aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). La Organización Mundial de la Salud establece que el valor máximo recomendado para considerar que el aire es “bueno” es $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Según el informe de IQAir del año 2019 los niveles promedio más altos se presentan en Asia. El país con peor calidad del aire es Bangladesh, con un nivel promedio de $83 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pero la ciudad más contaminada del mundo se encuentra en India, Ghaziabad, que alcanzó un promedio anual de $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Y si esos valores parecen alarmantes, más los son los de algunos registros diarios que se pueden encontrar en la plataforma de IQAir que mantiene los datos “en tiempo real” (mediciones cada una hora). Algunas ciudades alcanzan con frecuencia valores cercanos a $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En América Latina y Caribe los dos países con mayor nivel de contaminación fueron Perú y Chile; y Bahamas, por bastante lejos, el que menos ($3,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

El informe también resalta que son muchos los países que están logrando mejorar el aire que se respira en sus ciudades a través de diferentes iniciativas. Perú es uno de ellos, y el caso de la ciudad de Lima es un buen ejemplo.

El caso Lima

Hace unos años la contaminación del aire en Lima era muy preocupante. El promedio anual del año 2006 fue casi 8 veces mayor al valor máximo recomendado por la OMS. Desde entonces se tomaron una serie de medidas que tuvieron efecto positivo y la calidad del aire viene mejorando.

Según el informe de 2019 figura entre las treinta capitales del mundo más contaminadas, con un nivel promedio anual de 23,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Aún es más del doble del máximo recomendado por la OMS y resta mucho por hacer, pero se está por buen camino.

La mayor causa de la contaminación en Lima es el tráfico. Y nada lo dejó más en evidencia como la irrupción de la pandemia COVID-19.

Cuando se decretó la cuarentena obligatoria (a mediados de marzo de 2020) los niveles de contaminación se redujeron de manera sorprendente: a los pocos días, el registro diario de PM_{2,5} llegó a un nivel más bajo que el máximo recomendado (el 23 de marzo fue de 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y el promedio mensual del mes de abril fue un 64 % menor que el del año anterior. Según destacó el Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM) la reducción se debió a la supresión de flujo vehicular.

Malas costumbres

Algunas costumbres instaladas en el país contribuyeron (y aún contribuyen) a que los niveles de contaminación del aire en Lima sean tan altos:

- Importar vehículos usados para obtenerlos a menor precio. Algunos muy viejos y con mucho kilometraje recorrido y eso influye en cuánto contaminan. (Los vehículos más nuevos emiten menos contaminantes y si operan con combustibles de bajo octanaje, menos aún).
- Entre los casi 2 millones de vehículos que circulan diariamente por la ciudad, en los comerciales predominan los que utilizan diesel como combustible, que emiten partículas que constituyen el PM_{2,5}.
- No usar energías “limpias.” Siguen siendo muchas las fábricas, plantas industriales, pollerías, restaurantes y otros negocios que aún utilizan combustibles fósiles y producen emisiones contaminantes.

Buenas iniciativas para dar pelea

Algunas de las medidas que se tomaron en Perú para dar pelea a la asesina silenciosa y que vienen mejorando la calidad del aire en sus ciudades, incluida Lima, fueron:

- Implementar sistemas de transporte público eléctricos y a gas (GNV).
- Fijar los límites máximos permitidos de emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulen en la red vial.

- Realizar controles de emisiones vehiculares regulares y obligatorios.
- Fijar el máximo de antigüedad y kilometraje de vehículos usados que se pueden importar (máximo dos años de antigüedad y 240 000 kilómetros recorridos, dependiendo de la categoría).
- Establecer el límite de azufre máximo permitido para combustibles (50 partes por millón).

Un informe diagnóstico que realizó el MINAM en 2019 indica que de no haberse aplicado ninguna medida las emisiones de PM_{2,5} provenientes de las fuentes móviles hubieran alcanzado hasta 9218 toneladas al año, pero se lograron reducir a 4163 toneladas al año (una reducción de aproximadamente 55 %).

Controles regulares

En Perú, para poder circular por las vías nacionales, los vehículos con una antigüedad mayor a tres años necesitan un Certificado de Inspección Técnica. La medición de las emisiones es parte de las inspecciones técnicas vehiculares. Se realiza para verificar que se cumplan los límites máximos permisibles de emisiones contaminantes y son obligatorias para todos los vehículos. Para vehículos particulares una vez por año y para vehículos de transporte público cada 6 meses.

Para medir las emisiones de un vehículo la medición se puede hacer directamente en la salida del tubo de escape empleando equipos como el opacímetro o analizador de gases. Son instrumentos que permiten medir de manera continua los coeficientes de opacidad o de absorción luminosa de los gases de escape de los motores de combustión interna. En el país se utilizan más de 250 opacímetros para las inspecciones vehiculares y se exige que se calibren con determinada regularidad y únicamente en laboratorios de calibración que demuestran cumplir con normas de calidad.

En Lima existen 18 estaciones de monitoreo que registran en tiempo real las concentraciones en el aire de agentes contaminantes: gases y material particulado. Para medir la calidad del aire ambiental (el aire que respiramos) se utilizan muestreadores de material particulado que miden el efecto de emisiones de un cúmulo de fuentes y no sólo de los vehículos (por ejemplo: las de chimeneas de industrias).

Ayuda metrológica para controlar mejor

Para garantizar las mediciones de opacidad en emisiones vehiculares, un grupo de institutos metrológicos de Latinoamérica está llevando adelante una iniciativa conjunta que tiene como objetivo desarrollar las capacidades de medición de opacímetros, filtros ópticos y espectrofotómetros

en los países de la región. La coordinación está a cargo de la Dirección de Metrología del INACAL (Instituto Nacional de Calidad del Perú).

En dicha Dirección también se están desarrollando los sistemas de medición que se usarán para calibrar los instrumentos de flujo que forman parte de los muestreadores de partículas. Y es en INACAL que se mantienen los patrones de la más alta exactitud del país y con reconocimiento internacional con los cuales se asegura que las mediciones que se toman son precisas y que las que se tomen en distintas zonas y en otros países sean comparables.



El medidor de gas rotativo (*Roots meter*) es uno de los patrones que se mantienen en INACAL con los cuales se calibran los instrumentos de flujo que forman parte de los muestreadores de partículas. Foto cedida por INACAL.

Lo que aún resta por hacer

Cuando en Lima se conocieron los datos de niveles bajos de PM_{2.5} durante la pandemia, la ministra del Ambiente, Fabiola Muñoz, sostuvo que *“Esto nos tiene que enseñar que somos nosotros los que contaminamos el ambiente y los que tenemos la oportunidad de mantener esta situación... Claramente vamos a volver a tener emisiones cuando volvamos a la normalidad, y ahí es donde todos y todas tenemos que comprometernos ...”*.

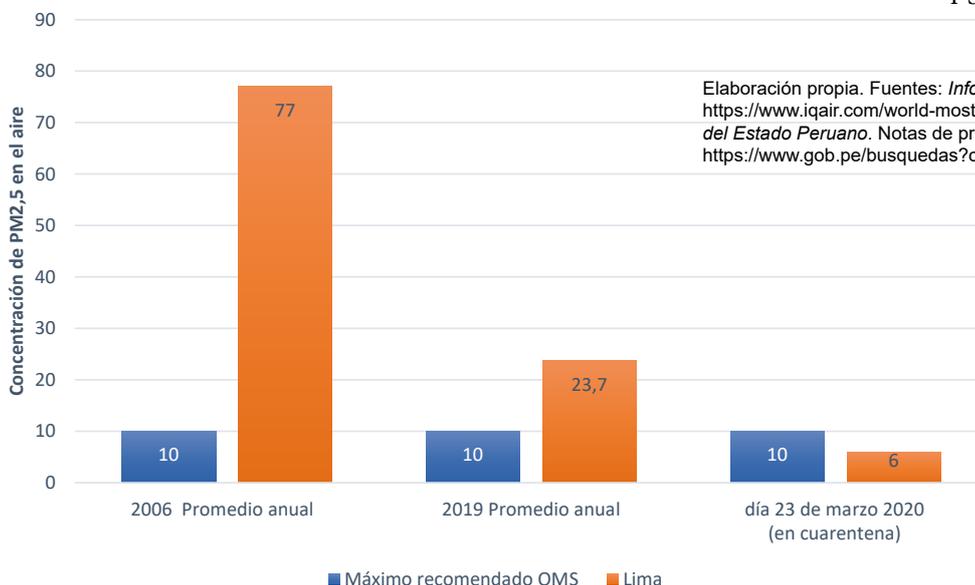
Aun cuando en varios lugares del mundo se está logrando reducir, los datos sobre niveles de contaminación y las muertes que produce son alarmantes. Y al igual que en la lucha contra el COVID-19, solo con iniciativas del gobierno no alcanza.

Todos tenemos una cuota de responsabilidad y debemos contribuir para reducirla y que no aumente. Por menos que parezca lo que hagamos, cada acción cuenta. Elegir caminar o andar en bici siempre que sea posible; preferir el uso de vehículos eléctricos o que usan combustibles menos contaminantes; apoyar y promover campañas de sensibilización para que la población tome conciencia del problema y se sume a la lucha. Algunas comunidades o barrios e incluso organizaciones no gubernamentales han instalado sensores de calidad de aire para empezar a medir y controlar el aire; publicar y dar a conocer esos datos lleva a cambios de conducta beneficiosos para todos.

Mejorar el aire que respiramos y cuidar nuestra salud está en nuestras manos.

El aire de Lima en cifras

AUTORAS: RAQUEL TINEO (PERÚ)
Y SILVANA DEMICHELI (URUGUAY)



Elaboración propia. Fuentes: *Informe mundial de la calidad del aire* <https://www.iqair.com/world-most-polluted-countries> y *Plataforma digital única del Estado Peruano*. Notas de prensa 25 de marzo y 13 de agosto de 2020. [https://www.gob.pe/busquedas?contenido\[\]=noticias&reason=sheet&sheet=1](https://www.gob.pe/busquedas?contenido[]=noticias&reason=sheet&sheet=1)

¿cómo nos medirán en el futuro? ...

“Al fin y al cabo, somos lo que hacemos para cambiar lo que somos”.
Eduardo Galeano.

Jav, un joven estudiante de fines de siglo XXI se pregunta cómo era la vida a comienzos de esa era. Como habitante de un planeta que funciona con energías limpias, cada mañana enciende su datímetro para medir su huella de carbono. Sin él, ¿cómo tomar decisiones?

A poco de entrar en el 2100, el verde intenso colorea todos los escenarios imaginables. Las viviendas, que parecen fusionarse con la Naturaleza, se asientan sobre enormes árboles que hacen las veces de soporte principal de cada casa, mientras una red de árboles jóvenes sostiene la estructura restante.

Jav, un joven curioso y apasionado por la ciencia —interés que comparte con su familia y que los ha llevado a diseñar juntos increíbles artefactos— mira a sus padres alejarse de la casa desde lo alto de su cuarto. Pequeñas gotas de agua dibujan siluetas imaginarias en el cristal. Seguramente será un día como otros, en compañía de su fiel compañero digital, *Metiri*, una aplicación capaz de resolver todo tipo de preguntas e inquietudes.

Con ganas de empezar a trabajar en su proyecto de investigación, pero dispuesto a distraerse un poco primero, dice:

- *Metiri*, inicia.

En el centro de la habitación se despliega un holograma.

- Amigo, ¿en qué puedo ayudarle?

- Reporte del día, por favor.

- Iniciamos con una temperatura de 16 °C, humedad relativa del 67 % (hr) y velocidad del viento de 6 km/h; la posibilidad de precipitación es del 95 %. La concentración de CO₂ se mantiene estable y por debajo del límite máximo permitido. La estación espacial internacional estará sobre nosotros a las 19.00 horas.

- *Metiri*, prepara el simulador. ¡Daremos un paseo por todo el siglo XXI!

Jav entra en una cabina blanca y elige el avatar con el que participará de la simulación. *Metiri* le advierte:

- La primera mitad del siglo XXI puede ser caótica y confusa. Le sugiero ver el tráiler antes de iniciar.

- Perfecto. Adelante.

En el holograma se despliegan imágenes y la “voz” de *Metiri* suena seria:

- ¡Bienvenido al inicio del siglo XXI! Interconectividad generalizada gracias al internet y al desarrollo de plataformas y aplicaciones que dieron paso al mundo digital. Descubrimiento de los primeros exoplanetas similares a la Tierra. Confirmación de la existencia del Bosón de Higgs. Llegada del hombre a Marte. Desarrollo del turismo espacial. El aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera y de la temperatura media de la Tierra dieron lugar a eventos cada vez más graves y catastróficos.

Por favor, seleccione el año y la ciudad que desea visitar.

- Año 2020. Ciudad de Bogotá, capital de Colombia.

En cuestión de segundos el simulador inicia y Jav recorre asombrado la plaza de Bolívar, en el centro de la ciudad.

- ¿No había árboles en ese tiempo?

- Sí amigo, pero en las grandes ciudades escaseaban. No los consideraban vitales. Se plantaban pocos y la deforestación aún estaba permitida.

- *Metiri*, inicia el datímetro. Veamos los números de huella de carbono con los que se manejaban.

- Datímetro activado.

- ¡Hay demasiada concentración de CO₂! Es inconcebible que nadie lo note y que salieran a la calle sin medirlo.

- Permítame explicarle que aún no existían los datímetros.

- *Metiri*, ¡un solo vehículo emitía en promedio 2,196 kg de CO₂ por litro de combustible! ¡Aún se utilizaba gasolina en el 2020!

- Sí, los combustibles fósiles eran empleados para satisfacer más del 80 % de la demanda de energía y se mantuvo ese esquema por varios años más. La reconversión a energías renovables fue muy lenta.

- Puedo ver a muchas personas utilizando dispositivos digitales. Aún en plazas, edificios y lugares públicos. Modifica el tipo de medición del datímetro y revisemos ahora la huella de carbono digital.

- Medición de huella de carbono digital activada.

- ¡Increíbles las emisiones que producían por el uso de sus computadoras y sus móviles!

- En 2020 el mundo digital funcionaba con energía eléctrica, muy poca derivada de energías renovables. Todas las actividades que se desplegaban en internet y la información resultante que se generaba, eran recolectadas y almacenadas en servidores de grandes centros de datos que también operaban con esa fuente. Según informes de Greenpeace, una organización dedicada a la investigación ambiental, en 2017 el consumo energético de las TICS fue responsable del 8 % del gasto total de energía del planeta.

- Eso sucedió muchos años antes de que mi abuela, la que cariñosamente llamamos “Doña Teresita”, desarrollara el algoritmo que permite reducir considerablemente el consumo de energía por uso de internet y equipos digitales.

- No todos los usuarios eran conscientes que el mundo digital producía emisiones de CO₂. Una investigación realizada por la empresa energética Ovo demostró años después que, si en el Reino Unido “cada británico enviara un correo electrónico de agradecimiento menos al día, ahorraríamos 16 433 toneladas de dióxido de carbono al año. Este sería el equivalente a retirar de circulación 3334 coches de gasolina o a eliminar 81 152 vuelos entre Londres y Madrid”.

- Sin conocer esos datos, ¿qué tanto creció el mundo digital? ¿Y qué tan relevante fue la huella de carbono digital para la crisis climática?

- Me temo que la respuesta no será de su agrado. La demanda de almacenamiento de datos en la nube fue superior a los intentos de las grandes empresas informáticas por migrar a las energías renovables. La huella de carbono digital terminó siendo un gran contribuyente a la gran huella de carbono global que se alcanzó años más tarde.

- ¿Nadie se dio cuenta de la amenaza que representaba el aumento continuo de los GEI?

- Sí. Varios científicos de todo el mundo dieron la voz de alarma, al igual que muchísimos jóvenes. Las Naciones Unidas se reunieron en París en 2015, en la Conferencia sobre Cambio Climático, y fijaron medidas para mitigar la emisión de GEI a la atmósfera. Pero no alcanzó para frenar la amenaza. La Organización Meteorológica Mundial, la OMM, alertó del aumento continuo de la temperatura del planeta.

Por su parte las organizaciones metrológicas hicieron grandes esfuerzos por mejorar las mediciones. En 2019 se definieron todas las unidades de medida a partir de constantes de la Naturaleza y en los años siguientes mejoraron métodos y técnicas de medición. Gracias a eso se logró medir con exactitud las emisiones de CO₂ humanas y los

cambios en los parámetros climáticos, pero los países no se pusieron de acuerdo en cómo frenar el cambio climático.

- Es muy triste. El conocimiento del riesgo estaba y también había formas de medir los cambios que se producían con exactitud, pero...

- El aumento de emisiones de CO₂ se mantuvo demasiado tiempo y derivó en un alza de la temperatura global de la Tierra. Eso produjo grandes cambios en las diferentes regiones. Con el paso de los años, aumentó el deshielo de los polos; se produjo una mayor evaporización del agua, con sequías más prolongadas. Hubo más incendios forestales en casi todo el planeta. Recurrencia de fenómenos extremos: ciclones o tifones más dañinos; inundaciones y deslizamientos de tierra, entre otros. Esto trajo un aumento del nivel del mar... Y con ello grandes problemas para la civilización, la salud y la economía...

- ¿Fue entonces que se produjeron las revueltas y protestas a nivel mundial?

- En efecto. Hasta que la crisis mundial llegó a una situación extrema y tuvo lugar la famosa crisis de 2054. Dos años después los gobiernos acordaron utilizar un sistema de balance personal de emisión de CO₂ y, entre otras medidas, se repartieron datímetros a todos los habitantes del planeta.

El aporte de su abuela fue fundamental. Los algoritmos que desarrolló permitieron que los aparatos digitales funcionaran casi sin consumir energía, alimentados por energías

renovables. Por primera vez equipos como los datímetros comenzaron a operar utilizando el calor corporal como fuente de energía. Los actuales son más sofisticados y eficientes, pero aquellos fueron un paso fundamental para crear conciencia y reducir las emisiones.

- ¿Crees que el verdadero enemigo de la Tierra fue la inconsciencia, por encima de la concentración de GEI?

- Me temo que no tengo una respuesta, amigo.

- Finaliza la simulación, por favor.

Jav sale de la cabina y camina hacia la ventana. Pone su mano sobre el cristal e imagina que acaricia la lluvia, que cae suavemente.

- *Metiri*, busca los procedimientos e instrumentos aprobados por el INM para la medición de elementos contaminantes en la lluvia. Voy a seguir con mi proyecto para mejorar los datímetros. Debo hacerlo, ese será mi aporte.

- Búsqueda iniciada.

- Si tan solo pudiera saber cómo van a hablar de nosotros en el futuro...

NICOLÁS F. ANGARITA PEÑARANDA (COLOMBIA) Y
CLAUDIA MAZZEO (ARGENTINA)





Créditos

Comité Editorial:

Javier Arias, CENAMEP AIP - Panamá; Edwin Cristancho, INM - Colombia; José Dajes, INACAL - Perú; Mabel Delgado, IBMETRO - Bolivia; Silvana Demicheli - Uruguay; Claudia A. Estrada, CIM - El Salvador; Mayra Gutierrez, IBMETRO - Bolivia; Ulf Hillner, PTB - Alemania; Fernando Kornblit, INTI - Argentina; Rubén Lazos Martínez, CENAM - México; Luis Mussio - Francia; Luis Fernando Oviedo, INM - Colombia; Alberto Parra del Riego, PTB - Alemania; Esther Santamaría, CENAMEP AIP - Panamá; Claudia Santo, SIM - Uruguay; Silvio F. Santos, INMETRO - Brasil; María Lourdes Valenzuela, INTN - Paraguay; Alexis Valqui - Perú; Daniel Volpe, LATU - Uruguay; Shingeru Yano, INTN - Paraguay.

Comité Ejecutivo:

Director Ejecutivo de la revista: Alexis Valqui - Perú;
Secretaría Técnica: Silvana Demicheli - Uruguay;
Diseño y diagramación: Alberto Parra del Riego - Alemania

Comité de Redacción:

Silvana Demicheli; Enrique Garabetyan; Claudia Mazzeo; Javier Méndez Vedia; Alberto Parra del Riego; Alexis Valqui.

Apoyo logístico:

Diana Kleinschmidt, PTB - Alemania.

Revisores:

Javier Arias, CENAMEP AIP - Panamá; Mabel Delgado, IBMETRO - Bolivia; José Dajes, INACAL - Perú; Silvana Demicheli - Uruguay; Claudia A. Estrada, CIM - El Salvador; Diego Almada, INM - Colombia; Fernando Kornblit, INTI - Argentina; Rubén Lazos, CENAM - México; Luis Mussio - Francia; Alberto Parra del Riego, PTB - Alemania; Claudia Santo - Uruguay; Luis Felipe Santos, INM - Colombia; Alexis Valqui - Perú.

Autores y colaboradores técnicos por artículo:

- **Energía solar: “Todas las voces, todas. Todas las manos, todas”.** Autores: Claudia Mazzeo (Argentina), Roberto Arias Romero - CENAM (México). Colaboración técnica: Héctor Castillo - CENAM; José Villalobos - Fridays For Future (México).
- **El mejor cacao del mundo.** Autores: Javier Méndez Vedia (Bolivia), Mabel Delgado - IBMETRO (Bolivia). Colaboración técnica: Samuel Oña - Confederación de Productores de Cacao de Bolivia; Bernardo Ichu - Asociación Departamental de Productores de Cacao de Beni; Magín Supa; Edwin Martínez; Gabriela Sadud - Programa Nacional del Cacao (Bolivia).
- **“Viento del este, ¿lluvia como peste?”** Autora: Claudia Mazzeo (Argentina). Colaboración técnica: Javier Skabar - INTI (Argentina).
- **“En los últimos 400 mil años ...”.** Autora: Claudia Mazzeo (Argentina). Colaboración técnica: Inés Camilloni (Argentina).
- **Sorpresa fuera de la ciudad.** Autor: Fernando Aguilar (El Salvador). Colaboración técnica: Mardoqueo Hernández - Instituto Nacional Dr. Francisco Martínez Suárez; Ismael Sánchez - Universidad Centroamericana; Yesenia M. Ruíz Gómez (El Salvador).
- **Turismo azul.** Autoras: María Dabiez - LATU, Silvana Demicheli (Uruguay). Colaboración técnica: Ana Martínez - Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial; Benigno “Chero” Carámbula - Asociación de Guardavidas de Rocha (Uruguay).
- **El efecto invernadero.** Autores: Enrique Garabetyan (Argentina), Andrea L. Chamorro, Justina Garro - INTI (Argentina). Colaboración técnica: Fernando Kornblit - INTI (Argentina).
- **El Salto del Tequendama.** Autores: Nicolás F. Angarita Peñaranda, Sebastián Torres (Colombia), Silvana Demicheli (Uruguay). Colaboración técnica: Álvaro Bermúdez Coronel, John J. Escobar Soto - INM (Colombia).
- **Mensaje urgente.** Autor: Mangle Ramsar. Colaboración técnica: Javier Arias - CENAMEP AIP (Panamá).
- **Vida después de la mina.** Autoras: Raquel Tineo (Perú), Silvana Demicheli (Uruguay). Colaboración técnica: Christian Uribe - INACAL; Yoel Iñigo - AGQ Labs (Perú).
- **El aire que merecemos respirar.** Autoras: Raquel Tineo (Perú), Silvana Demicheli (Uruguay). Colaboración técnica: Christian Uribe - INACAL (Perú).
- **¿Cómo nos medirán en el futuro?** Autores: Nicolás F. Angarita Peñaranda (Colombia), Claudia Mazzeo (Argentina). Colaboración técnica: Ciro A. Sánchez - INM (Colombia).

Diseño y diagramación:

Alberto Parra del Riego

Página web:

www.revistadeacuerdo.org

Imprenta:

Fotos e ilustraciones en Portada:

Piranómetros: Héctor A. Castillo
Laboratorista: Javier Méndez Vedia
Vaca feliz, Rayo y Gases en la atmósfera: Alberto Parra del Riego
Muestra de cianobacterias: cedida por LATU
Cascada del Tequendama: cedida por INM

Fecha de edición:

Diciembre de 2020

Edita y distribuye:

SIM – Sistema Interamericano de Metrología
Avenida Italia 6201, Montevideo, Uruguay. CP 11500
ISSN 2301-0932 (Impresa) - ISSN 2301-1718 (En línea)
Todos los derechos reservados.

La mención en este producto informativo a marcas, empresas o productos, estén o no patentados, no implica que el Sistema Internacional de Metrología - SIM los apruebe o recomiende sobre otros de similar naturaleza que no se mencionan. Las denominaciones empleadas y la forma en que aparecen presentados los datos no implican juicio alguno de parte del SIM sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

Se autoriza la reproducción y difusión del material contenido en este producto informativo para fines educativos u otros no comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción para reventa u otros fines comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos. Las solicitudes de autorización deben dirigirse a la Secretaría Ejecutiva del SIM, por correo electrónico a: secretariat.sim.org@gmail.com



Centro Nacional de Metrología - CENAM

El CENAM es el Instituto Nacional de Metrología de México -un órgano descentralizado del Gobierno Federal Mexicano coordinado por la Secretaría de Economía- cuya misión es apoyar a los diversos sectores de la sociedad en la satisfacción de sus necesidades metrológicas presentes y futuras, con el establecimiento de patrones nacionales de medición, el desarrollo de materiales de referencia y la disseminación de sus exactitudes por medio de servicios tecnológicos de la más alta calidad, para incrementar la competitividad del país, contribuir al desarrollo sustentable y mejorar la calidad de vida de la población.

Desde el inicio de sus actividades en sus instalaciones ubicadas en el Municipio El Marqués del Estado de Querétaro el 29 de abril de 1994, este Centro ha asumido el compromiso de ofrecer a la sociedad mexicana referencias metrológicas confiables, equivalentes a las adoptadas por la comunidad internacional.

El impacto de las tareas desarrolladas es notable en sectores industriales como el petroquímico y el automotriz; la incidencia de sus resultados

en la sociedad se refleja en sus contribuciones con las autoridades reguladoras para lograr una mejor equidad de las transacciones comerciales, un ambiente más limpio y una mejor certeza acerca de la inocuidad alimentaria, entre otros.

Siendo una institución relativamente joven, el CENAM ha alcanzado reconocimiento internacional, entre otras actividades, por la publicación de más de 600 de sus capacidades de medición y calibración en la Base de Datos del *Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)*, considerada como de muy alta confiabilidad por la exigencia de sus requisitos. De esta manera se mantiene la consistencia con la tradición del país de apearse a los acuerdos internacionales sobre metrología, cuyos antecedentes se encuentran en la adopción formal en el país del Sistema Métrico Decimal en 1856 y en nuestra adhesión al Tratado del Metro en 1890.

El CENAM está convencido de que una formación sólida en ciencias y en Metrología, especialmente de las nuevas generaciones, permite el desarrollo sustentable de las economías y propicia una mejor calidad de vida de la población, por lo que hace votos para que “De acuerdo - La ciencia a tu medida” sea un aliciente para la consecución de estos fines.

Página Web del CENAM: <http://www.cenam.mx/>

Esta edición de la revista *¡De acuerdo!* ha sido realizada gracias a la participación y colaboración de los siguientes Institutos Nacionales de Metrología:



Centro de Investigaciones de Metrología
(El Salvador)
www.cim.gob.sv



Centro Nacional de Metrología
(México)
www.cenam.mx



Centro Nacional de Metrología de Panamá
(Panamá)
www.cenamp.org.pa



Instituto Boliviano de Metrología
(Bolivia)
www.ibmetro.gob.bo



Instituto Nacional de Calidad
(Perú)
www.inacal.gob.pe



Instituto Nacional de Metrología
de Colombia
(Colombia)
www.inm.gov.co



Instituto Nacional de Tecnología Industrial
(Argentina)
www.inti.gob.ar



Instituto Nacional de Metrología,
Qualidade e Tecnologia
(Brasil)
www.inmetro.gov.br



Instituto Nacional de Tecnología,
Normalización y Metrología
(Paraguay)
www.intn.gov.py



Laboratorio Tecnológico del Uruguay
(Uruguay)
www.latu.org.uy



Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Nationales Metrologieinstitut
Physikalisch-Technische Bundesanstalt
(Alemania)
www.ptb.de

Esta edición de la revista *¡De acuerdo!* ha sido realizada gracias al apoyo financiero de:



Ministerio Federal de Cooperación
Económica y Desarrollo
(Alemania)
www.bmz.de



Sistema Interamericano de Metrología
www.sim-metrologia.org

Edita y distribuye: SIM – Sistema Interamericano de Metrología



ISSN 2301-0932 - ISSN 2301-1718 (En línea)