

## BIODIVERSIDAD, MEDIO AMBIENTE Y SALUD

La salud del planeta=  
la salud de todos

## APRENDIZAJES

ambientales  
en pandemia

## TSUNAMI,

extraña maravilla  
de la naturaleza

# CADENAS DE ABASTECIMIENTO RESILIENTES

¿Cómo lograrlo?

## EVENTOS NATECH

y su aplicación en la gestión  
de riesgos



 **CONTENIDO**

04	<b>CADENAS DE ABASTECIMIENTO RESILIENTES, ¿cómo lograrlo?</b>
14	<b>BIODIVERSIDAD, MEDIOAMBIENTE Y SALUD</b> La salud del planeta= la salud de todos
22	<b>APRENDIZAJES AMBIENTALES</b> en pandemia
32	<b>EVENTOS NATECH</b> y su aplicación en la gestión de riesgos
42	<b>TSUNAMI,</b> extraña maravilla de la naturaleza

**COMITÉ EDITORIAL**

**Juana Francisca Llano Cadavid**  
Presidenta Suramericana S. A.

**Elizabeth Cardona Rendón**  
Gerente de Geociencias Suramericana S. A.

**Gloria María Estrada**  
Vicepresidenta de Riesgos Suramericana S. A.

**Adelaida Del Corral Suescún**  
Dirección. Taller de Edición S. A.

Revista Geociencias Sura | Edición 7 | Septiembre de 2021  
Suramericana S. A., una compañía de seguros, tendencias y riesgos.

## La relación entre la humanidad y el planeta es clave para desarrollar resiliencia

Entre los múltiples desafíos que los tiempos de la pandemia deja se encuentra una idea central que habilitará la capacidad de vivir el mundo de hoy y el que llega: la relación de la humanidad con el planeta es clave para desarrollar la resiliencia y administrar la incertidumbre.

Resulta sencillo, y complejo a la vez, porque este abordaje requiere que seamos más sensibles frente al entorno, algo que podría suceder sin mayores esfuerzos si fuésemos más receptivos con la naturaleza, en un ejercicio de conexión necesario para volver a lo esencial. Por consiguiente, es importante elevar nuestro nivel de conciencia en torno a los impactos que las actividades están generando al planeta, con el fin de tener un mayor entendimiento de los riesgos que enfrentamos cada día y los que deberemos afrontar a futuro.

Esto evidencia una realidad: el desarrollo de las actividades del sector empresarial y de las personas directa o indirectamente giran en torno al medioambiente. En este escenario, es esencial conocer los impactos en la cotidianidad de las personas y las empresas, y tener elementos para una adecuada gestión, a fin de construir sociedades sostenibles.

Ser gestores de tendencias y riesgos nos invita, entonces, a entender los impactos y conexiones del entorno en los hechos concretos que estamos

atravesando, pero no brindando soluciones transitorias, sino analizando la raíz del problema para tomar acciones concretas y contundentes que buscan mitigar esos impactos.

En este sentido y en busca de ese equilibrio, en esta edición nos preguntamos: ¿cómo un evento de la naturaleza puede causar un riesgo tecnológico? ¿Cómo se pueden generar cadenas de abastecimiento resilientes? ¿Qué aprendizajes ambientales deja la pandemia?

Si bien aún queda mucho camino por recorrer, estas reflexiones servirán de brújula para actuar como compañía y como seres humanos conscientes que se adaptan a los desafíos y cambios que el mundo actual nos propone para seguir siendo relevantes, competitivos y sostenibles. Los invitamos a conectarnos a través de la lectura para juntos entender las interrelaciones de la naturaleza con los objetivos estratégicos de las empresas y así volvernos habilitadores del cambio y el bienestar.

**JUANA FRANCISCA LLANO CADAVID**  
Presidenta Suramericana S. A.

# Cadenas de abastecimiento resilientes, ¿cómo lograrlo?

Las cadenas de abastecimiento son cada vez más vulnerables a distintos eventos naturales y antrópicos que pueden generar interrupciones, poniendo en riesgo no solo el resultado de las organizaciones, sino su sostenibilidad.



En términos generales, las compañías de seguros consideran que uno de los riesgos más importantes que deben afrontar actualmente las organizaciones es la posible interrupción de sus cadenas de abastecimiento. Es así como la correcta administración de estas contribuye a la competitividad de las compañías y debe incluir, entre otros elementos, una gestión completa de sus riesgos.

*La cadena de abastecimiento es un conjunto de entidades y relaciones directas e indirectas que, de manera acumulativa, determinan los materiales, flujos de información y fondos económicos, tanto de modo descendente hacia el cliente como ascendente hacia el proveedor y considerando el entorno de cada una de estas.*

Definición adaptada de **ROGER G. SCHROEDER, SUSAN MEYER GOLDSTEIN Y M. JOHNNY RUNGTUSANATHAM**, del libro *Administración de operaciones*. Mc. Graw Hill. Quinta Edición.

A la globalización de los mercados, la tercerización de operaciones, los procesos esbeltos y la dependencia de las tecnologías de la información se suman las nuevas dinámicas impuestas por la actual pandemia que afectan el ritmo de la producción y potencializan la vulnerabilidad de las cadenas de abastecimiento. Ante este panorama se requiere de una gestión estratégica que permita regular la frecuencia y la escala de las interrupciones para garantizar el buen desempeño de las industrias.

Distintos eventos naturales y antrópicos han evidenciado esta vulnerabilidad y los efectos desfavorables que pueden causar en el resultado e incluso en la sostenibilidad misma de las organizaciones.

## EFFECTOS DE EVENTOS NATURALES Y ANTRÓPICOS (PROVOCADAS POR EL HOMBRE) EN LAS ORGANIZACIONES



1995  
**SISMO**

El sismo de Kobe, en Japón, dejó pérdidas por 200 millones de dólares para Toyota.



2010  
**ERUPCIÓN**

La erupción del volcán islandés Eyjafjallajökull generó el cierre, por varios días, del espacio aéreo de la parte noroccidental de Europa.



2011  
**TSUNAMI**

El tsunami de Japón ocasionó la pérdida de capacidad de numerosas empresas y el desabastecimiento de componentes para distintas industrias.



**OLA INVERNAL**

La ola invernal en Colombia dejó pérdidas estimadas en 10 billones de pesos.

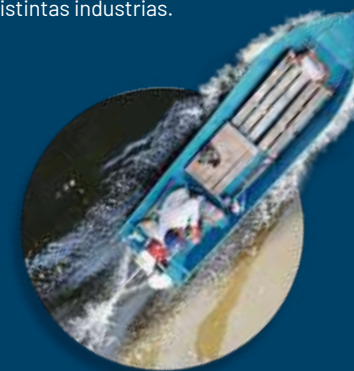


2016  
**PARO CAMIONERO**

El paro camionero en Colombia, con una duración de 46 días, dejó pérdidas estimadas en 2.6 billones de pesos.

**INUNDACIÓN**

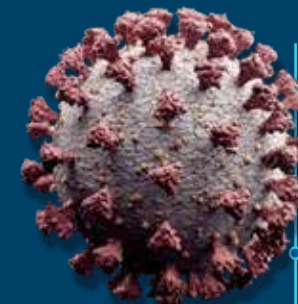
La inundación de Bangkok dejó pérdidas por 45 billones de dólares y una reducción del 30% en la producción mundial de discos duros.



2017

**CIBERATAQUE**

El ciberataque sufrido por la naviera Maersk le generó pérdidas estimadas en 300 millones de dólares, afectaciones en algunas terminales y demoras en los envíos marítimos, entre otros casos.



2020  
**PANDEMIA**

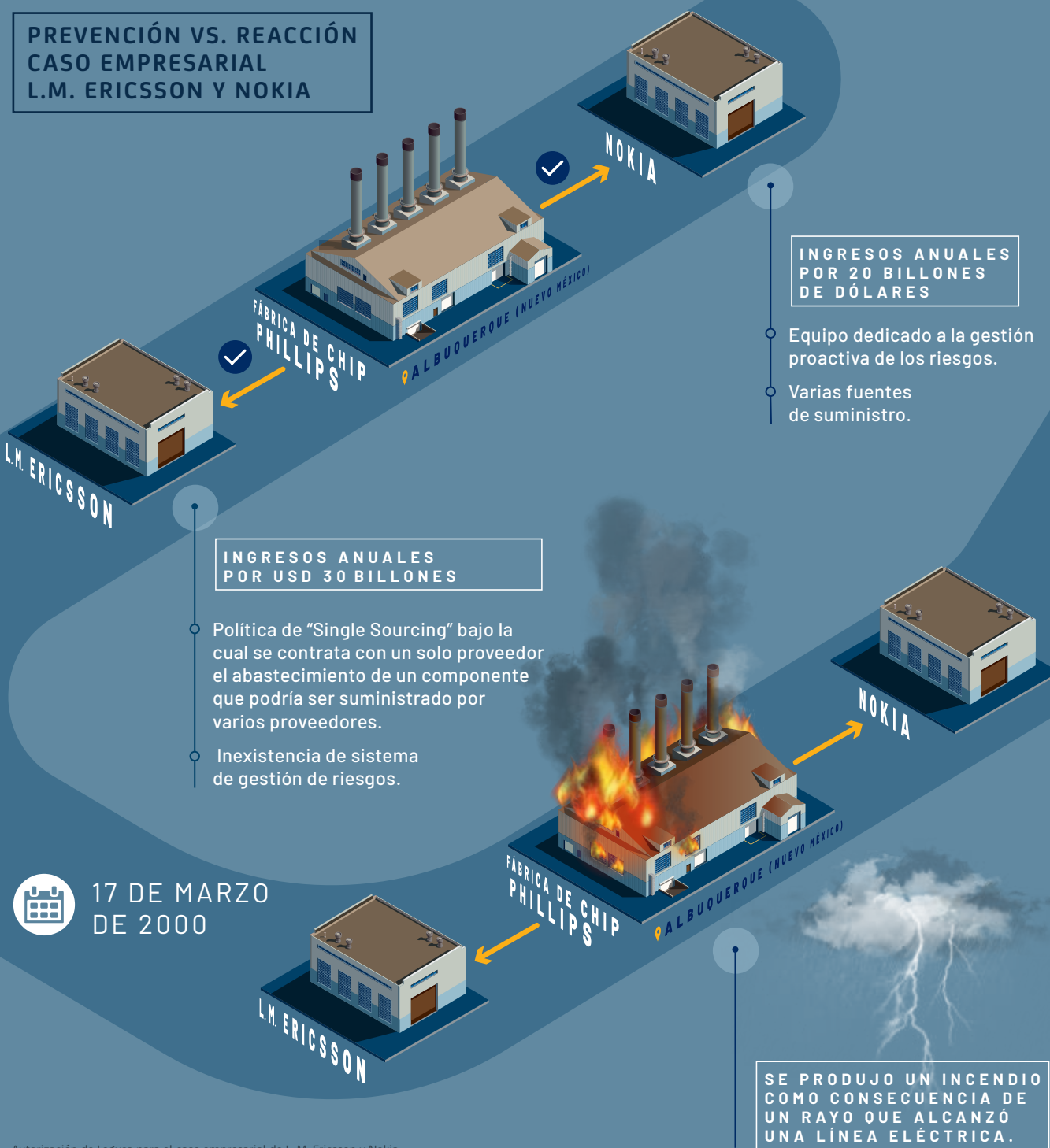
La pandemia por el COVID-19 generó confinamientos mundiales para evitar la propagación del virus, causando interrupciones en el suministro, demanda y una recesión económica global.

**Caso LM Ericsson y Nokia**

Desde un punto de vista financiero, las interrupciones pueden tener un impacto importante en el desempeño de las organizaciones; por ejemplo, las compañías LM Ericsson y Nokia en el año 2000 debieron enfrentar las consecuencias provocadas por un incendio causado por un rayo en una planta de su proveedor Phillips, localizada en Nuevo México, Estados Unidos.

Este caso evidencia como una gestión preventiva de las posibles interrupciones en la cadena de abastecimiento puede llevar a una empresa, en este caso Nokia, no solo a reestablecer rápidamente el desempeño de su operación, sino también a aumentar su participación de mercado de 27% a 30%. Por el contrario, LM Ericsson tuvo una reacción tardía ocasionándole pérdidas totales por 1.7 billones de dólares.

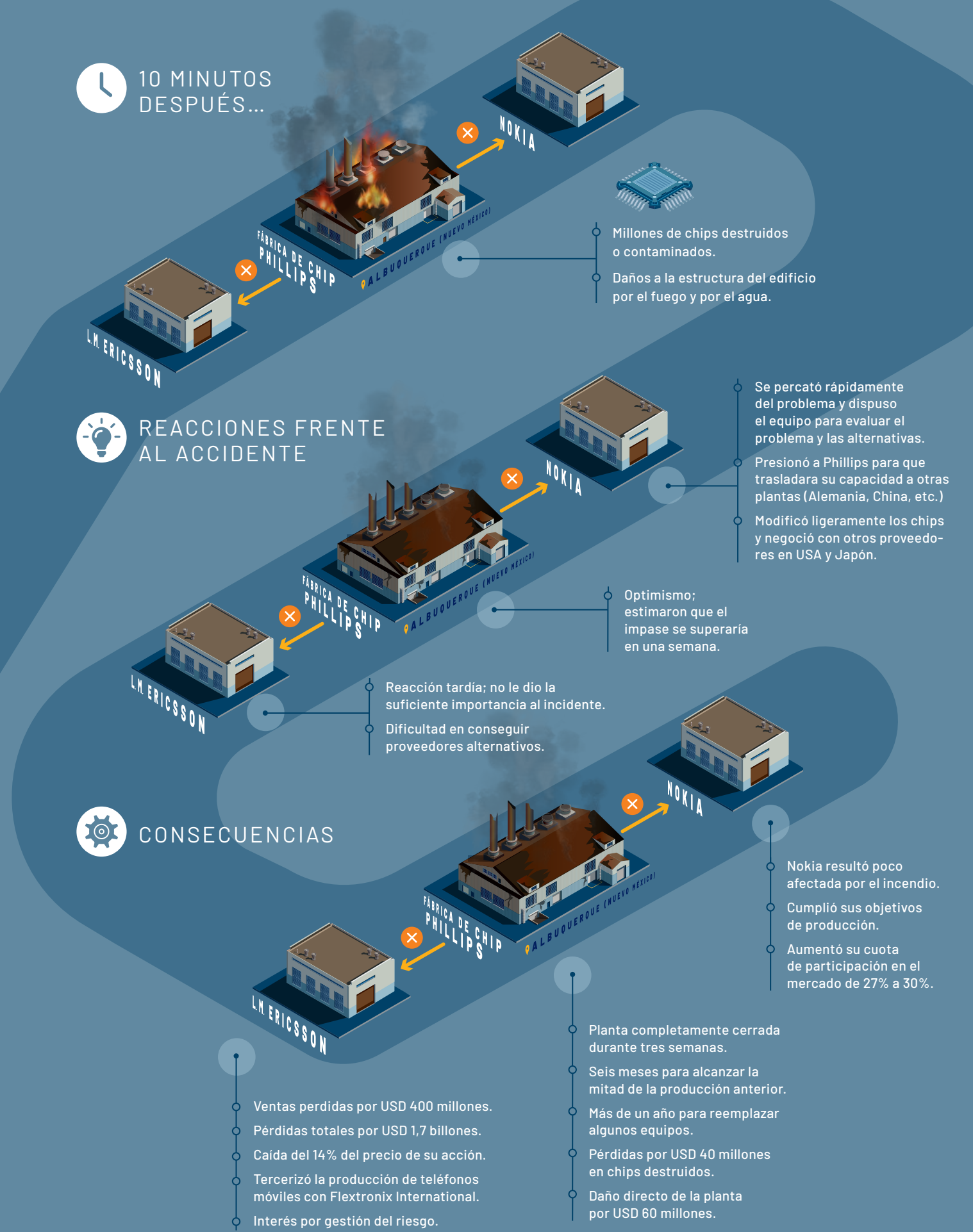
**PREVENCIÓN VS. REACCIÓN CASO EMPRESARIAL L.M. ERICSSON Y NOKIA**



**10 MINUTOS DESPUÉS...**

**REACCIONES FRENTE AL ACCIDENTE**

**CONSECUENCIAS**



Autorización de Logyca para el caso empresarial de L. M. Ericsson y Nokia. Fuente: The Power of Resilience: How the Best Companies Manage the Unexpected, Yossi Sheffi. Adaptación: Logyca y CLU (Centro Latinoamericano de Innovación en Logística).

Teniendo este ejemplo como referencia, se justifica la necesidad de profundizar en el concepto de resiliencia en las cadenas de abastecimiento y definir mecanismos que permitan a las organizaciones desarrollarla y disminuir las probabilidades de las interrupciones, reducir sus consecuencias una vez estas ocurran y acortar el tiempo necesario para recuperar el desempeño normal de sus cadenas de abastecimiento.

**Resiliencia, un concepto multidisciplinario y relevante**

La resiliencia ha sido aplicada en múltiples disciplinas entre ellas la ecología, la sociología y la psicología. Específicamente, en 1973 el ecologista canadiense C. S. Holling fue de los primeros investigadores en señalar la resiliencia y la estabilidad como dos propiedades de los sistemas, definiéndolas, respectivamente, como la habilidad de estos para absorber los cambios y la capacidad para retornar a un estado de equilibrio después de una interrupción temporal.

Ahora bien, con relación a las cadenas de abastecimiento la resiliencia es un concepto relativamente nuevo que ha venido ganando

importancia, progresivamente, debido a la incertidumbre que estas afrontan; aunque no existe un consenso en su significado es posible proponer la siguiente definición:

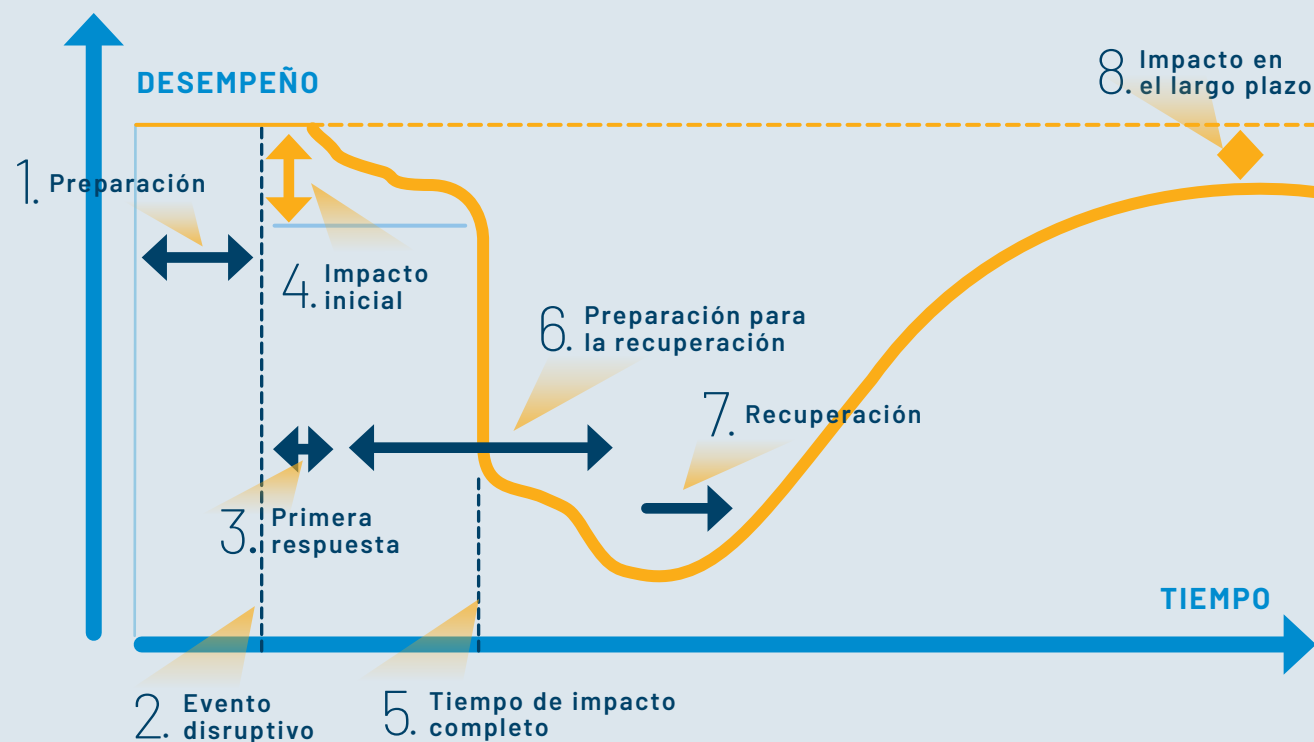
*Resiliencia es la capacidad adaptativa de una cadena de abastecimiento de prepararse para eventos inesperados, responder a interrupciones y recuperarse de estas, retornando a su estado inicial o a uno más deseable.*

**Entendiendo las interrupciones y su relación con la resiliencia**

Las interrupciones están íntimamente relacionadas con el concepto de resiliencia; específicamente, estas corresponden a una detención no planeada del flujo de bienes, información o dinero en una cadena de abastecimiento.

Según los profesores Yossi Sheffi y James B. Rice del Centro para Transporte y Logística, del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, por su sigla en inglés), la naturaleza de una interrupción y la respuesta de una organización puede caracterizarse en el ciclo de vida de una interrupción que consta de ocho etapas.

**CICLO DE VIDA DE UNA INTERRUPCIÓN**



Adaptado de Sheffi & Rice, 2005.

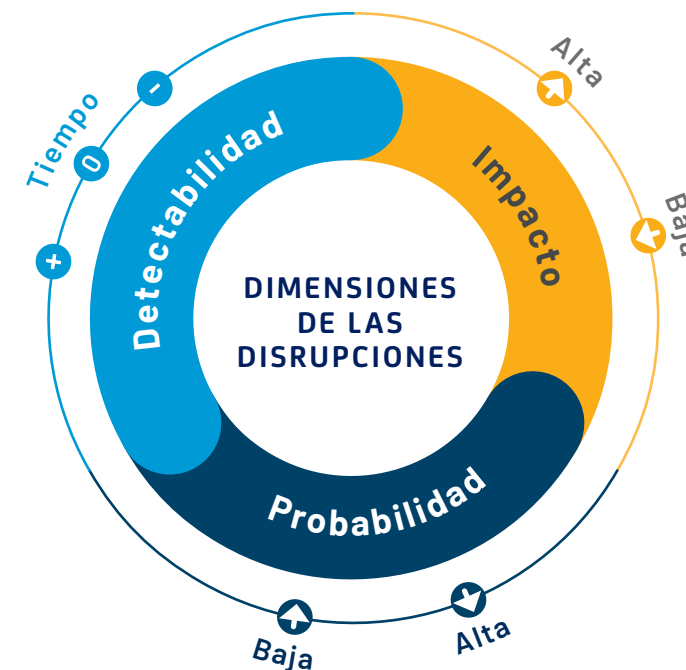
Existen dos tipos de causas que ocasionan una interrupción en una cadena de abastecimiento: la primera hace referencia a eventos naturales, como sismos, tsunamis, inundaciones, sequías, huracanes, erupciones volcánicas, entre otros. El segundo tipo es de orden antrópico, dentro del cual se diferencian los actos negligentes y los intencionales.

En este sentido, ciertos incendios, explosiones en fábricas o medios de transporte, comercialización de productos defectuosos o crisis financieras, son ejemplos de actos negligentes; mientras que los paros, huelgas, ataques cibernéticos, políticas de naciones e innovación de productos y servicios corresponden a interrupciones antrópicas intencionales.

**Dimensiones de las interrupciones**

Las interrupciones suponen tres dimensiones: impacto, probabilidad y detectabilidad. El impacto y la probabilidad hacen referencia al nivel de severidad y a la frecuencia de ocurrencia, respectivamente.

Por su parte, la detectabilidad es una variable o dimensión temporal que hace alusión al período comprendido entre el conocimiento de que un evento disruptivo ocurrirá y el primer impacto. Esta dimensión puede tener una magnitud positiva (detección antes del impacto), puede ser cero (detección en el momento de ocurrencia), o bien negativa (detección después de que la interrupción ha ocurrido).



**CLASIFICACIÓN DE LAS INTERRUPCIONES**



La vulnerabilidad de las cadenas de abastecimiento es mayor cuando tanto la probabilidad como el impacto de la interrupción son altos. Ejemplo: el hurto de contenedores con bienes tecnológicos de uso masivo y alto costo como celulares, computadores y televisores.

Los eventos de baja probabilidad y bajas consecuencias representan los niveles mínimos de vulnerabilidad y requieren poca planificación o acción. Ejemplo: la interrupción de un proceso productivo de partes para stock, debido al daño de una máquina para la cual se tiene disponibilidad inmediata de los repuestos principales.

Aquellos eventos que combinan alta probabilidad y consecuencias bajas hacen parte de la gestión diaria de las operaciones en el flujo normal del negocio. Ejemplo: la disminución, hasta cierto porcentaje, en el transporte de graneles son situaciones comunes y esperadas en este tipo de industria, lo cual hace parte de la administración habitual de la cadena de abastecimiento.

Las interrupciones caracterizadas por una baja probabilidad y un alto impacto requieren una planificación y respuesta por fuera del curso ordinario del negocio.

Finalmente, de acuerdo con la categorización del riesgo propuesta por los investigadores académicos Martin Christopher y Helen Peck, del Cranfield Center for Logistics and Supply Chain Management de la Universidad de Cranfield, es posible clasificar las interrupciones en tres categorías según su origen: internas a la organización, externas a la organización, pero internas a la cadena de abastecimiento (tanto en la parte del suministro como en la de distribución) y del entorno (eventos naturales, sociopolíticos, económicos, tecnológicos, regulatorios, entre otros).

## TIPOS DE RESILIENCIA

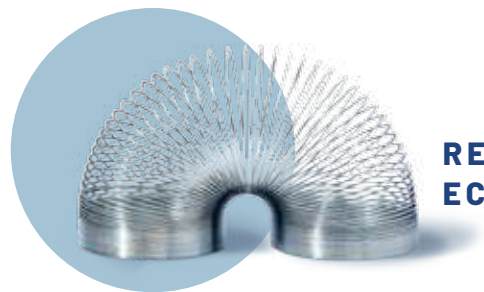
No existe un único tipo de resiliencia, por el contrario, los académicos de la Universidad Quinnipiac Henry Adobor y Ronald S. McMullen han propuesto tres tipos: ingenieril, ecológica y evolutiva.



### RESILIENCIA INGENIERIL

- Esta forma de resiliencia se mide según la capacidad y la velocidad a la cual la cadena de abastecimiento retorna a su equilibrio, entre más rápido se recupere más resiliente es. La planificación de contingencias, los planes de continuidad del negocio, la visibilidad y velocidad favorecen este tipo de adaptabilidad.

Su efectividad se basa en el control y la habilidad para predecir el futuro o al menos identificar todos los posibles riesgos a los cuales está expuesta la cadena de abastecimiento y a su vez definir un plan para estos o eliminarlos.



### RESILIENCIA ECOLÓGICA

- Este tipo de resiliencia se mide por la magnitud de la disrupción que una cadena de abastecimiento puede soportar antes de que ocurra un cambio en su estructura y control; en otras palabras, a diferencia de la resiliencia ingenieril, que tiene que ver con la velocidad de recuperación, esta se refiere a qué tanta elasticidad o flexibilidad puede soportar manteniéndose en cierto umbral, algo así como cuando se estira un resorte hasta cierto límite.

Esta se puede lograr a través de prácticas que generen redundancia y flexibilidad. La redundancia (reserva de recursos) genera resiliencia en las cadenas de abastecimiento, pero ocasiona mayores costos e ineficiencia ante una subutilización de recursos que solo pueden ser aprovechados en caso de una disrupción.

La flexibilidad, por el contrario, como indican Sheffi y Rice, genera ventajas competitivas en la cadena de abastecimiento que pueden ser utilizadas por la organización en sus operaciones del día a día.



### RESILIENCIA EVOLUTIVA

- Cuando una cadena de abastecimiento experimenta una alteración puede llegar a ser necesario que esta se mueva o evolucione a un estado más deseable, requiriendo, más que un comportamiento adaptativo, una capacidad de transformación, y esto es precisamente lo que favorece este tipo de resiliencia.

A diferencia de los dos tipos anteriores, este reta el equilibrio de las cadenas de abastecimiento y reconoce que pueden cambiar por disrupciones. La resiliencia evolutiva puede desarrollarse, entre otros, mediante el aprendizaje organizacional, la confianza y colaboración de las empresas.



Un tipo de resiliencia no es suficiente por sí solo; por el contrario, los tres deben ser concebidos como opciones complementarias.

La decisión de favorecer en mayor medida un tipo de resiliencia dependerá del entorno en el que la cadena de abastecimiento de una organización opere. Específicamente, en aquellos casos en los cuales este suponga cierta estabilidad resultará más conveniente desarrollar la resiliencia ingenieril, mientras que en aquellas situaciones en las cuales la predicción es baja y la habilidad para controlar posibles fuentes de disrupción también lo sea puede resultar más deseable desarrollar la resiliencia ecológica.

Asimismo, promover la resiliencia evolutiva supone un cambio de mentalidad para estar siempre dispuestos a transformaciones más allá del estado actual de la cadena de abastecimiento.

## PRÁCTICAS HABILITADORAS DE RESILIENCIA



### FLEXIBILIDAD

- Esta es la capacidad de una cadena de abastecimiento para adaptarse y responder de forma adecuada a los cambios internos y externos con el menor costo, tiempo y esfuerzo. Esta puede desarrollarse en el aprovisionamiento, las operaciones, la cultura corporativa y las tecnologías de la información mediante la estandarización de los procesos, implementación de políticas de posposición, el empoderamiento en la toma de decisiones, entre otros.



### COLABORACIÓN

- En una cadena de abastecimiento la colaboración hace referencia a la capacidad de dos o más organizaciones autónomas para trabajar juntas de forma efectiva, y planear y ejecutar operaciones hacia metas comunes. Esta se construye, entre otros, a través del intercambio de información y recursos, la congruencia de los objetivos y sincronía en la toma de decisiones, la creación del conocimiento conjunto y la comunicación frecuente entre las compañías que hacen parte de la cadena.



### TRANSFORMACIÓN

- Esta capacidad goza de especial relevancia en la resiliencia evolutiva debido a la transformación requerida para conducir a la cadena de abastecimiento a un estado más deseable luego de una disrupción. La flexibilidad, el aprendizaje organizacional, el talento humano idóneo, una cultura de innovación, la comunicación efectiva y el pensamiento sistémico de las organizaciones aportan al desarrollo de esta capacidad.



### VISIBILIDAD

- Es la posibilidad que tienen los diferentes actores de una cadena de abastecimiento para acceder a información oportuna y exacta que consideran relevante para sus operaciones. Las tecnologías de la información juegan un papel fundamental en el desarrollo de la visibilidad, toda vez que son un habilitador para capturar y distribuir oportunamente la información entre los distintos miembros de la cadena. La calidad de la información es también un elemento crítico y se refleja en la exactitud y completitud de esta.



### REDUNDANCIA

- Hace referencia al concepto de mantener recursos en reserva para ser utilizados en caso de una disrupción. Las formas más comunes que permiten a una cadena de abastecimiento incrementar su nivel de redundancia son inventarios de seguridad, proveedores múltiples (incluso si los proveedores secundarios tienen un mayor costo) y holguras deliberadas en algunos recursos.

A diferencia de la flexibilidad, la inversión en redundancia supone un incremento de costo para las organizaciones que solo puede ser justificado en caso de una disrupción.



### APRENDIZAJE ORGANIZACIONAL

- Corresponde al proceso de creación, retención y transferencia de conocimiento en las organizaciones que les permite prepararse para la transformación y mantenerse competitivas. Adobor y McMullen destacan el aprendizaje organizacional como un mecanismo para desarrollar la resiliencia de las cadenas de abastecimiento al favorecer la adaptación y modificación de estrategias; asimismo, esta permite mantener repositorios de información y compartir aprendizajes de disrupciones previas que pueden ser utilizados durante momentos críticos.



### ORIENTACIÓN A LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS

- Mediante la administración de riesgos las organizaciones definen una estructura que les permite gestionar los riesgos de la cadena de abastecimiento de una forma sistemática a partir de un conjunto de principios, procesos, actividades, roles, responsabilidades e infraestructura en los cuales se enmarcan sus acciones. Esto posibilita articular el desarrollo de las demás prácticas para incrementar la resiliencia de sus cadenas de abastecimiento.

Una organización puede seleccionar e implementar diferentes estrategias propias o bien seguir lineamientos de estándares internacionales como el ISO 31000 2018; incluso es válido utilizar una combinación de ambas.

## LA RESILIENCIA EN DEFINITIVA ES UNA BUENA INVERSIÓN

Es posible evidenciar que las cadenas de abastecimiento son cada vez más vulnerables a distintos eventos naturales y antrópicos, los cuales, dependiendo de su alcance, pueden generar disrupciones de un mayor o menor impacto, poniendo en riesgo no solo el resultado de las organizaciones, sino incluso su continuidad.

Teniendo en cuenta esto, las empresas deben desarrollar la resiliencia en sus cadenas de abastecimiento con el fin de estar preparadas frente a dichos eventos inesperados y poder recuperarse retornando al estado inicial o incluso a uno más deseable.

El desarrollo de la resiliencia en las cadenas de abastecimiento supone una ventaja competitiva para las organizaciones al permitirles no solo recuperarse de posibles disrupciones, sino también generar eficiencias operacionales y capacidades para responder oportuna y adecuadamente a cambios en el mercado, capitalizar oportunidades, generar la lealtad de los clientes y obtener mejores resultados.

Al final es posible señalar que la decisión de desarrollar la resiliencia en las cadenas de abastecimiento más que ser opcional ha pasado a ser un asunto obligatorio.

**“El desarrollo de cadenas de abastecimiento resilientes requiere de trabajo y colaboración constante de las empresas, no es un asunto gratuito, pero definitivamente es una buena inversión en el desarrollo de su capacidad de competitividad”.**

**JOHN JAIRO URIBE VELÁSQUEZ**  
Vicepresidente de Seguros de Suramericana S. A.

# Los expertos opinan

## CHRIS MEJÍA ARGUETA, PH.D.

Director, MIT Food and Retail Operations Lab

### ¿Cómo considera que ha sido el desarrollo de cadenas de abastecimiento resilientes en las empresas latinoamericanas durante los últimos cinco años?

Las empresas latinoamericanas han diversificado a sus proveedores, ampliado sus planes de contingencia, creado sistemas de control para monitorear y reducir sus riesgos individualmente. Sin embargo, aún existen grandes oportunidades para crear una estrategia de riesgo en cadenas de suministro y no solo con foco en cada organización.

Ya no trabajamos en silos sino en red, y se necesita configurar esquemas de prevención proactivos que beneficien a todos y permitan su desarrollo y supervivencia en situaciones adversas. También es importante cultivar la flexibilidad y la agilidad en las cadenas de suministro.

La pandemia ha hecho evidente cuán rígidos son los sistemas actuales, particularmente los de los sistemas alimentarios y de comercio, por lo que es necesario modularizar las cadenas para mejorar su respuesta ante cambios inesperados, incentivar la colaboración entre los actores y, sobre todo, construir sistemas de recolección y análisis de datos que impulsen la toma de decisiones para los sectores público y privado.

Las aseguradoras deben convertirse en facilitadoras y orquestadoras de un ecosistema de seguridad y garantías para estas redes de producción, distribución, datos y talento humano. Debemos, igualmente entrenar y educar a los tomadores de decisiones en todo nivel, para desarrollar una cultura de prevención del riesgo en redes de valor y no solo con un enfoque miope en el corto plazo o en un par de empresas.

En sintonía con la apreciación final de Chris Mejía, en 2020 Sura Colombia lanzó al mercado la nueva solución de Cadena de Abastecimiento con la cual busca desde la gestión y protección del riesgo acompañar a las empresas en sus necesidades e incertidumbres y potenciar su competitividad.

## JUAN G. VILLEGAS, PH.D.

Profesor titular, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia. Investigador grupo Aliado, Analítica e investigación para la toma de decisiones.

### ¿Cuál es el rol de herramientas matemáticas como la simulación para soportar la construcción de cadenas de abastecimiento resilientes?

Inicialmente quisiera resaltar que cuando se piensa en herramientas matemáticas tenemos un espectro mucho más amplio, gracias a lo que hoy se conoce como analítica de negocios (o *business analytics*). Este nuevo término (muy de moda en la actualidad), engloba el uso extensivo de datos, adquiridos por diversas fuentes, en análisis estadísticos y cuantitativos, modelos explicativos, predictivos y prescriptivos para tomar mejores decisiones en las organizaciones (Lepeniotti et al, 2020).

En la analítica de negocios se usan, entre otras, herramientas de ciencia de datos, investigación operativa y aprendizaje de máquina. Y entre estas herramientas cabe la simulación. La analítica de negocios es una herramienta muy valiosa en general, pues permite, entre otras cosas, darles valor a los grandes volúmenes de datos que ahora se adquieren por diversas fuentes, ayudar a los administradores a entender la complejidad de las organizaciones y sistemas a su cargo, a realizar modelos computacionales de las compañías y sistemas para experimentar sobre ellos, mejorar el entendimiento y las implicaciones de la incertidumbre y el riesgo, evaluar *trade-offs* (concesiones mutuas) entre posibles cursos de acción con pros y contras en distintas dimensiones (costo, riesgo, utilidad, impacto, etc.), y, en última instancia, desarrollar un entendimiento más profundo de la organización (Geoffrion, 2001).

Cuando nos centramos en la resiliencia y los riesgos que afrontan las cadenas de abastecimiento todas estas ventajas que ofrece la analítica y sus técnicas cuantitativas cobran valor (Fahimnia et al, 2015).

Por un lado, experimentar sobre los sistemas reales (como una cadena de abastecimiento) resulta no solo complejo, si no imposible. Aquí son útiles los modelos de simulación (y también de otros tipos), que permiten experimentar a bajo costo y sin modificar el sistema real. Por otro lado, los eventos disruptivos son complejos y difíciles de predecir, tanto en ocurrencia como en consecuencias.

En otro orden de ideas, anticipar y cuantificar los efectos que distintos eventos disruptivos pueden tener en las cadenas de abastecimiento es de sumo valor, pues ayuda a entender qué le podría ocurrir a nuestra cadena de suministro ante algún evento particular como un desastre natural (inundación, sismo, temporada invernal, etc.) o antrópico (ataque terrorista, huelga, sabotaje informático, etc.). Esto también se logra con este tipo de modelos.

Pero este entendimiento no se queda allí. Cuando viene al caso mitigar los efectos de los eventos disruptivos es importante entender los *trade-offs* entre los distintos cursos de acción. Por ejemplo, desarrollar redundancia o flexibilidad en las cadenas de abastecimiento siempre han sido estrategias alternativas para hacerlas más resilientes. Sin embargo, cada estrategia trae sus costos y beneficios en el curso normal del negocio y al momento de enfrentar eventos disruptivos, por esto es importante evaluar y entender qué se gana y qué se pierde con cada una de ellas. Aquí, nuevamente, es relevante la modelación que permite la analítica en general y la simulación en particular.

## FUENTES

**Chris Mejía Argueta.** Es Ph. D. y máster en Ingeniería Industrial (Summa Cum Laude) por el Tecnológico de Monterrey. Director y fundador del Food and Retail Operations Lab en el Centro de Transporte y Logística del MIT. También es director de la red Scale para América Latina y el Caribe. Realiza investigación aplicada para empresas, gobierno y ONG desde hace 14 años en mercados emergentes.

**Juan G. Villegas.** Profesor titular del Departamento de Ingeniería Industrial e investigador senior del grupo Aliado (Analítica e investigación para la toma de decisiones de la Universidad de Antioquia). Es ingeniero de Producción de la Universidad EAFIT (2001), magister en Ingeniería Industrial de la Universidad de los Andes

(2004), magister en Matemática Aplicada de la Universidad EAFIT (2008), doctor en Ingeniería de la Universidad de los Andes (2011), Ph.D. en Optimización de Sistemas de Université de Technologie de Troyes, Francia (2011). Sus intereses de investigación incluyen la utilización de métodos de optimización en distintas aplicaciones, entre ellas la logística y cadenas de suministro, los sistemas de salud, los sistemas eléctricos y los reaseguros.

**Luis Miguel Restrepo G.** Es ingeniero informático de la Universidad EIA, especialista en Dirección de Operaciones y Logística y M. C. en Ingeniería de la Universidad EAFIT. Ingresó a Seguros SURA Colombia en 2013 y actualmente se desempeña como Director de Riesgos Logísticos y Marítimos.

**HAZ CLIC AQUÍ para conocer las referencias de este artículo.**

# Biodiversidad, medioambiente y salud

La salud del planeta = La salud de todos

Así como un efecto búmeran, el hombre recibe de la naturaleza beneficios o afectaciones dependiendo del impacto positivo o negativo que haya causado sobre el medioambiente. Algunas acciones pueden afectar el equilibrio de los ecosistemas con incidencias importantes sobre la sostenibilidad de la vida y la salud humana.

Con el aumento de la población, la urbanización, la deforestación y las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), entre otros, la huella ecológica de los seres humanos se ha incrementado en los últimos años y como consecuencia se ha generado una mayor contaminación del aire, el agua y el suelo, la aceleración del cambio climático y la pérdida de biodiversidad, entre otros. En general, este desequilibrio de los ecosistemas tiene un impacto directo en la salud de las personas.

Ante este panorama, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha identificado enfermedades concretas que surgen como resultado de la exposición a ciertos factores de riesgo ambiental. Información que debe conocerse para tomar acciones en pro de la protección.

## PRINCIPALES ENFERMEDADES ATRIBUIBLES A RIESGOS AMBIENTALES

■ Riesgos ambientales causantes de la enfermedad

### Diarrea

■ Calidad del agua, servicios de saneamiento y deficiencias de higiene.

### Accidentes de tránsito

■ Deficiencias en la planificación urbana. Infraestructura insuficiente para peatones y ciclistas.

### La neumopatía obstructiva crónica

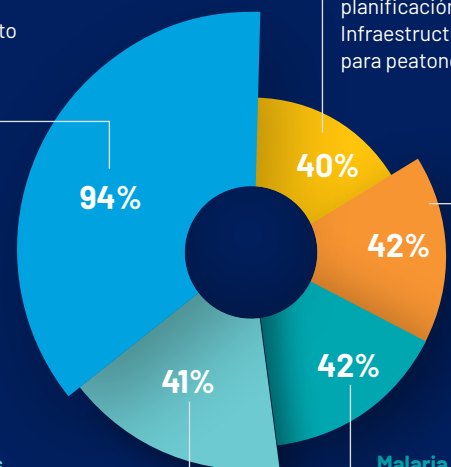
■ Exposición al polvo, humo y la contaminación del aire en general.

### Infecciones respiratorias

■ Contaminación del aire.

### Malaria

■ Abastecimiento deficiente de agua.



Adaptado de "Prevención de enfermedades a través de entornos saludables: hacia una estimación de la carga ambiental de enfermedades. OMS".

En su informe "Preventing Disease Through Healthy Environments" la OMS indica que el 24% de las enfermedades están relacionadas con riesgos ambientales evitables, haciéndose necesaria la acción conjunta entre gobierno, personas y empresas para mejorar el medioambiente y obtener beneficios en la salud y aumento en la esperanza y calidad de vida.

La conciencia que el mundo viene tomando acerca de la necesidad de generar algunos cambios en su comportamiento y formas productivas sin afectar el medioambiente ni poner en riesgo la economía ni el bienestar, de las personas, permite que hoy se hable con mayor frecuencia del término "sostenibilidad" y que de manera global se esté trabajando en ello con resultados favorables evidentes.

**Cada aporte suma**  
Las acciones particulares para la protección del medioambiente son de gran valor y tienen una alta retribución en términos de salud.

## DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL PARA REDUCIR EL DETERIORO DE LA SALUD

La relación entre la contaminación atmosférica y la salud es cada día más evidente. De acuerdo con el informe "Preventing Disease Through Healthy Environments", de 2015, la contaminación del aire a nivel mundial es el factor de riesgo ambiental que más contribuye con el deterioro de la salud y expectativa de vida.

La forma en que la salud humana se ve afectada por la contaminación del aire se debe a que el material particulado suspendido en el aire y proveniente de emisiones, como las de los vehículos y de la industria, entre otras, es inhalado y depositado en el sistema respiratorio, produciendo algunas enfermedades como consecuencia.

El aire que respiran los seres humanos en las ciudades está compuesto por una mezcla de partículas

líquidas y sólidas entre las que se encuentran nitratos, amoníaco, sulfatos, polvo de minerales, cloruro sódico, carbón, cenizas metálicas y agua. Este material particulado suspendido en el aire se categoriza según su tamaño, distinguiéndose como PM2.5, que son partículas con un diámetro menor a 2.5 micras (100 veces más delgado que un cabello humano); y PM10, aquellas que van desde 2.5 hasta 10 micras.

El caso de las partículas PM2.5 es el que mayor riesgo representa para la salud debido a que son tan finas que cuentan con una gran capacidad de penetrar en las vías respiratorias y llegar incluso al torrente sanguíneo, provocando diversas enfermedades tales como afecciones respiratorias, cardiovasculares y cáncer, entre otras.

Por su parte, las partículas PM10 no son inhaladas de manera profunda y por esta razón, en general, son expulsadas eficazmente a través de las mucosidades.

## ALGUNAS ENFERMEDADES ATRIBUIBLES A LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA:



Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC).



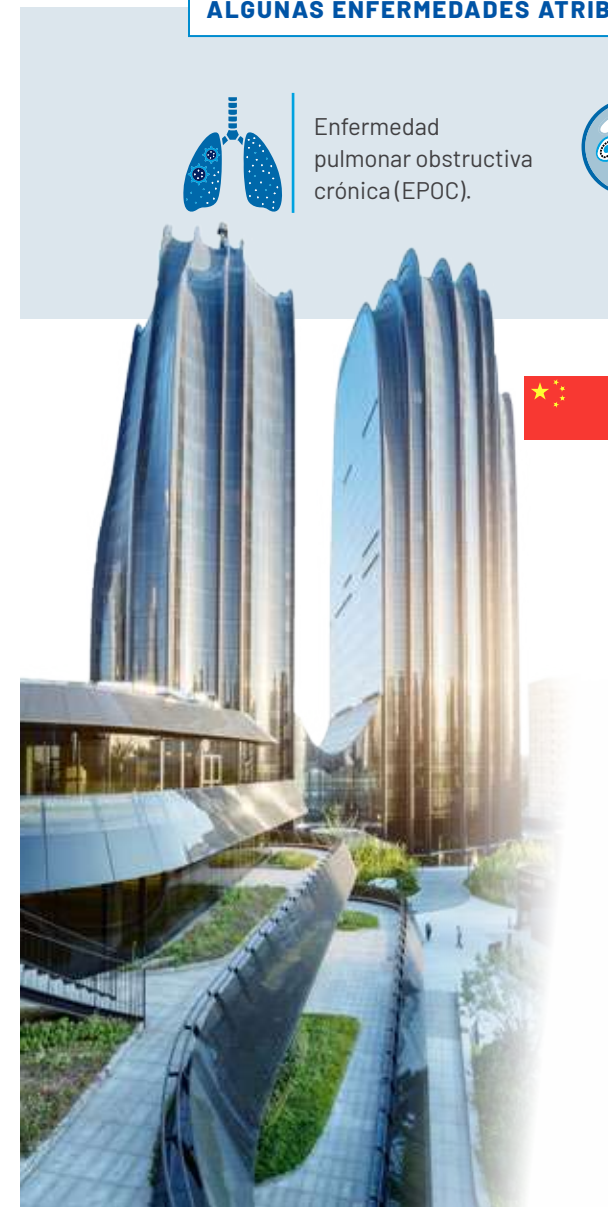
Cáncer de pulmón.



Cardiopatía isquémica (infartos cardíacos).



Accidentes cerebrovasculares.



### China aumenta la expectativa de vida reduciendo la contaminación

La contaminación ambiental ha encontrado en China uno de sus más ferreos rivales. Para el año 2014, el gobierno chino puso en marcha el plan nacional de calidad del aire que obligaba a las diferentes ciudades a reducir su contaminación al menos en un 10% con relación a la emisión de partículas finas; sin embargo, ciudades como Pekín lograron al cabo de cuatro años reducir hasta un 35% estas emisiones. Este titánico logro fue conseguido con la inclusión de algunas políticas radicales como la prohibición de nuevas centrales de generación térmica, restricción en la cantidad de autos y reducción en actividades altamente contaminantes como la producción de acero, entre otros. Como consecuencia en la salud, algunas investigaciones estiman un incremento aproximado en la expectativa de vida entre dos y cinco años para esta población.

### FRENAR EL CAMBIO CLIMÁTICO: UN RETO PARA NUESTRO BIENESTAR

A partir de la revolución industrial las altas concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera han logrado incrementar la temperatura global 1 °C y continuaría aumentando hasta 3 °C para finales de este siglo si no se toman acciones. Estas desviaciones en el comportamiento natural del clima traen consecuencias sobre la salud y el bienestar de las personas; razón de peso para trabajar en el cuidado del planeta.

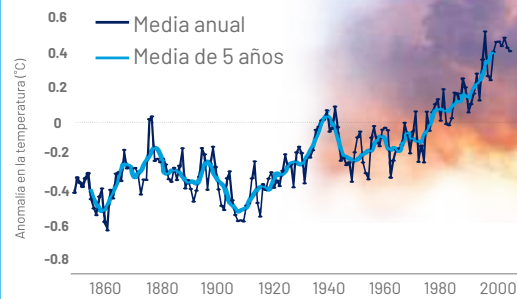


## ALGUNAS DE LAS MANIFESTACIONES DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y SU RELACIÓN CON LA SALUD

### Calentamiento global

En el año 2020, Europa registró la ola de calor más fuerte de la última década, con temperaturas récord de 45 °C que ocasionaron un estrés térmico similar al de 2003 con consecuencias para la salud y la vida.

### Variación de temperaturas entre 1850 y 2005



Esta imagen muestra el registro instrumental de las temperaturas medias globales compilado por la Unidad de Investigación Climática de la Universidad de East Anglia y el Centro Hadley de la Oficina Meteorológica del Reino Unido.



### Huracanes

Aunque estos fenómenos no dependen del cambio climático es evidente que este sí ha modificado aspectos como frecuencia e intensidad. Con el paso de un huracán, además de ocasionar lesiones físicas, mentales, traumatismos y ahogamientos, surgen también enfermedades asociadas con brotes epidemiológicos como el cólera, el dengue, la malaria y la leptospirosis debido a la contaminación de alimentos y del agua, así como la proliferación de mosquitos y roedores. Un claro ejemplo del impacto de estos fenómenos fue el huracán Mitch en 1998, pues, de acuerdo con datos de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), quintuplicó las cifras de cólera en países como Guatemala y Nicaragua.



### Inundaciones y sequías

Los patrones de precipitaciones en el planeta se han venido modificando, principalmente, por las emisiones de gases de efecto invernadero que pueden ocasionar fuertes lluvias o intensas sequías que de una u otra manera afectan la salud humana.

Las inundaciones son el riesgo natural más frecuente y severo que generan consecuencias sanitarias directas. Ante inundaciones súbitas, por su potencial destructivo y gran velocidad de flujo, es posible esperar desde lesiones físicas y ahogamientos, hasta consecuencias sanitarias y epidemiológicas.

Por su parte, las sequías prolongadas también tienen implicaciones directas en la salud humana. Algunas de sus consecuencias son:

**Enfermedades respiratorias** como la neumonía y la bronquitis que surgen como consecuencia del deterioro de la calidad del aire.

**Deficiencias nutricionales** derivadas del déficit en la provisión de alimentos al afectarse los cultivos y la ganadería.

**Déficit de agua potable.** El agua potable es un elemento vital que lleva nutrientes a las células, mantiene la hidratación corporal, ayuda a la digestión, elimina residuos y conserva la salud renal, regula la temperatura corporal y el metabolismo y es clave en la higiene para la prevención de enfermedades. Es por esto que su escasez afecta la salud humana.



### Principales enfermedades infecciosas en Centroamérica antes y después del huracán Mitch



Construido con información de la OPS

**Fuente de infección principal:** agua y alimentos contaminados. Los datos reportados antes del huracán corresponden al promedio semanal durante 1998 y los obtenidos después del huracán corresponden a los dos meses posteriores a este.

### TECNOLOGÍA + EL APOORTE DE TODOS CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO

La comunidad científica internacional indica que para la estabilización del cambio climático no solo se deben evitar las emisiones de GEI, sino que, además, se deben extraer de la atmósfera volúmenes importantes de estas sustancias. La buena noticia es que ya hay un camino recorrido. El investigador David Keith en conjunto con las universidades de Carnegie Mellon y Calgary, desarrollaron un método para extraer el CO<sub>2</sub> de la atmósfera a un precio razonable y con fines comerciales para hacerlo viable y motivar la inversión hacia la sostenibilidad. Con base en esta técnica se ha creado una compañía que en su fase experimental ha logrado

la conversión de una tonelada de CO<sub>2</sub> a combustible por un costo que llega hasta los 94 dólares. Esta prueba ha permitido estimar que con plantas como la creada en este experimento es posible extraer hasta un millón de toneladas de CO<sub>2</sub> al año por planta.

### Las metas

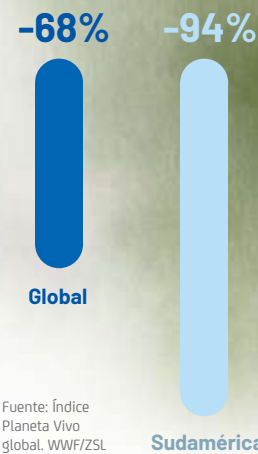
Con el objetivo de estabilizar el calentamiento global en tan solo 1.5 °C por encima de la época preindustrial, es necesario que las emisiones globales de CO<sub>2</sub> se reduzcan para el año 2030 un 45%, con relación al año 2010, y extraer alrededor de un billón de toneladas de CO<sub>2</sub> de la atmósfera para el año 2080, según lo indica el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio Climático "Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)".

### BIODIVERSIDAD PARA EL EQUILIBRIO

La biodiversidad es fundamental para el bienestar humano, a tal punto que garantiza la supervivencia y determina el equilibrio de los ecosistemas, hace referencia a la variedad de organismos vivos, a la existencia de diversos hábitats e incluso a la interacción de las diferentes especies en su ambiente.

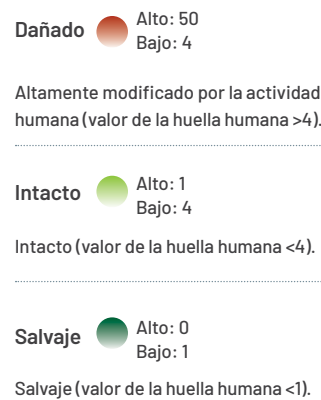
Con el propósito de trabajar para la conservación del medioambiente natural, desde 1970 se viene realizando en el mundo la medición de la biodiversidad mediante un índice conocido como Planeta Vivo (IPV). Este índice, en su informe de 2020, indica que en 50 años de medición se ha presentado una disminución del 68% de las especies animales a nivel mundial y del 94% en Sudamérica y el Caribe, debido, principalmente, a la degradación de los hábitats por la forma en que actualmente se producen los alimentos.

Reducción de biodiversidad animal entre 1970 y 2020



Fuente: Índice Planeta Vivo global. WWF/ZSL (2020).

### Proporción de cada bioma terrestre (excluyendo la Antártida)



Fuente: adaptado de Williams, B.A. et al. (2020)32.

Para el caso de la biodiversidad vegetal se estima que una de cada cinco especies se encuentra en peligro de extinción. Mediante imágenes satelitales se ha realizado un seguimiento a los cambios que ha sufrido el planeta debido a las acciones antrópicas (acciones provocadas por el hombre).

Los biomas terrestres representan grandes comunidades ecológicas que se extienden por el planeta. Comparten un determinado clima, vegetación y fauna similares.

Fuente: WWF. Informe Planeta Vivo 2020.

### SERVICIOS PRESTADOS POR LA NATURALEZA QUE FAVORECEN EL BIENESTAR DEL SER HUMANO Y SU TENDENCIA A INCREMENTARSE O DETERIORARSE

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Creación y mantenimiento de hábitats.</li> <li>Polinización y dispersión de semillas y otros propágulos.</li> <li>Regulación de la calidad del aire.</li> <li>Regulación del clima.</li> <li>Regulación de la acidificación de los océanos.</li> <li>Regulación de la cantidad, ubicación y duración del agua dulce.</li> <li>Regulación de la calidad del agua dulce y marina.</li> <li>Formación, protección y descontaminación de suelos y sedimentos.</li> <li>Regulación de eventos peligrosos y extremos.</li> <li>Regulación de organismos perjudiciales y procesos biológicos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Energía.</li> <li>Alimentos y piensos (alimentos para animales).</li> <li>Materiales y asistencia.</li> <li>Recursos medicinales, bioquímicos y energéticos.</li> </ul> |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Aprendizaje e inspiración.</li> <li>Experiencias físicas y psicológicas.</li> <li>Apoyo a las entidades.</li> <li>Mantenimiento de opciones.</li> </ul>                 |


Tendencia mundial (50 años) Disminución (↓) Incremento (↑) Niveles de certeza: Bien establecido (●), Establecido pero incompleto (●), Sin resolver (●)













Tendencias globales desde 1970 hasta nuestros días de las 18 categorías de las Contribuciones de la Naturaleza a las Personas: 14 de las 18 categorías analizadas han sufrido un descenso desde 1970. Adaptado de Díaz, S. et al. (2019)41, IPBES (2019)26.



**MEDIDAS DE GESTIÓN Y PROTECCIÓN DEL MEDIOAMBIENTE PARA EL BENEFICIO DE LA SALUD**

 <b>Acciones personales y de hogar</b>	 <b>Acciones gubernamentales</b>	 <b>Ciencia y tecnología</b>	 <b>Industria</b>	 <b>Impacto positivo sobre la salud</b>
--	--	--	---	--


















**GESTIONES PARA LA PROTECCIÓN DEL MEDIOAMBIENTE**

- Promoción y uso del transporte público sostenible. 
- Promoción e implementación de energías renovables y limpias. 
- Fomento y apoyo a la agricultura sostenible. 
- Ahorro y gestión eficiente de la energía empleada. 
- Consumo de productos locales para desincentivar importaciones y emisiones asociadas. 
- Patrocinio de proyectos de investigación y diseño de políticas para la reducción de GEI provenientes de la industria y del uso de vehículos. 
- Educación en conductas sostenibles. 
- Implementación de la tecnología para la protección de bosques y reforestación. 
- Investigación e implementación de proyectos para la captura y aprovechamiento del CO<sub>2</sub> emitido. 
- Reemplazar combustibles fósiles por energías limpias. 

**Beneficios de la gestión para la protección del medioambiente:**

Disminución de las enfermedades respiratorias, los índices de cáncer asociados, enfermedad y muerte por EPOC, accidentes cerebrovasculares y tasas de enfermedad y letalidad por cardiopatía isquémica.

**GESTIONES PARA LA PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD**

- No adquirir fauna ni flora silvestre. 
- No introducir especies ajenas a sus áreas de origen. 
- Adquirir hábitos de protección del medioambiente y fomentarlo en familia. 
- No realizar quemas o fogatas en ambientes naturales. 
- Expansión de las áreas protegidas. 
- Inversiones en la restauración de ecosistemas afectados. 
- Planes de ordenamiento territorial orientados a la conservación del medioambiente y áreas naturales. 
- Patrocinio de proyectos para la conservación biológica. 
- Creación de mecanismos de control y vigilancia y protección de áreas. 
- Políticas de agricultura sostenible. 
- Políticas de explotación sostenible de recursos naturales. 
- Regulación, diseño e implementación de métodos de disposición o aprovechamiento adecuado de desechos o residuos. 
- Creación e implementación de herramientas y métodos para el diagnóstico de los índices de biodiversidad. 
- Desarrollo de herramientas tecnológicas para la extinción de incendios forestales. 
- Desarrollo genético para la reproducción de especies reducidas o en vía de extinción. 
- Desarrollo tecnológico para la reforestación. 
- Implementación de procesos productivos sostenibles. 

**Beneficios de la gestión para la protección de la biodiversidad:**

Disminución de las tasas de deficiencias nutricionales, aprovisionamiento de agua limpia, reducción de enfermedades derivadas de la hidratación e higiene, aprovisionamiento de medicinas derivadas de las plantas, disminución del riesgo de contraer enfermedades infecciosas debido al equilibrio en el número de especies controladoras de organismos patógenos y regulación del clima y disminución de enfermedades asociadas.

**LOGROS ALCANZADOS EN LA PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD**



**Recuperación de especies en vía de extinción en África**

El establecimiento y la gestión efectiva de las áreas protegidas y redes de corredores ecológicos, la restauración de ecosistemas degradados, el control de especies exóticas invasoras y la reintroducción de animales silvestres han favorecido la recuperación de especies en peligro de extinción; ejemplos de esto es el caso del rinoceronte negro que se recupera a una tasa del 2.5% anual; las ballenas jorobadas, que han pasado de 600 individuos en la década de los 70 a 30.000 ejemplares en el 2018; y países como Gabón y República del Congo, que han logrado la estabilización de la población del elefante africano, controlando la caza furtiva y promulgando leyes conservacionistas.

**Protección de áreas protegidas**

En la actualidad se ha logrado proteger el 14.7% de las tierras del planeta y el 10% de sus aguas territoriales. El próximo desafío es continuar aumentando la extensión de áreas protegidas, haciendo énfasis en la calidad de la protección y la conexión de dichas áreas con el fin de favorecer la reproducción de distintas especies animales.

**Políticas de conservación en Europa y Asia**

Se han propuesto algunas políticas de gobierno para la conservación de la biodiversidad entre las que se destaca evaluar el bienestar nacional más allá del PIB e incluir las contribuciones de la naturaleza a las personas, vincular la conservación de la biodiversidad con las normas de derechos humanos y crear instrumentos políticos para motivar el cambio del comportamiento de las personas tendiente a favorecer el desarrollo sostenible.



**FUENTES**

**Jennifer Andree Uribe Montoya.** Profesional en Enfermería, Especialista en Gerencia de Servicios de Salud y M.Sc. en Salud Pública. En la actualidad ocupa el cargo de Secretaria de Salud de la Ciudad de Medellín.

**Juan David Rendón Bedoya.** Ingeniero civil, especialista en estructuras de la Universidad Nacional de Colombia. Cuenta con experiencia en el diseño estructural de edificaciones y de obras civiles para la infraestructura energética. Actualmente se desempeña como docente universitario en el área del Análisis y Diseño Estructural y hace parte del equipo de Geociencias de Suramericana, realizando estudios para la gestión de riesgos de la naturaleza.

**HAZ CLIC AQUÍ para conocer las referencias de este artículo.**

# Aprendizajes ambientales en pandemia

El COVID-19 se convirtió en un impulso para replantear la relación de la humanidad con la naturaleza, y ha hecho evidente la necesidad de ser resilientes, de impulsar la innovación e investigación y generar cooperación entre los seres humanos.

Como todo hito histórico en el que se marca un antes y un después, la humanidad ha sido testigo de diferentes transformaciones sobre la forma como nos relacionamos, habitamos y subsistimos, pero particularmente de los cambios que ha evidenciado la naturaleza a causa del confinamiento forzoso y que, de alguna manera, han generado impactos positivos y negativos que traen consigo oportunidades para fortalecer el progreso y cuidar del planeta.

Es importante entender que los impactos positivos asociados a este tipo de medidas contingentes son temporales, y para que sean realmente perdurables en el tiempo, deben establecerse acciones de recuperación económica y social que funcionen tanto para las personas como para el medioambiente.

## IMPACTOS AMBIENTALES EVIDENTES

Desde la tierra hasta el océano, la naturaleza esta interconectada en todas sus formas de vida, es por esto que los cambios en los comportamientos y patrones de consumo de las personas, empresas y gobiernos, evidenciados

durante los meses de confinamiento, generaron impactos directos en los diferentes rincones del planeta.

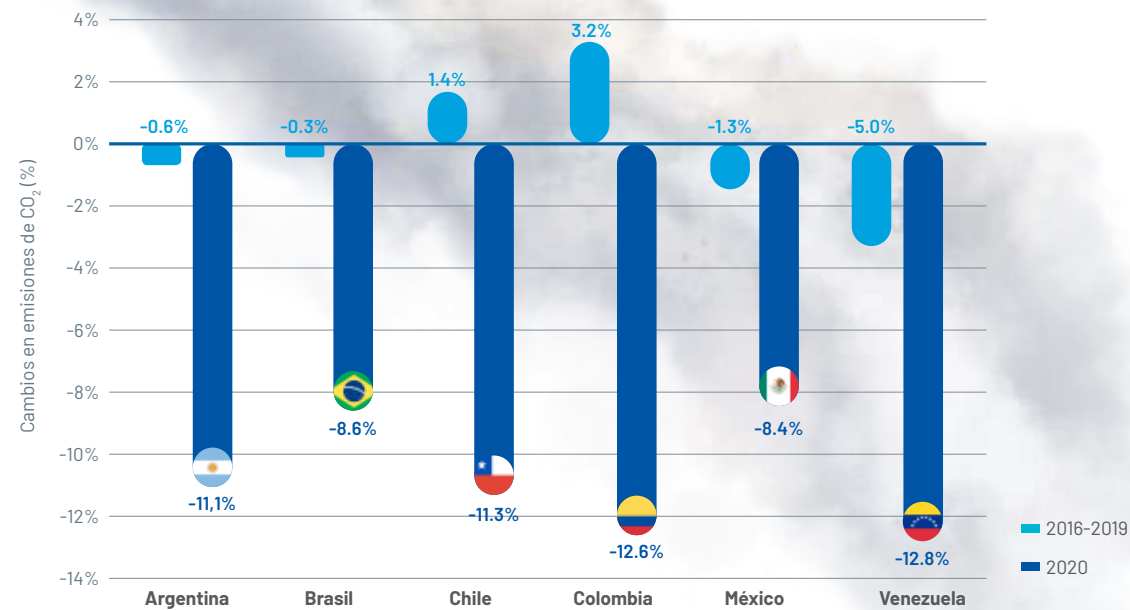
### Reducción de emisiones globales de CO<sub>2</sub>

El cierre de fronteras y fábricas, la reducción de la movilidad aérea y el confinamiento forzoso en los hogares favorecieron una reducción del 17% en las emisiones globales diarias de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a principios de abril de 2020, respecto a los niveles medios de 2019.

En el caso de China, durante las últimas tres semanas de febrero del 2020 se emitieron 150 millones de toneladas métricas (mtm) de CO<sub>2</sub> menos que en el mismo período durante el 2019; es decir, el equivalente a todo el dióxido de carbono que emite una ciudad como Nueva York durante un año.

Los países latinoamericanos, por su parte, también evidenciaron reducciones en sus emisiones de CO<sub>2</sub>. La siguiente gráfica muestra las variaciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> en algunos países durante el período 2016-2019 y el año 2020, en comparación con las generadas durante el período 2011-2015. En este caso se identifican mayores reducciones durante el año 2020, debido a las restricciones por el COVID-19.

Cambios en emisiones de combustibles fósiles (CO<sub>2</sub>) desde la adopción del Acuerdo de París



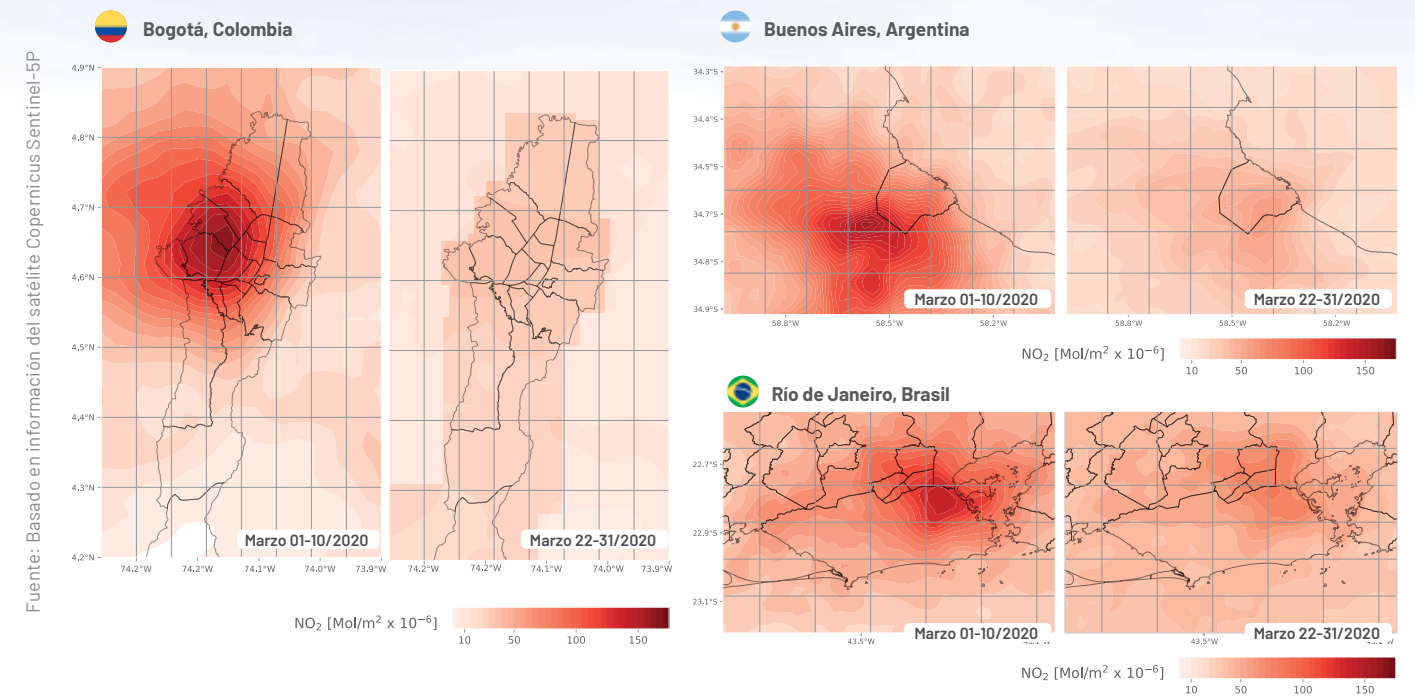
Fuente: Datos obtenidos de Le Quééré et al., Nature Climate Change, 2021.

### Mejor calidad de aire

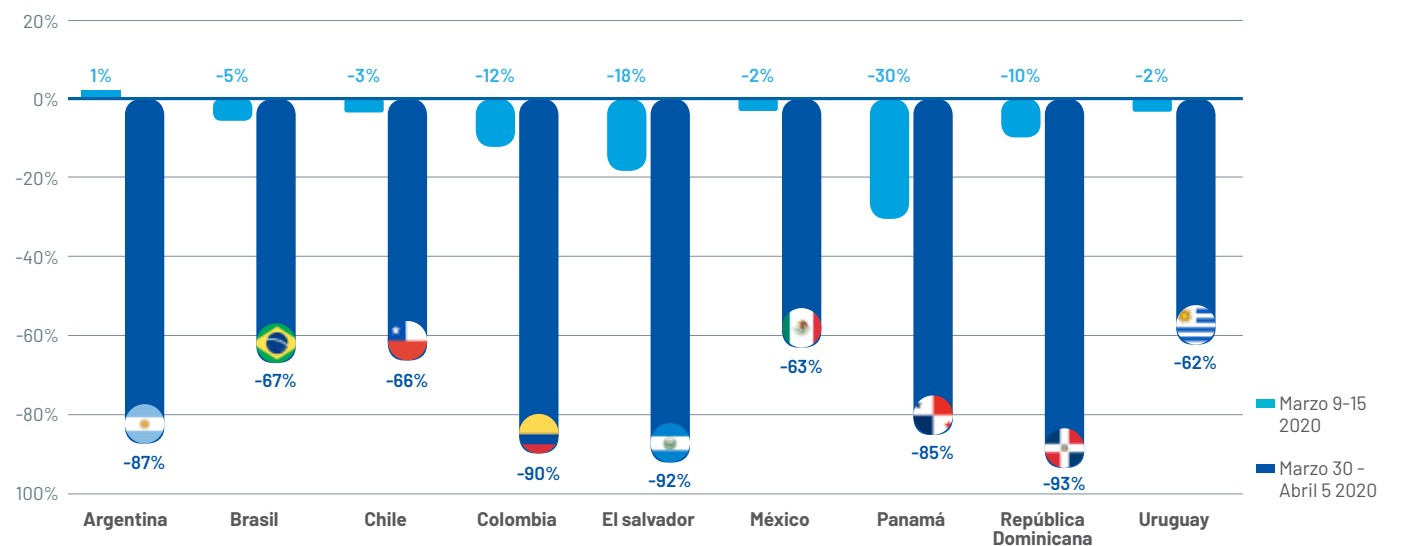
La atmósfera tóxica de color amarillento y olor penetrante que genera el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), que envolvía ciudades como Buenos Aires, Bogotá y Río de Janeiro, disminuyó drásticamente durante el confinamiento. Este gas contaminante, que permanece en la atmósfera alrededor de 12 horas, es generado por las emisiones vehiculares y las industrias. Durante el confinamiento, la mitad de la disminución de este gas se debió a los cambios en el transporte terrestre.

**Las ciudades no deberían depender de una pandemia para respirar aire de calidad.**

Cambio en los niveles de concentración de NO<sub>2</sub> en la atmósfera de diferentes ciudades por el confinamiento



Cambios en la intensidad de la congestión del tráfico vehicular por país en LATAM



Nota: Variaciones en la intensidad de la congestión del tráfico vehicular en comparación con la semana del 2 al 8 de marzo del 2020. En este caso se identifica menos congestión durante la semana del 30 de marzo al 5 de abril, debido a restricciones más rigurosas por el COVID-19.

Fuente: Inter-American Development Bank

### Impactos en la calidad y en la demanda del agua

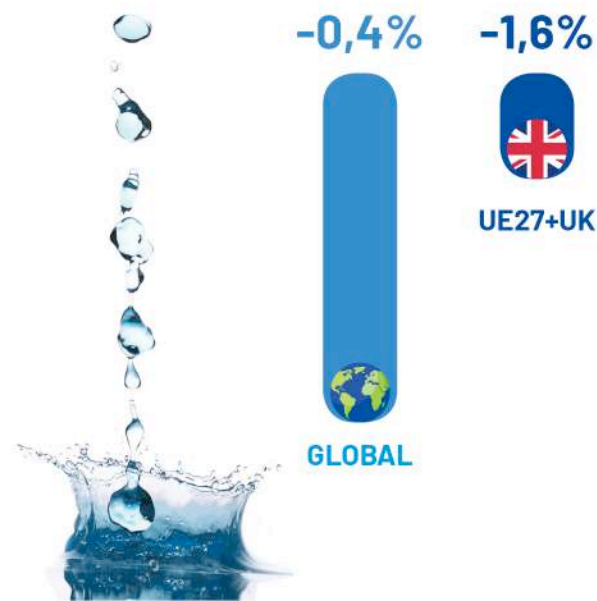
En ciudades como Venecia, las medidas de confinamiento lograron limitar los desplazamientos de barcos, lo cual propició la mejoría en la calidad del agua local, la aparición de especies y la disminución de la contaminación química a causa de los hidrocarburos. Por otro lado, también se evidenció la caída en el consumo global de agua, específicamente en el sector primario, debido a las afectaciones económicas del sector que llevaron a reducciones significativas del uso de este recurso.



La imagen satelital muestra un cambio en el color del agua y la disminución del tráfico de barcos en Venecia en abril del 2020 en comparación con abril del 2019. Se aprecia cómo los canales se encontraban casi vacíos durante la época de confinamiento y cómo la coloración del agua cambió, lo cual está relacionado con la disminución de la carga contaminante.



Fuente: www.esa.int



▼ Cambios en el consumo de agua a nivel global y en los países de la Unión Europea y Reino Unido (UE27+UK) durante el confinamiento total en Europa en 2020.

Fuente: Datos obtenidos de base de datos EXIOBASE 3.7 y Spring forecast 2020 (CE 2020a).

### IMPACTOS AMBIENTALES NO EVIDENTES

Dentro de las acciones desencadenadas por el COVID-19 se evidencian impactos indirectos que también influyen en la gestión medioambiental.

#### Fragmentación de las cadenas de suministro de tecnologías verdes

Las tecnologías verdes, también son conocidas por ser no contaminantes, son aquellos bienes y servicios que mejoran la calidad del aire, del agua, del suelo y que ayudan en la gestión de recursos y residuos; en términos generales, van alineadas con la gestión y protección del medioambiente. Sin embargo, las cadenas de suministro relacionadas con las tecnologías verdes, como las baterías para vehículos eléctricos y los paneles solares, se deterioraron a raíz del cierre de fábricas y de fronteras, así como por la fuerte caída en la demanda durante la pandemia.



#### Cambios en la gestión de residuos y desechos

Como consecuencia de la pandemia se generó un aumento acelerado de los desechos de productos de un solo uso, de desinfectantes, detergentes y residuos peligrosos. A esta situación se suma que existió una reducción del reciclaje de estos residuos por miedo al contagio. Como solución a esta problemática se plantea la identificación de legislaciones relacionadas con la gestión de residuos y su adaptación a las necesidades generadas por el COVID-19, así como invertir en la construcción de sistemas eficaces de gestión de residuos.

Países como Nueva Zelanda proponen iniciativas que proporcionan fondos para la eliminación progresiva de los plásticos y reafirman el interés en el aumento y expansión del impuesto por eliminación de residuos, que actualmente ya existe. Por su parte, Islandia trabaja en proyectos para disminuir la contaminación de los ecosistemas marinos mediante la prohibición del consumo de plásticos de un solo uso.

**Esfuerzos mundiales para proteger la biodiversidad y poner fin al comercio ilegal de vida silvestre**

A causa del COVID-19 se generó una conciencia para trabajar frente a amenazas zoonóticas (enfermedades transmitidas de animales a humanos). Diferentes organizaciones internacionales mencionan la importancia de crear nuevas políticas y normativas para cerrar el comercio ilegal de vida silvestre, el cual es la segunda amenaza para la biodiversidad (después de la destrucción del hábitat), con el objetivo de alcanzar una gestión sostenible y la conservación de los ecosistemas naturales.

*Resiliencia, sin duda, es la palabra más acuñada por todos como consecuencia de la actual contingencia. Así, ante el reto de superar la crisis económica derivada de la emergencia sanitaria que estamos viviendo, la sostenibilidad medioambiental debe ser entendida como una aliada y no como un obstáculo.*



**Presión sobre los bosques y otros ecosistemas**

A pesar del aislamiento de las personas por el virus, fenómenos como la deforestación y la minería irregular no se detuvieron. Según información del Instituto Nacional de Investigación Espacial de Brasil (INPE), durante el primer semestre del 2020 la selva amazónica de este país perdió más de 3.000 kilómetros cuadrados debido a la deforestación, lo que equivale a un 26% más en comparación con la misma temporada del 2019.

Al respecto, María Alejandra Vélez Lesmes, doctora en Economía de Recursos Naturales de la Universidad de Massachusetts, docente de la Universidad de los Andes, enfatiza que “en el tema de la deforestación, países como Colombia ya venían con una tendencia al alza durante los primeros meses del 2020, donde la cuarentena no ayudó a revertir esta tendencia, sino que por el contrario ayudó a profundizarla, debido a la disminución en el monitoreo en áreas estratégicas en términos ambientales”.



**RECUPERACIÓN POS-COVID: POSIBLES ESCENARIOS**

El COVID-19 trajo implicaciones no solo en la salud, sino también en la economía, en los ecosistemas y en el bienestar de las personas y las especies. La alteración de la oferta y la demanda de muchos bienes y servicios, la caída de los precios y la reducción de la inversión a causa de la pandemia generó la disminución en el comercio y en los ingresos nacionales.

Estas situaciones conducen a planteamientos que permitan una adecuada reactivación económica que tenga en cuenta la protección de los ecosistemas, para lo cual se deben establecer pactos y regulaciones para el cuidado del medioambiente, que dependerán de la voluntad política de las naciones; políticas que, según su esencia, pueden apuntar a dos escenarios posibles.



**ESCENARIO 1**

**EFECTO REBOTE DEL COVID-19**

El efecto rebote puede darse cuando el uso de recursos no se reduce como se esperaba después de un comportamiento específico. Se teme que por lograr una rápida recuperación social y económica se establezcan medidas de reactivación económica que generen aumento de emisiones contaminantes por encima de los promedios históricos.

*La Agencia Internacional de la Energía (AIE) pronosticó que para finales del 2021 las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía se recuperarán en un 4,8% con el aumento de la demanda de carbón, petróleo y gas en la economía.*

En China, según el centro de investigaciones ambientales Global Energy Monitor, durante las tres primeras semanas de marzo de 2020 se aprobaron las operaciones de plantas impulsadas a carbón en una mayor cantidad de lo que se permitió en todo 2019.

En este escenario se ponen en riesgo los planes climáticos y las campañas de educación y sensibilización ambiental. La necesidad de reestablecer rápidamente la economía conlleva a diferentes gobiernos a pensar en la posibilidad de rescatar a empresas contaminantes y dejar que vuelvan al uso intensivo del carbono como una medida para arreglar la economía. Una de las posibilidades en este escenario es la flexibilización de las normas ambientales, como por ejemplo eliminar las sanciones a las industrias contaminantes o la simplificación de trámites urbanísticos y ambientales.



## ESCENARIO 2

### RECUPERACIÓN VERDE DE LA ECONOMÍA

“El nivel de endeudamiento de los gobiernos por rescatar la economía de sus países limitará su capacidad de acción en la próxima década. Por esta razón, la recuperación económica debe tener en su centro soluciones que sean duraderas, resilientes y sostenibles con el medioambiente”, advierte Gustavo De Vivero, analista de políticas climáticas del Instituto NewClimate de Alemania, quien hace parte del grupo que evalúa en qué medida los países reducen las emisiones de gases de efecto invernadero.

**Al implementar nuevos sistemas de energía puede generarse un incremento del PIB mundial de 2.4% para el 2050, adicionando 42 millones de empleos en el mundo.**

Agencia Internacional de Energías (IRENA, por su sigla en inglés)

**Una recuperación verde puede reducir hasta 25% las emisiones esperadas en 2030, según las políticas vigentes antes del COVID-19.** Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

Una recuperación verde tiene en cuenta la crisis climática, de contaminación y de biodiversidad al mismo tiempo. Se espera, entonces, que en el panorama posterior a la pandemia los gobiernos emitan diferentes paquetes de estímulos y reformas fiscales para apoyar la creación de empleos, la reducción de la pobreza, y el desarrollo y crecimiento económico, lo cual se convierte en una oportunidad para abordar los objetivos ambientales mediante acciones e inversiones verdes como el apoyo a infraestructuras y tecnologías de cero emisiones y el impulso a soluciones basadas en la naturaleza, como lo son la reforestación y restauración de paisajes. Sin embargo, dichos estímulos por sí solos no serán suficientes para lograr de manera exitosa una transición verde; para esto se necesitarán ajustes en los precios del carbono, la eliminación de nuevas plantas de carbón y una reestructuración de los subsidios e incentivos enfocados en la industria verde.



#### APRENDIZAJES Y PAÍSES QUE SON EJEMPLO Panamá frente a la creación de empleos verdes

Con el propósito de disminuir la huella de carbono, el Consejo Nacional de la Empresa Privada (CONEP) de Panamá, hace un especial énfasis en los empleos verdes mediante la implementación de un portafolio de inversiones verdes, tanto por áreas geográficas como por sectores productivos, con lo cual se puede dimensionar el nivel de financiamiento que se requiere.

#### Colombia, recuperación agrícola y forestal

El país se ha esforzado en enfocar su recuperación en la reforestación y la agricultura sostenible, y desde el Gobierno se ha establecido la meta de sembrar 180 millones de árboles. Asimismo, los fondos están creados para que sean usados en técnicas agrícolas para rehabilitación de suelos y ecosistemas. Adicionalmente, el Gobierno plantea establecer regulaciones mineras más estrictas para garantizar la conservación y el manejo sostenible de los ecosistemas.

#### Economía circular en Chile

El país centró sus planes de recuperación en el cambio climático, el desarrollo inclusivo y la resiliencia, y busca cumplir con los compromisos ya adquiridos en Desarrollo Sostenible para el 2030. Asimismo, creó una Hoja de Ruta de Economía Circular para el 2040, que busca un cambio profundo en las formas de producción y consumo.

#### PACTOS GLOBALES QUE APALANCAN UNA REACTIVACIÓN SOSTENIBLE

Desde la etapa inicial de la pandemia, las Naciones Unidas resaltaron la importancia de generar una cooperación internacional, con el fin de disminuir los impactos del COVID-19, lograr una reestructuración de la economía mundial y desacelerar el cambio climático.

Existen pactos establecidos antes de la emergencia del COVID-19 como lo son el Acuerdo de París sobre el cambio climático y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales determinan lineamientos y herramientas a partir de los cuales se podría apalancar una recuperación económica eficiente y sostenible.

El Acuerdo de París centra sus acciones en construir un futuro sostenible con bajas emisiones de carbono; para ello cada país se compromete a reducir sus emisiones y desarrollar estrategias para combatir el cambio climático durante las siguientes décadas. Asimismo, se establece la importancia del aumento de la capacidad de adaptación frente al cambio climático.

Por otro lado, los ODS son un llamado urgente a la acción de todos los países desarrollados y en desarrollo, en una asociación global que le apunta a metas como erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para el año 2030; en este caso se vuelve realmente relevante la acción del gobierno, la sociedad y el sector privado.

ODS MEDIOAMBIENTE\*

-  **3** | Salud y bienestar
-  **6** | Agua limpia y saneamiento
-  **7** | Energía asequible y no contaminante
-  **11** | Ciudades y comunidades sostenibles
-  **12** | Producción y consumo responsable
-  **13** | Acción por el clima
-  **15** | Vida de ecosistemas terrestres

\*De los 17 ODS, 7 están enfocados en medio ambiente.

## OPORTUNIDADES POS-COVID PARA EL CUIDADO DEL MEDIOAMBIENTE

Algunas oportunidades ambientales, como el uso eficiente de recursos, la restauración de la biodiversidad y la reducción de la contaminación, empezaron a impulsarse a partir de las acciones durante el COVID-19, donde el éxito de su implementación a largo plazo depende del lugar y el momento donde se lleve a cabo.

### Cambios en el comportamiento y hábitos de las personas

La capacidad económica de las personas, afectada por el coronavirus, y la toma de conciencia alrededor de los temas ambientales, son claves para lograr cambios de comportamiento por parte de los consumidores, lo cual puede facilitar que los impactos ambientales positivos evidenciados durante el confinamiento se vuelvan permanentes.

Uno de los cambios generados durante las cuarentenas fue la forma de abastecimiento de las personas en diferentes países de la región; en el caso de Colombia los domicilios aumentaron 505% en el período de confinamiento, respecto a la época prepandemia. Mientras que las personas que preferían ir directamente a comprar sus productos lo hicieron, en muchos casos, caminando.

Es importante tener en cuenta que el comportamiento y los hábitos de las personas relacionados con la dieta, el modo de transporte, el reciclaje y el consumo de algunos bienes o servicios juegan un papel relevante en el impulso o hundimiento de las políticas y regulaciones del Estado, creadas para impulsar la protección del medioambiente.



### La contingencia actual ha tenido diversos efectos en la vida de las personas y en el desarrollo de los negocios.

#### Consumo y prácticas sostenibles

Aunque antes de la pandemia se evidenciaban actitudes de consumo verde, como el uso racional de agua, usar de forma consciente los electrodomésticos, apagar las luces, entre otras, en tiempos de confinamiento estas prácticas se fortalecieron. Estas tendencias en hábitos y un mayor interés en estos temas permiten crear campañas más coherentes con el medioambiente que incentiven y fortalezcan la adopción de medidas de consumo sostenible.

### Los impactos del COVID-19 han sido visibles en el corto plazo, pero las acciones para su recuperación no serán tan inmediatas y encaminarán el trayecto de las próximas décadas.

#### Repensar el transporte en las ciudades

El COVID-19 deja en la sociedad una tendencia a limitar el contacto con otras personas por temor al contagio. Así que la búsqueda de ese distanciamiento incentiva alternativas sostenibles como caminar y usar bicicleta o patineta, lo cual reduce los tiempos de movilidad, las emisiones de CO<sub>2</sub> y la contaminación del aire. Ciudades como Londres intensificaron el uso de la bicicleta como medida para reducir el contagio, la congestión del sistema de transporte masivo, y a su vez reducir las emisiones y contaminación de las formas tradicionales de movilidad.

#### Teletrabajo

El coronavirus aceleró la transformación del mundo del trabajo y del uso de tecnologías existentes que en los escenarios previos a la pandemia no habían tenido gran acogida como el teletrabajo, las capacitaciones a distancia y el uso de plataformas digitales. Y es que el aprovechamiento de estas herramientas también tiene impactos positivos en el medioambiente, pues al limitar la movilidad de las personas se reduce la huella de carbono, la demanda de energía, el tráfico en las vías y la contaminación.



#### Conclusión

- Los beneficios ambientales por las medidas de cuarentena son transitorios, lo que significa que las tendencias de largo plazo asociadas con el cambio climático no cambiarán y, por lo tanto, las estrategias de mitigación y adaptación ambiental deben estar presentes en la era pos-COVID-19.
- Por otro lado, la situación mundial generada por la pandemia ha hecho evidente que el ser humano es capaz de adaptarse a los cambios y transformar su comportamiento.
- El coronavirus ha dejado claro que la humanidad aún puede hacer mucho por el bienestar del planeta, pero necesita compromiso. Y en este aspecto es importante que no se pierda de vista el cambio climático, por lo que no solo es importante abordar la crisis por el COVID-19, sino que también es necesario apostar por mejorar las condiciones ambientales.
- La prioridad de la humanidad debe ser construir un camino más sostenible y una recuperación económica y social alineada con el cuidado del medioambiente. La experiencia vivida alrededor del virus debe reafirmarle a la humanidad la codependencia entre la economía y la naturaleza.



#### FUENTES

**Andrea Milena Jaramillo Rivera.** Ingeniera civil especialista en Ingeniería Sismorresistente de la Universidad EAFIT. Tiene experiencia en diseño estructural de edificaciones y actualmente hace parte del equipo de Geociencias de Suramericana, desempeñándose en temas relacionados con tendencias y riesgos geofísicos.

**María Alejandra Vélez Lesmes.** Directora del Centro de Estudios sobre Seguridad y Droga (CESED), profesora asociada de la Facultad de Economía de la Universidad de los Andes y miembro fundador del Centro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para América Latina y el Caribe (CODS). Economista de la Universidad de los Andes y Ph. D. en Economía de los Recursos Naturales de la Universidad de Massachusetts, Amherst.

**HAZ CLIC AQUÍ para conocer las referencias de este artículo.**



# Eventos Natech

## y su aplicación en gestión de riesgos

El crecimiento acelerado de las ciudades, la densificación industrial, las nuevas tecnologías y procesos de trabajo generan cambios importantes en el entorno social, enfrentando a la población y a las empresas a nuevos riesgos que deben gestionar. Dentro de estos riesgos, considerados emergentes en el área de seguridad de procesos, surgen los Natech.

Sismos, huracanes, lluvias o tormentas eléctricas son algunos fenómenos naturales que pueden causar accidentes tecnológicos que involucran afectaciones a equipos críticos, procesos peligrosos, liberación de sustancias tóxicas o inflamables, daños a líneas de gas, oleoductos y líneas vitales, que ponen en riesgo la vida de las personas y afectan el medioambiente y medio construido. Estos eventos, detonados por fenómenos naturales, son conocidos como accidentes Natech (Natural Hazard Triggered Technological Accidents).

Algunas de las razones por las cuales en la actualidad existe una mayor probabilidad de ocurrencia de accidentes Natech son: el incremento en la frecuencia y severidad de los fenómenos naturales, debido al cambio climático; la densificación poblacional de las ciudades y la industrialización de las mismas, el crecimiento demográfico, el desarrollo de construcción informal en áreas altamente expuestas a fenómenos naturales, así como la coexistencia de instalaciones industriales localizadas en zonas muy cercanas a sectores residenciales, y al desconocimiento de la comunidad frente a este tipo de riesgos.

### Historia de principales eventos Natech registrados a nivel mundial

Los riesgos Natech fueron estudiados por primera vez a finales de los años 70; sin embargo, la necesidad de profundizar en este tipo de riesgos se evidenció después del sismo de Loma Prieta, California, en 1989, donde, debido a los múltiples eventos presentados en la zona afectada, el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por su sigla en inglés) destacó la importancia de tener sistemas de

recolección de información que incluyeran tanto los eventos accidentales presentados como las características de los materiales peligrosos encontrados en las instalaciones industriales afectadas.

La falta de reglamentación sobre riesgos Natech, en muchos países, limita la información disponible que permita diseñar programas enfocados en la gestión y mitigación de este tipo de riesgos. Igualmente, los registros relacionados con eventos naturales profundizan en pérdidas humanas, afectación de viviendas y medioambiente, pero pocas veces se registran los eventos industriales generados como consecuencia del fenómeno natural detonante.

Implementar mecanismos de gestión de riesgos Natech es fundamental para minimizar los posibles daños que pueden presentarse ante la ocurrencia de este tipo de eventos. La inundación ocurrida durante el 2008 en la planta farmacéutica de Saint Germain-Laprade, en Francia, puede ser considerada un caso de éxito debido a la pronta respuesta por parte del equipo interno de emergencias, que logró limitar los daños económicos sin generar afectaciones al medioambiente y a la comunidad.

La planta farmacéutica fue construida en un área considerada de baja susceptibilidad a la inundación, sin embargo, durante un período de lluvias torrenciales, ocurridas entre el 31 de octubre y el 2 de noviembre de 2008, el drenaje de la zona de captación donde se localizaba la planta fue insuficiente para soportar lluvias con un período de tres horas extremadamente intensas, provocando la inundación total, con una altura del nivel del agua de un metro.

Antes de que la planta se inundara se activó el plan interno de emergencias y se realizó la evacuación de los materiales, equipos y sustancias químicas más importantes, buscando protegerlas del agua; suspendieron procesos de fabricación en la planta y se planearon cortes de energía para evitar que el agua pudiese afectar equipos sensibles. Durante la inundación solo se presentó la liberación de 200 gramos de un producto químico de laboratorio en forma de polvo y de dos a cinco litros de un compuesto de hidrocarburos, cuyos volúmenes de material liberado fueron tan pequeños que no provocaron afectaciones en el medioambiente.

## ACCIDENTES NATECH

 Tsunami	 Incendio	 Huracán	 Precipitación
 Sismo	 Inundación	 Rayo	 Movimientos en masa (deslizamientos)

1906 / Abril 

**Sismo en San Francisco.** Generó varios incendios que duraron tres días y afectaron alrededor de 500 cuadras de la ciudad.

1989 / Octubre 

**Sismo de Loma Prieta, bahía de San Francisco.** Evento que generó varios incendios, el mayor de estos en el Distrito Marina que por la rotura de la tubería de gas natural afectó considerablemente una zona de dos cuadras a la redonda.

1999 / Agosto 

**Sismo en Kocaeli Turquía Mw 7.4.** Grandes afectaciones en la zona industrializada generando un incendio en la refinería de Tupras, con una pérdida de 700.000 ton de combustible.


2002 / Agosto  

Por exceso de **precipitaciones en la República Checa** se generaron graves **inundaciones**, de las cuales hay registrados alrededor de 20 eventos Natech, con pérdidas de contención de petróleo, cloro, entre otros productos.

2006 / Enero 

**Explosión de gas metano en mina de carbón de Sago en West Virginia, Estados Unidos,** ocasionada por un rayo que impactó una de las líneas eléctricas de la mina.

2010 / Marzo 

2011 / Marzo   

**Sismo y posterior tsunami en Japón.** Se presentó accidente nuclear con explosiones de hidrógeno y pérdida de contención de material radioactivo. También se presentaron incendios en refinerías de petróleo cercanas.

**Sismo de Maule, Chile.** Derrame de aproximadamente 800 toneladas de fenol al suelo y al mar por rotura de tanques y muros de diques en el puerto chileno.

2017 / Agosto   

**El huracán Harvey** detonó un exceso de **precipitaciones y la inundación** de la **planta química de Arkema en Crosby, Texas**, la cual por falta de fluido eléctrico causó la desestabilización de productos químicos, generando un incendio que obligó a evacuar personas a 1.5 millas de la planta.

2013 / Febrero   

**Región Metropolitana de la Baixada Santista, Brasil.** Exceso de **precipitaciones** que causó varios eventos simultáneos como **inundaciones y deslizamientos de tierra** provocando pérdidas de contención de productos químicos como el cloro y derrames de petróleo que contaminaron las aguas del río Cubatao.

2018 / Agosto 

2020 / Abril 

Contaminación de río Coca en **Ecuador** por rotura de oleoducto generado por **erosión y hundimiento de tierra.**

Después del **Camp Fire en California**, el 13% de las empresas pequeñas cerraron permanentemente.

2020 / Agosto 

2020 / Agosto 

Fuga de cloro en planta química de **Louisiana** como consecuencia del **huracán Laura.**

**Incendio en refinería de Repsol en Puerto Llano, España.** Originado por un **rayo** que impactó uno de los tanques que contenía residuos de petróleo.

**Consecuencias**

Los efectos de un accidente Natech dependen del evento de origen natural detonante (o desencadenante), su magnitud y combinación de sucesos. Por ejemplo, el 11 de marzo de 2011, frente a la costa este de Japón, se produjo un sismo de magnitud 9.0 Mw; una hora después, la planta de Fukushima Daiichi, localizada en el borde costero, fue inundada por un tsunami de 15 metros de altura, que causó daños a los generadores de electricidad y sistemas de refrigeración de los reactores, generando explosiones de hidrógeno y liberación de material radioactivo a la atmósfera y al agua, provocando la evacuación de más de mil personas.

Las consecuencias de este desastre nuclear hubieran sido menos devastadoras si solo hubiera ocurrido el sismo, debido a que el código de diseño sismorresistente de Japón es muy estricto y, por consiguiente, se hubiera esperado un buen desempeño sísmico de las edificaciones.

Algunas de las consecuencias que pueden provocar los eventos Natech son:

- **Daños a equipos de proceso e infraestructura** que sirve como barrera de protección.
- **Interrupción de las líneas vitales** de agua, energía, gas y telecomunicaciones.
- Dificultad en las operaciones de búsqueda y rescate por la **emisión de materiales peligrosos** y mayor probabilidad de incendios y explosiones.
- **Interrupción de vías de acceso** que pueden dificultar la atención de la emergencia y ocasionar la imposibilidad de evacuar a la población afectada.
- **Falta de disponibilidad de instrumentación;** por ejemplo, sensores, alarmas, dispositivos de seguridad, equipos contra incendios, entre otros.
- **Afectaciones a corto y largo plazo en la salud de las personas,** tales como:
  - Lesiones en el sistema respiratorio por inhalación de gases irritantes y productos de combustión.
  - Intoxicación por exposición a sustancias tóxicas o contaminación de fuentes de agua y alimentos.
  - Quemaduras en la piel por exposición a sustancias químicas derramadas, o incendios y explosiones.
  - Síndrome de estrés postraumático.
  - Hipertensión, diabetes y riesgos cardiovasculares.
  - Depresión.
  - Sobre peso por confinamiento a personas expuestas a materiales radioactivos.
  - Mayor riesgo de contraer cáncer por exposición a sustancias químicas.

# Cronograma de los incendios de la planta de Arkema Inc. Chemical

Empresa de productos químicos especializados

# 2017

AGOSTO









**24** La tormenta tropical Harvey se convierte en el Huracán Harvey.

**25** Harvey se convierte en un huracán de Categoría 3 y toca tierra cerca de Corpus Cristi, Texas.

**26** La planta de Arkema cierra completamente y el personal se encuentra en el sitio para atender la emergencia. El nivel del agua comienza a subir debido al exceso de precipitaciones.

**27** Incremento del nivel del agua amenaza con afectar equipos eléctricos, edificios y bodegas refrigeradas que almacenan peróxido orgánico (sustancias orgánicas), el cual es trasladado a remolques y a otros edificios para mantenerlo frío.

**28** El agua se eleva hasta el nivel del transformador interrumpiendo la energía en toda la planta. Los empleados trasladan el peróxido orgánico a nueve remolques refrigerados. Sin embargo, el nivel del agua impide llevar tres de los remolques a un terreno más elevado.

Tormenta 	Nivel de agua 	Inundación 	Incendio 
Huracán 	Amenaza 	Evacuación 	Seguro 

Información tomada del resumen ejecutivo "Clima extremo, consecuencias extremas: investigación de la CSB de las instalaciones de Arkema en Crosby y el huracán Harvey", de la Junta de Investigación de Riesgos y Seguridad Química de los EE. UU. [https://www.csb.gov/assets/1/20/csb\\_arkema\\_exec\\_summary\\_08.pdf?16265](https://www.csb.gov/assets/1/20/csb_arkema_exec_summary_08.pdf?16265)

**29** 11:00 AM Se establece una zona de evacuación en un radio de 2.4 kilómetros y se evacúa todo el personal de la planta.

**31** 1:31 AM Se reporta la presencia de humo negro desde la planta de Arkema; se incendia el primer remolque.

SEPTIEMBRE

**01** 5:00 PM Dos remolques refrigerados hicieron ignición y se incendiaron.

**03** 3:40 PM Dado que los seis remolques restantes podrían tardar semanas en incendiarse, el personal de atención de emergencias del condado de Harris decidió realizar una quema controlada de dichos remolques.

**04** 1:00 AM Se levanta la evacuación de la zona alrededor de la planta.

**EVACUACIÓN**  
Radio de 2,4 kilómetros

*“Los accidentes del pasado siempre representan una oportunidad para aprender, y si es necesario reconstruir; este se convierte en un buen momento para repensar y rediseñar la disposición de la planta, los procesos y los procedimientos, y aprovechar este período para mejorar tomando medidas de reducción de riesgos”.*

**ANA MARÍA CRUZ**

Ph. D. en Ingeniería Ambiental de la Universidad de Tulane en Nueva Orleans, EE. UU.

**Efectos cascada o dominó**

Una particularidad de los accidentes Natech es la probabilidad de que se presente el efecto cascada o dominó, el cual puede definirse como una cadena de eventos que se producen en secuencia y que afectan materiales, equipos, sistemas industriales, personas, el medioambiente, el medio construido y la economía.

En los últimos años se ha observado un incremento en la ocurrencia de este tipo de eventos, debido al desarrollo industrial, su proximidad con las ciudades y el almacenamiento, manipulación y transporte de sustancias peligrosas, aumentando la probabilidad de afectaciones en áreas extensas, en periodos de tiempo cortos, según el fenómeno de naturaleza detonante.

Este tipo de eventos pueden dificultar la atención y desbordar la capacidad de los organismos de emergencia, quienes en algunas ocasiones han tenido que priorizar la atención dependiendo de la criticidad del accidente Natech y de las consecuencias del desastre natural en la zona.

La secuencia asociada al efecto cascada o dominó de los eventos Natech, se caracteriza por:

- **Un accidente primario** detonado por un fenómeno de la naturaleza.
- **La propagación del evento primario,** que depende de las condiciones y características físicas del lugar.
- **Uno o más escenarios o sucesos accidentales secundarios,** que se presentan en la misma edificación o en edificaciones aledañas y que causan la propagación del evento primario.

### Gestión del riesgo

A diferencia de la gestión de riesgos tecnológicos convencionales que presentan un único evento en un sitio determinado, bajo condiciones relativamente controlables, durante un accidente Natech pueden presentarse múltiples eventos simultáneos que se superponen a las consecuencias provocadas por el fenómeno natural desencadenante.

Adicionalmente, al interior de las instalaciones industriales también se pueden generar efectos dominó, por lo que existe la posibilidad de que no solo se genere un único evento, sino que también ocurra un suceso iniciador que desencadene en otras afectaciones al interior de la planta.

Por lo tanto, la gestión del riesgo Natech puede definirse como el conjunto de acciones enfocadas a la prevención, preparación, respuesta y recuperación frente a una emergencia que resulte como consecuencia de este tipo de sucesos.

Bajo estas condiciones es recomendable evaluar distintos escenarios probables y sus posibles consecuencias, teniendo en consideración algunos aspectos claves, tales como:

- **Identificar y valorar el riesgo** en pro de reducirlo desde su origen.
- **Implementar planes de prevención** de riesgos que incluyan los eventos naturales.

- **Determinar cuáles son los equipos de procesos críticos** y las medidas de prevención según el evento de la naturaleza que puede detonar el accidente.
- **Evaluar el impacto** que puede causar la liberación de sustancias peligrosas en el medioambiente y la comunidad, y diseñar planes de emergencia para preservar la seguridad y disminuir los efectos nocivos.
- **Activar medidas de prevención** que pueden ir desde capacitaciones y planificación de usos del suelo, hasta obras de protección o barreras físicas, como muros cortafuego, diques, muros de contención, sistema contraincendio, entre otros.
- **Socializar los posibles escenarios** con todos los ejecutivos, ingenieros y empleados de las empresas para crear conciencia, promover formas novedosas de proteger las instalaciones y reducir la posibilidad de accidentes y daños.
- **Implementar planes de comunicación** con la comunidad cercana y asociaciones público-privadas para informar sobre los riesgos que pueden presentarse y realizar simulacros de estrategias de respuesta a emergencias.
- **Mitigar los efectos que puede producir el riesgo** al materializarse.
- La gestión de este tipo de riesgos es multidisciplinaria y requiere **conocimiento técnico especializado** para lograr una planificación adecuada y una rápida respuesta.

La gestión de riesgos Natech no puede enfocarse solo en la empresa, también debe involucrar el entorno donde se localiza; por tanto, es de suma importancia que las empresas incluyan en sus planes de emergencia canales de comunicación con las comunidades para establecer relaciones de confianza, y, a través de mesas, foros de diálogo y participación de investigadores y científicos, explicar de forma transparente los posibles riesgos a que están expuestos, dar a conocer los planes de atención y mitigación de los mismos, así como hacer énfasis en los problemas que la comunidad puede ocasionar a las empresas, tales como el desbordamiento de ríos y quebradas provocado por la acumulación de basuras y escombros que obstruyen el curso normal de las aguas, causando un aumento en el nivel de las mismas y por qué deberán estar incluidos dentro del alcance de la gestión del riesgo.

Actualmente, en el mundo existen iniciativas enfocadas en la reducción del riesgo, tales como la Directiva Seveso III de la Unión Europea, la cual regula el riesgo de accidentes graves en instalaciones industriales que manipulan o almacenan materiales peligrosos que superan ciertos umbrales y que en la enmienda del 2012 incluyó los riesgos Natech.

Asimismo, el Grupo de Trabajo de Accidentes Químicos de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) durante 2015 publicó la

adenda nro. 2 a la segunda edición de la *Guía de principios para la prevención, preparación y respuesta de accidentes químicos*, realizando cambios enfocados a proveer una guía más detallada frente a riesgos Natech.

En América Latina, Colombia es líder en términos de políticas de manejo del riesgo y uno de los primeros países en incluir el análisis y gestión de riesgos Natech en su legislación, donde mediante la Ley 1523/2012 se establece un marco integral multiamenaza que incluye las amenazas naturales, riesgos Natech y peligros humanos no intencionales, incluido dentro del Plan Nacional de Desarrollo como una prioridad transversal que asegura el desarrollo sostenible del país.

*“Las industrias deben incluir en sus procesos de gestión de riesgos los accidentes Natech, pues, aunque son eventos de baja probabilidad suelen llegar a ser muy severos y de grandes consecuencias, pudiendo incluso causar la pérdida total de las instalaciones y la continuidad de sus negocios. Es fundamental capacitar el talento humano de la compañía y a los equipos internos de respuesta de emergencias en el conocimiento de los riesgos y las acciones que deben implementarse durante la ocurrencia conjunta de un evento de origen natural y posible accidente tecnológico. Si estos equipos actúan proactivamente, de acuerdo con lineamientos previamente establecidos, habrá mayores posibilidades de mitigar las consecuencias mientras se espera la llegada de organismos de socorro”.*

**MARÍA CAMILA SUÁREZ**  
Ph. D. en Ingeniería de la Universidad de Kioto, Japón



# DE TO NANTES

 Tsunami	 Incendio	 Huracán	 Precipitación
 Sismo	 Inundación	 Rayo	 Deslizamiento
 Volcanes	 Temperaturas extremas	 Vientos	

## TERRENO

Selección del terreno donde se ubicará la instalación.

## RIESGO

Análisis de riesgos teniendo en cuenta los eventos Natech.

## REFORZAMIENTO

Refuerzos en estructuras, drenajes, sistemas de apan-tallamiento, entre otros.

## HISTORIA

Incluir en el análisis de riesgos Natech, además de los eventos históricos en la región, los eventos de origen natural ocurridos en la zona que sirvan para conocer períodos de retorno.

## Barreras de protección

Para la gestión de riesgos Natech pueden tenerse en cuenta los siguientes elementos a modo de barrera, según lo propuesto por James Reason, de la Universidad de Manchester, en su modelo de Queso Suizo (por los orificios presentes en las barreras que asemejan rebanadas de queso), con el cual explica que cualquier componente en una organización puede considerarse un segmento de queso que tiene debilidades (orificios) y la alineación de estas en cada segmento son las que desencadenan un accidente. Esta metodología permite identificar riesgos y oportunidades para una adecuada gestión.

## Recomendaciones generales

- Para compra de predios nuevos, seleccione su ubicación teniendo en cuenta los riesgos Natech que puedan presentarse.
- Para predios con estructuras existentes identifique a qué amenazas de la naturaleza está expuesto y qué tan severas son en la zona.
- Realice identificación de peligros y análisis de riesgos teniendo en cuenta los eventos Natech y los efectos del cambio climático. Tenga presente que cumplir la normatividad local puede no ser suficiente.
- Determine cuáles son los puntos más vulnerables de la instalación bajo cada tipo de amenaza y establezca planes de manejo del riesgo.
- Investigue en su localidad qué eventos han ocurrido en el pasado y sus consecuencias, por ejemplo: inundaciones, sismos, tormentas de nieve, entre otros.
- Conozca los alrededores de la empresa y cómo estos pueden afectarla en caso de un evento de la naturaleza.
- Incluya dentro de los planes de emergencia los procedimientos de parada y arranque de planta.
- Entrene y equipe su brigada de acuerdo con los hallazgos de los análisis de riesgos.
- Haga una lista de problemas o fallas que podrían ocurrir, indicando el nivel de riesgo que cada uno representa, es decir, su probabilidad de ocurrencia y severidad en términos de daños a la empresa, a terceros (otras empresas), comunidades aledañas, efectos a largo y corto plazo, entre otros.
- Realice inventario de sustancias peligrosas.

*“Los planes de atención de emergencias realizados por las empresas, usualmente, se desarrollan para la atención de accidentes químicos en tiempo de operación cotidiana y probablemente no serán eficientes durante un evento Natech porque, rara vez, consideran situaciones como falla de extinguidores, interrupción del suministro de agua para controlar los incendios, dificultades para conseguir gasolina para tanquear los autos, fallas en las telecomunicaciones e imposibilidad de comunicación con empleados, servicios de bomberos, entre otros. Bajo un evento Natech, la población se encuentra en estado de emergencia por el desastre natural y es muy probable que cada empresa tenga que atender la emergencia por cuenta propia”.*

**ANA MARÍA CRUZ**

Ph. D. en Ingeniería Ambiental de la Universidad de Tulane en Nueva Orleans, EE. UU.

# CON SE CUENCIAS

- Incendios
- Daños estructurales
- Paros de producción
- Pérdidas de contención de productos químicos o energía
- Afectación reputacional
- Afectación a la continuidad del negocio



## Qué hacer en caso de:



### TEMPERATURAS EXTREMAS

- Realizar instalación y mantenimiento de sistemas 24/7 de medición de temperaturas y equipos de refrigeración o calefacción, en equipos de almacenamiento de productos termosensibles.
- Hacer chequeo frecuente de propiedades de productos termosensibles.
- Contar con sistemas alternos (redundantes) para refrigerar o calentar los sistemas en caso de falla de los equipos de regulación de temperatura.
- Tener procedimientos de preparación de planta (tanques y ductos) para las temporadas de temperaturas extremas.



### MOVIMIENTOS EN MASA

- Evitar la ubicación de instalaciones cerca de zonas con altas pendientes.
- Donde sea posible, modificar pendientes de taludes para reducir el ángulo de las laderas.
- Despejar zonas por donde pueda discurrir la masa de suelo, tales como vaguadas (parte más profunda de los valles, por la cual fluyen corrientes naturales de agua).
- Tratar con la siembra de vegetación taludes susceptibles de deslizamientos.
- Monitorear el estado de taludes y suelos adyacentes a las instalaciones, luego de la ocurrencia de un evento sísmico o períodos de lluvias intensas y persistentes.
- Realizar el tratamiento de taludes en zonas estratégicas como vías y rutas de evacuación.



### INUNDACIONES

- Conocer los ríos y arroyos cercanos a su operación y los históricos de crecientes en temporadas de lluvia.
- Mantener limpios los sistemas de drenaje y conocer su capacidad máxima de descarga.
- Anclar los tanques de almacenamiento de líquidos para evitar que floten y se desplacen.
- Mantener cerradas las válvulas de los diques de contención.
- Verificar que los diques resistan la presión del agua en caso de inundación.
- Trasladar equipos críticos (bombas de red contra incendios, calderas, refrigeración de productos peligrosos, tableros eléctricos y de control, subestaciones, entre otros) y sustancias peligrosas a terrenos más altos o por fuera de las zonas de alto riesgo.
- Si han ocurrido inundaciones, marcar el máximo nivel con fecha de evento y ubicar equipos críticos y almacenamiento de materiales peligrosos por lo menos 60 cm por encima de dicho nivel.
- Poner sensores de inundación.
- Llevar control de niveles de ríos cercanos en tiempo real y conocer sobre la presencia y estado de jarillones.
- Contar con equipos de atención de emergencias internas.
- Cortar el suministro de energía de equipos eléctricos antes de que entren en contacto con el agua.
- Monitorear constantemente la información y alertas proporcionadas por entidades competentes.



### FUERTES PRECIPITACIONES Y GRANIZADAS

- Evaluar la capacidad de los sistemas de drenaje y la posibilidad de disponer de sistemas de bombeo.
- Estimar la capacidad hidráulica y estructural de canoas y bajantes.
- Realizar limpieza periódica de los sistemas de alcantarillado.
- Garantizar hermeticidad de cubiertas, paredes y pisos donde se almacenen productos incompatibles con el agua.



### INCENDIOS FORESTALES

- Identificar la cercanía a bosques y pastizales.
- Realizar podas y rocería de pastos con frecuencia.
- Intervenir ramas de árboles que puedan hacer contacto con líneas eléctricas y ocasionar incendios.
- Disponer de hidrantes con capacidad de ataque, con chorros de agua en el perímetro de la planta.
- Identificar y atender tempranamente los conatos de incendio forestales.
- Contar con equipos para atención de incendios forestales como dotación de la brigada.



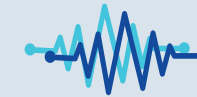
### VOLCANES

- Proteger fuentes de agua y contenedores estratégicos contra la caída de cenizas.
- Retirar cenizas de las cubiertas y canales de aguas lluvia para evitar anegaciones.
- Mantenerse informado a través de boletines generados por los servicios geológicos locales y organismos de emergencias.



### VIENTOS FUERTES Y HURACANES

- Realizar verificación periódica del estado de las cubiertas y sus anclajes.
- Realizar inspección y limpieza de sistemas de desagüe como canaletas, filtros y alcantarillas.
- Evitar cercanía con árboles grandes, partes móviles a líneas de alta tensión u otro tipo de estructuras susceptibles de caer.
- Incluir en planes de emergencia paros de planta programados antes de la llegada del huracán.
- Revisar fachadas como cristales y su resistencia frente a vientos fuertes e incorporar elementos de protección en caso de ser necesario.
- Fijar a superficies sólidas elementos como tanques, unidades de aire y cualquier objeto o equipo que pueda ser impactado por vientos huracanados.
- Ubicar la mercancía más propensa a daños por humedad, sobre estanterías o racks en los tramos superiores.
- Cubrir equipos electrónicos y eléctricos, así como desconectarlos del suministro eléctrico.



### SISMOS

- Las edificaciones deben ser sismo-resistentes y, en caso contrario, la rehabilitación de las mismas debe convertirse en una prioridad.
- Anclar tanques de almacenamiento para evitar que el movimiento de líquido en su interior pueda comprometer su integridad estructural, además de provocar salpicaduras hacia el exterior.
- Los soportes de tuberías, ductos y tanques deben ser sismorresistentes.
- Las tuberías de conexión a los tanques deben ser flexibles, para evitar su rotura o desprendimiento.
- Evitar traspasar paredes con tuberías; en caso de ser necesario, dejar espacio para que estas tengan movilidad durante un sismo.
- Colocar juntas flexibles y resistentes donde sea requerido.
- Asegurar contenidos susceptibles de caída durante un sismo.
- Contar con un sistema de luminarias de emergencia para evacuar las instalaciones en condiciones de falla de energía eléctrica.
- Implementar el uso de detectores sísmicos con sistemas de apagado automático que reducen en gran medida los riesgos de incendio y fugas.



### TSUMANI

- Identificar si la instalación se encuentra ubicada dentro de la zona de inundación por tsunami.
- Ubicar equipos críticos por encima de límites de afectación por olas.
- Construir muros de contención.
- Establecer rutas de evacuación y puntos de encuentro en zonas sin riesgo de inundación.
- Ver recomendaciones para inundaciones.
- Monitorear constantemente la información y alertas proporcionadas por entidades competentes.



### DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

- Instalar sistemas de protección externa como pararrayos, mallas captadoras, conductores de bajada.
- Instalar sistemas de protección interna como reguladores de sobretensiones.
- Instalar sistemas redundantes que garanticen la continuidad de los procesos industriales ante un eventual fallo del sistema debido a una descarga atmosférica.
- Evitar la proximidad con árboles o estructuras no protegidas.

## FUENTES

**Ana María Cruz**, es profesora titular en el Instituto de Investigación en Prevención de Desastres de la Universidad de Kyoto, en Japón. Es ingeniera química y tiene un doctorado en Ingeniería Ambiental de la Universidad de Tulane, en Nueva Orleans, EE. UU. Ha estado investigando accidentes tecnológicos provocados por peligros naturales (Natech).

Cuenta con más de 65 publicaciones revisadas por pares en revistas y libros internacionales. Es la presidenta de la Sociedad Internacional para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (IDRIM), se desempeña como editora en jefe de la revista IDRIM, y como miembro del consejo editorial de la revista de Prevención de Pérdidas en las Industrias de Procesos.

**María Camila Suárez Paba**, ingeniera química de la Universidad de América y magister en Ingeniería Química de la Universidad de los Andes. Culminó su doctorado en ingeniería en la Universidad de Kioto, Japón, en 2019, bajo el programa de Ingeniería de la Seguridad Humana. Se ha desempeñado en diversos escenarios como conferencista, docente, investigadora y analista del riesgo tecnológico y Natech.

**Juan Carlos Medina Fernández**, ingeniero químico de la Universidad Nacional de Colombia, licenciado en Docencia de la Universidad de

San Buenaventura y especialista en Gerencia de la Seguridad y Salud en el Trabajo de la Universidad CES. Docente de cátedra desde 2004 en pregrado y posgrado. Con experiencia de más de 20 años en Seguridad y Salud en el Trabajo en ARL, empresas del sector químico y de alimentos. Actualmente se desempeña como coordinador de Intervención en la Administradora de Riesgos SURA.

**María José Barrera Gutiérrez de Piñeres**, Ingeniera civil de la Universidad Estatal de Nueva York, en Buffalo, y M. Sc. en Ingeniería Sísmica del Instituto de Estudios Superiores de Pavia, Italia. Tiene cinco años de experiencia en modelación de riesgos catastróficos y diseño estructural sismorresistente. Desde agosto del 2019 se unió al equipo de Geociencias como especialista en Estructuras, liderando las modelaciones de riesgos geofísicos.

**Victoria Luz González Pérez**, ingeniera civil de la Universidad de Medellín, especialista y M.Sc. en Ingeniería Sismorresistente de la Universidad Eafit. Trabajó como directora de Diseño Estructural en una firma de consultoría durante 12 años. Desde 2015 trabaja para Suraamericana S. A., y actualmente es la directora de Riesgos Geofísicos de la Gerencia de Geociencias.

**HAZ CLIC AQUÍ para conocer las referencias de este artículo.**

# Tsunami, extraña maravilla de la naturaleza

Entender cómo se originan y el impacto que ocasionan permitirá que personas, empresas y gobiernos implementen una adecuada gestión del riesgo para mitigar sus efectos y fortalecer su capacidad de resiliencia.

Los tsunamis son enormes olas que pueden alcanzar alturas hasta de cuarenta metros deslizándose hacia las costas impactando y devastando poblaciones. Desde las profundidades del mar una violenta fuerza desplaza verticalmente grandes masas de agua desencadenada por otros fenómenos como sismos, volcanes o deslizamientos ocurridos en el océano o muy cerca de la costa, los cuales originan este suceso natural considerado uno de los más destructivos. Las alertas sobre estos eventos y la gestión del riesgo ayudan a disminuir el impacto cuando tocan tierra.

Para lograr una sociedad resiliente ante un evento de la naturaleza como son los tsunamis, es fundamental

que personas, empresas y entidades estatales conozcan las características del fenómeno, como se originan y el impacto que pueden llegar a generar al momento en que tocan tierra. La apropiación de ese conocimiento es lo que permite una adecuada anticipación, mitigación y gestión del riesgo, tanto para salvaguardar la vida de las personas, como para reducir los costos monetarios.

Aunque estos eventos son poco frecuentes, pueden presentarse en océanos, mares interiores o grandes lagos. Existen algunas regiones que tienen mayor probabilidad de que se originen debido a su cercanía a fuentes sísmicas, a la batimetría próxima a la costa (profundidad y forma del fondo del océano) y a la topografía costera.

## Tan rápido como un avión y tan alto como un edificio

Dos de sus características más importantes son la velocidad de las olas y su altura, las cuales dependen de la profundidad del agua; es decir, en aguas profundas, las olas pueden alcanzar velocidades de 800 km/h, (equivalente a la velocidad media a la que vuela un avión) y alturas de ola que pueden incluso ser inferiores a 1 m; sin embargo, al llegar a la costa donde las aguas son poco profundas, la velocidad de las olas disminuye a valores cercanos a los 50 km/h, pero su altura incrementa considerablemente, donde se han registrado tsunamis con olas de hasta 40 metros de altura (equivalente a un edificio de 16 pisos).

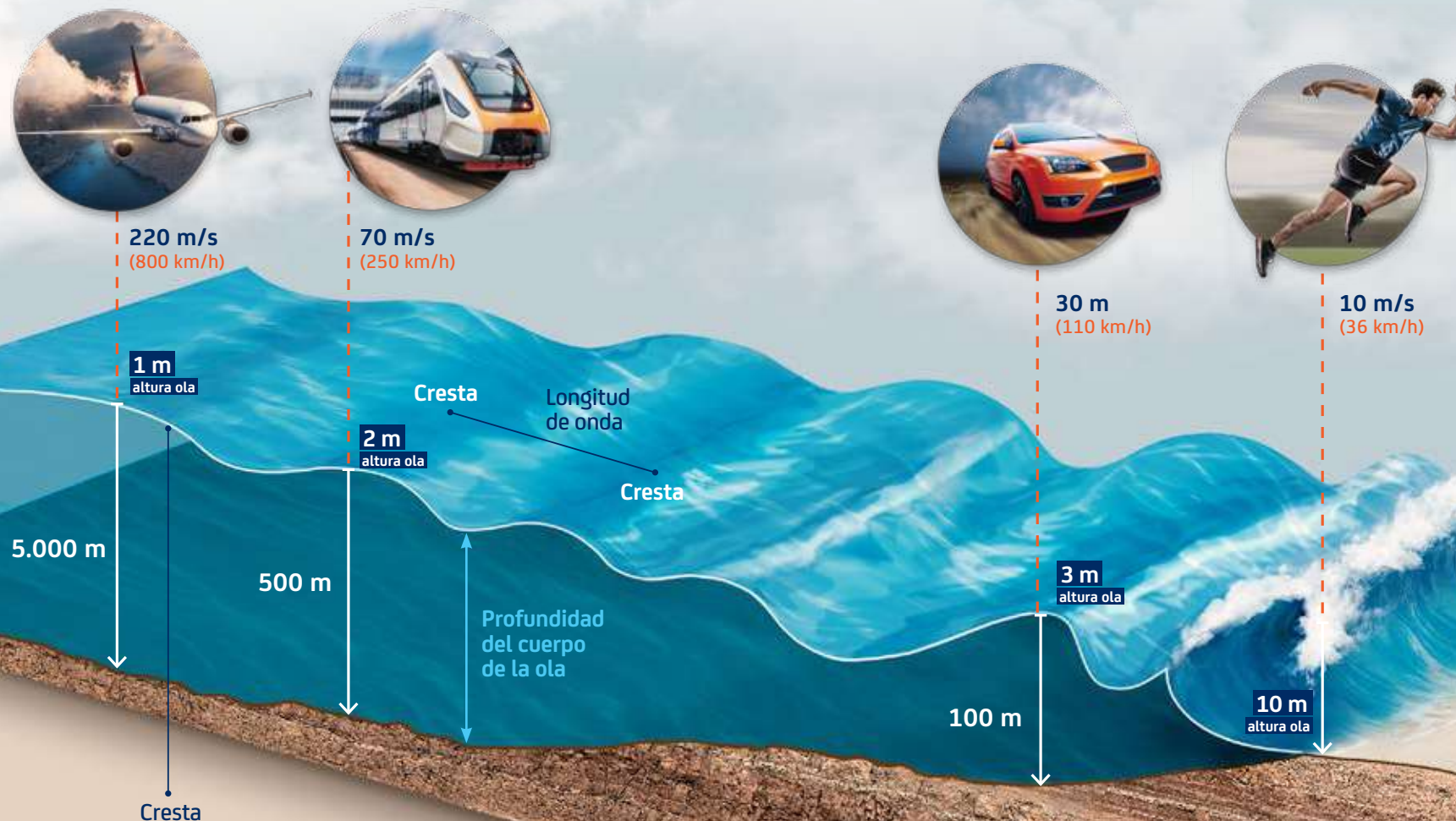
La mayoría de los tsunamis cuando tocan tierra no alcanzan una altura superior a los tres metros, pero, en casos extremos, estos pueden superar los treinta metros, particularmente, cuando impactan cerca a la fuente de origen.

La palabra "tsunami" proviene de los caracteres japoneses *tsu*, que significa puerto, y *nami*, ola; traduce ola de puerto.

Es conveniente destacar que el comportamiento de estos fenómenos varía en cada zona; mientras en un lugar del planeta puede ser pequeño y no destructivo, en otro, este mismo puede ser grande y tener mucho impacto. Esto se debe a las particularidades de cada zona que pueden desencadenar un comportamiento diferente del tsunami; por ejemplo, arrecifes, bahías, entradas a ríos y características batimétricas y topográficas de la costa que influyen en el tamaño, apariencia e impacto de los tsunamis.

### CARACTERÍSTICAS DE UN TSUNAMI

Velocidad y altura de la ola en función de la profundidad del océano



**OCÉANO:** representa un cuerpo de agua abierto mucho más grande que un mar.

**MAR:** es una parte más pequeña de un océano y típicamente está parcialmente contenido por un área de tierra.

$$\text{Velocidad de tsunami} = (\text{prof. agua} \times \text{gravedad})^{1/2}$$

### TSUNAMIS OCURRIDOS ENTRE 1900 Y 2021 Y PÉRDIDAS ECONÓMICAS ASOCIADAS



Total de daños (millones USD)

- Sin daños
- 0-1
- 1,1-5
- 5,1-20
- >20

Fuente: NOAA, 2021

Según registros históricos de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos (NOAA, por su sigla en inglés), "De los 754 eventos confirmados entre 1900 y 2015, aproximadamente, el 78% ocurrieron en el océano Pacífico alrededor del "Anillo de fuego", el 8% en el océano Atlántico y el mar Caribe, el 6% en el mar Mediterráneo, 5% en el océano Índico y 1% en otros mares. De estos últimos el mayor porcentaje se generó frente a Japón (21%), seguido de Rusia (8%) e Indonesia (8%).

Contrario a lo que se podría creer, la mayoría de los tsunamis son pequeños y no destructivos o solo afectan las costas cercanas a su origen, pero algunos pueden causar daños y muertes en costas distantes (a más de 1.000 kilómetros de distancia). Los tsunamis distantes más importantes desde 1900 se originaron en Alaska, Chile, Japón, Indonesia, Pakistán y Rusia.

**Un tsunami es una de las fuerzas más poderosas de la naturaleza.**

#### DIFERENCIA ENTRE TSUNAMI Y OLA OCEÁNICA NORMAL

	TSUNAMI	OLA OCEÁNICA
<b>Fuente</b>	Sismos, deslizamientos de tierra, actividad volcánica, ciertos tipos de clima, objetos cercanos a la Tierra.	Vientos que soplan sobre la superficie del océano.
<b>Ubicación de la energía</b>	Toda la columna de agua, desde la superficie del océano hasta el fondo del océano.	Superficie oceánica.
<b>Longitud de onda</b>	95-500 km.	90-200 m.
<b>Período de onda</b>	5 minutos - 2 horas.	5-20 segundos.
<b>Velocidad de onda</b>	800-1000 km por hora (en aguas profundas). 30-50 km por hora (cerca de la costa).	8-100 km por hora.

#### CAUSAS E IMPACTOS

Si bien los tsunamis son causados en un 88% por sismos de gran magnitud, que se originan debajo o cerca del fondo del océano, según la base de datos de estos fenómenos históricos globales existen otros eventos que pueden causarlos como deslizamientos de tierra, actividad volcánica, algunos sucesos climáticos y objetos cercanos a la Tierra como asteroides o cometas.

#### Tsunamis generados por sismos

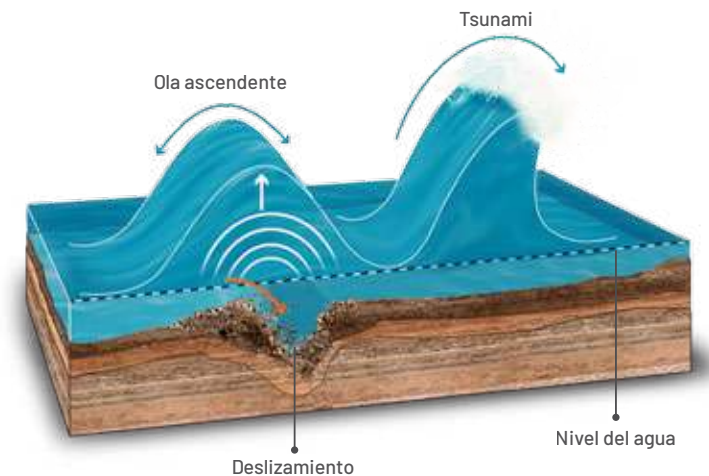
Los sismos pueden llegar a generar la energía suficiente para provocar movimientos de grandes columnas de agua de forma súbita que desencadenan un tsunami. Sin embargo, para que esto se dé el sismo debe cumplir con ciertas características de ubicación, magnitud y profundidad, como por ejemplo, una magnitud superior a 7.0 debajo o cerca del océano y a menos de 100 kilómetros de profundidad sobre la superficie de la Tierra.

Algunos de los tsunamis más importantes generados por sismos son:

- **Japón, 11 de marzo de 2011, Isla de Honshu:** un sismo de magnitud 9.1 que originó un tsunami con gran impacto tanto en Japón como en todo el Pacífico. Las consecuencias a nivel local fueron importantes y causaron más de 500.000 personas desplazadas, daños estimados en 236.000 mil millones de dólares, incluyendo un accidente nuclear, y miles de muertes. Fuera de Japón las pérdidas de vidas fueron mucho menores debido a las alertas tempranas y evacuaciones realizadas oportunamente, sin embargo, hubo grandes pérdidas materiales, como en Estados Unidos donde los daños superaron los 91 millones de dólares. Este ha sido el evento natural más costoso de la historia.
- **Indonesia, 26 de diciembre de 2004, Norte de Sumatra:** un sismo de magnitud 9.1 originó el tsunami con más pérdidas humanas de la historia afectando a quince países del sudeste y sur de Asia y del este y sur de África, hubo millones de personas desplazadas y 13.000 millones de dólares en daños económicos.

**Las consecuencias más comunes provocadas por los tsunamis son las inundaciones, impactos de olas, corrientes fuertes, erosión costera y escombros**

#### 02 TSUNAMI ORIGINADO POR DESLIZAMIENTO

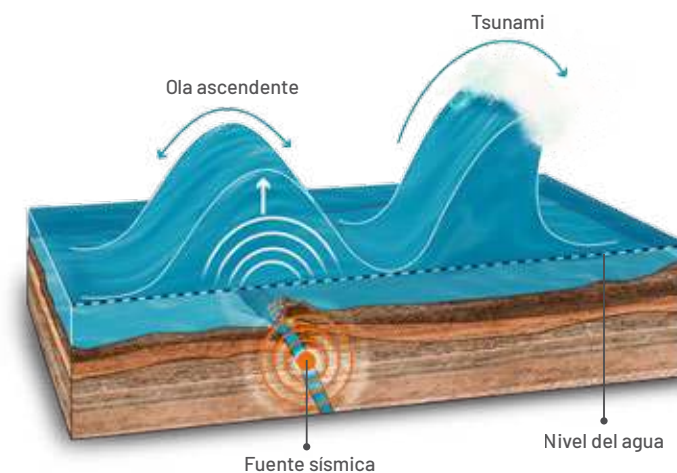


#### Tsunamis generados por deslizamientos

Los tsunamis ocasionados por deslizamientos de tierra consideran todo tipo de movimientos del suelo, como desprendimientos de rocas, flujos de escombros, derrumbes, avalanchas de hielo y desprendimiento de glaciares. Estos se pueden originar porque una gran masa de suelo ingresa al agua y la desplaza (subaéreo), o cuando el deslizamiento se genera bajo el agua (submarino). Este tipo de tsunamis llegan a ser más catastróficos que los generados por sismos, pues pueden impactar costas cercanas en pocos minutos sin ninguna advertencia.

- **Nueva Guinea, 17 de julio 1998, Papúa:** un sismo de magnitud 7.0 provocó un deslizamiento de tierra en el fondo del agua el cual originó un tsunami. Olas de hasta quince metros golpearon tierra a los veinte minutos de ocurrido el sismo.
- **Canadá, 18 de noviembre de 1929, Grand Banks, Terranova:** un sismo de magnitud 7.3 en el océano Atlántico desencadenó un deslizamiento de tierra submarino provocando un tsunami. Los daños materiales ascendieron a 14 millones de dólares.

#### 01 TSUNAMIS ORIGINADOS POR SISMO



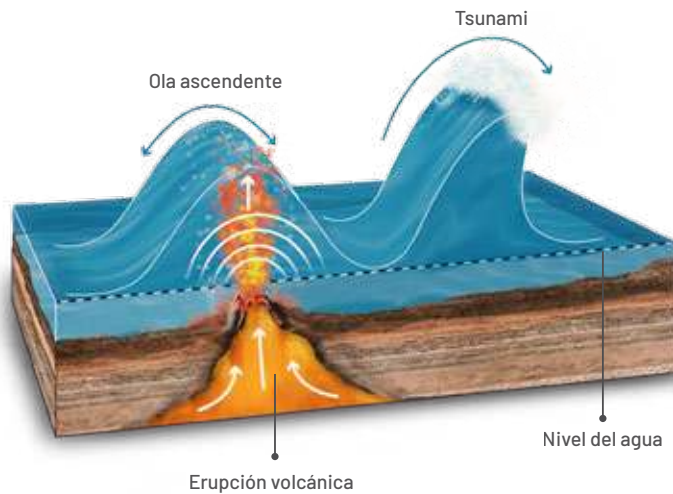
### Tsunamis generados por volcanes

Los tsunamis generados por volcanes son poco frecuentes al igual que los ocasionados por otras fuentes no sísmicas, estos pierden energía rápidamente y es poco probable que impacten costas distantes. Algunas de las actividades volcánicas que pueden llegar a desplazar suficiente agua para originar tsunamis son los flujos piroclásticos, explosiones submarinas, formación de caldera, entre otras.

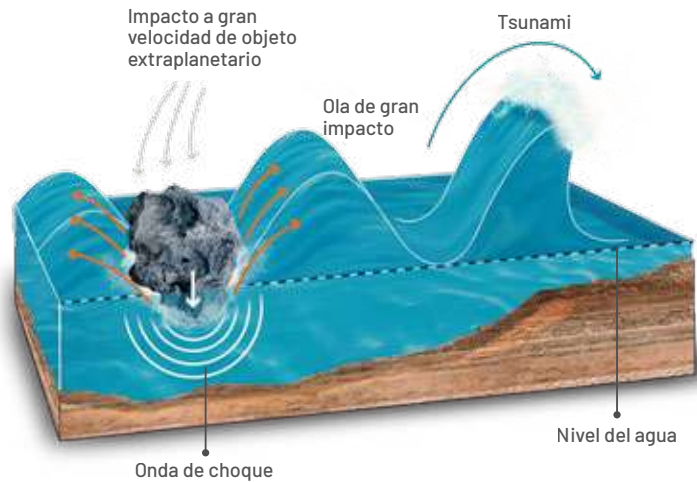
Algunos de los tsunamis generados por actividad volcánica son:

- **Indonesia, 27 de agosto de 1883:** el volcán Krakatau hizo erupción y colapsó, generando consigo uno de los tsunamis con mayor impacto registrados. El fenómeno tuvo olas de hasta cuarenta metros de altura, devastando pueblos costeros a lo largo de Java y Sumatra.
- **Japón, 21 de mayo de 1792, Isla de Kyushu:** la erupción del volcán Unze generó un tsunami con olas de hasta cincuenta metros de altura.

### 03 TSUNAMI ORIGINADO POR VOLCANES



### 04 TSUNAMI ORIGINADO POR METEORITO



### Tsunamis generados por objetos extraplanetarios

Es muy poco probable que objetos como asteroides o cometas lleguen a la Tierra y generen un potencial tsunami catastrófico. Se cree que hay dos formas en que objetos cercanos a la Tierra puedan generar tsunamis:

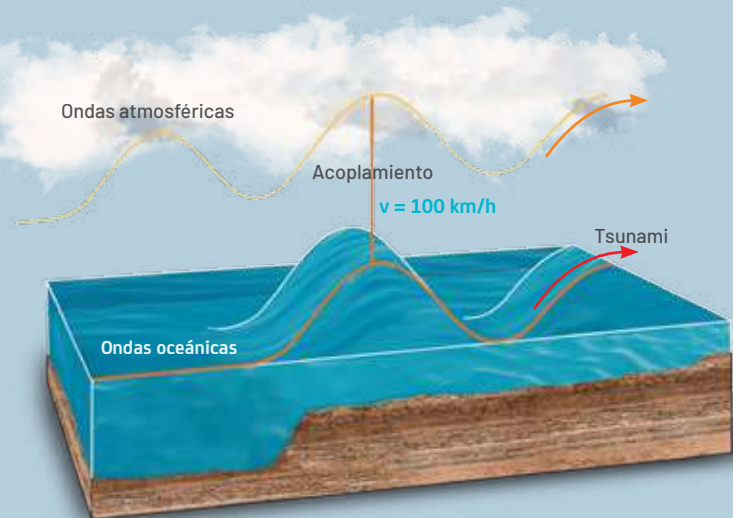
- Objeto de diámetro mayor a 1 km que atraviese la atmósfera y golpee el océano desplazando agua.
- Objetos pequeños de diámetro inferior a 1 km que impactan la atmósfera y generen explosiones que liberarían una cantidad de energía tal, que pueda detonar un tsunami debido a la explosión de aire.

**Ejemplo:** las investigaciones sugieren que el impacto de Chicxulub en la península de Yucatán, en México, probablemente causó una extinción masiva al final del período Cretácico hace 65 millones de años, que pudo haber generado un tsunami que alcanzó cientos de millas tierra adentro alrededor del Golfo de México.

### ¿Puede el clima generar tsunamis?

Algunos fenómenos meteorológicos, como líneas de turbulencia (perturbaciones de la presión de aire que se mueven rápidamente), pueden generar tsunamis. Este tipo de eventos se conocen como "meteotsunamis", los cuales tienen un comportamiento similar a los originados por sismos. Para que se puedan originar deben cumplirse ciertas características de intensidad, dirección y velocidad de la perturbación de la presión de aire que se desplaza sobre el océano, así como la profundidad de este.

Existen algunas partes del mundo como las áreas del mar Adriático, el Mediterráneo y algunos de los golfos y bahías de Japón donde es más probable que se presenten meteotsunamis debido a características regionales como patrones climáticos y la forma, así como particularidades de la superficie de la Tierra.



### DETECCIÓN Y MODELOS PARA PREDECIR EL IMPACTO DE TSUNAMIS

#### ¿Se pueden predecir los tsunamis?

En la actualidad no se puede predecir dónde y cuándo ocurrirá el próximo tsunami; sin embargo, existen centros de alerta de estos fenómenos que estudian y saben qué tipo de sismos pueden llegar a generar tsunamis y así emitir mensajes de advertencia.

Cuando se origina un tsunami, los centros de alerta utilizan modelos de pronóstico para estimar la magnitud del evento, altura de las olas, velocidad de desplazamiento, ubicación e impacto de las zonas inundables. Si la fuente del tsunami está ubicada muy cerca de la costa, es probable que los centros de alerta alcancen a emitir el mensaje detallado oportunamente.

#### ¿Cómo se activan las alertas de tsunami?

Actualmente, los centros de alertas de tsunamis cuentan con un sistema de monitoreo completo que tienen redes y sensores sísmicos, como también variaciones del nivel del agua en todo el mundo. Este monitoreo es crucial para que los centros de alerta puedan emitir mensajes de forma acertada y oportuna.

Las redes de monitoreo funcionan de la siguiente manera:

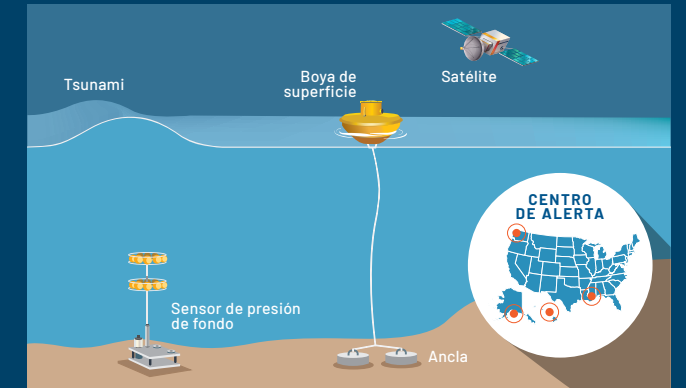
- **Redes sísmicas:** hacen seguimiento en tiempo real de los sismos que están ocurriendo y sus características como ubicación, profundidad, magnitud y fuente. Con esta información los centros de alerta evalúan si el sismo puede generar un tsunami o no. Para conocer un poco más sobre el monitoreo de los sismos, puede consultar la edición 1 de esta revista, página 14.
- **Redes de monitoreo de nivel del agua:** cuando un sismo tiene características que pueden detonar un tsunami, los centros de alerta revisan los sensores del nivel del agua para evidenciar si hay cambios que puedan dar indicios de la presencia de un tsunami, y la magnitud del sismo.

#### Modelos de amenaza de tsunami en la región

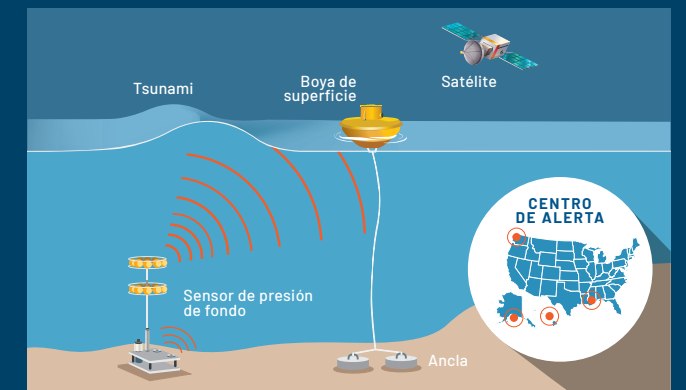
Los modelos de amenaza de tsunami son estudios que permiten obtener información del impacto que puede tener una inundación causada por tsunami teniendo en cuenta los niveles máximos esperados de altura de ola en las zonas costeras de una región. Los modelos pueden representar el evento más grande ya ocurrido en la zona o el más probable.

Para estimar y cuantificar el riesgo de tsunami es necesario considerar estudios de diferentes áreas del conocimiento, como son: sismología, geología, geofísica, oceanografía, entre otras. Teniendo en cuenta estos conocimientos, se logra generar un modelo de impacto de tsunami para posibles diversos escenarios.

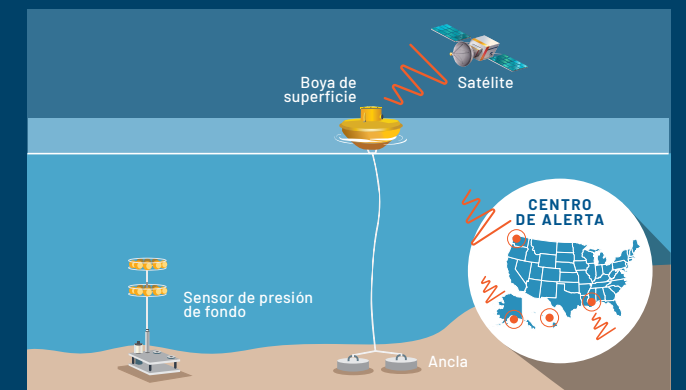
### SISTEMAS DE ALERTA



Cada sistema consta de un sensor de presión de fondo anclado en el fondo del océano y una boya de superficie acompañante amarrada por separado.

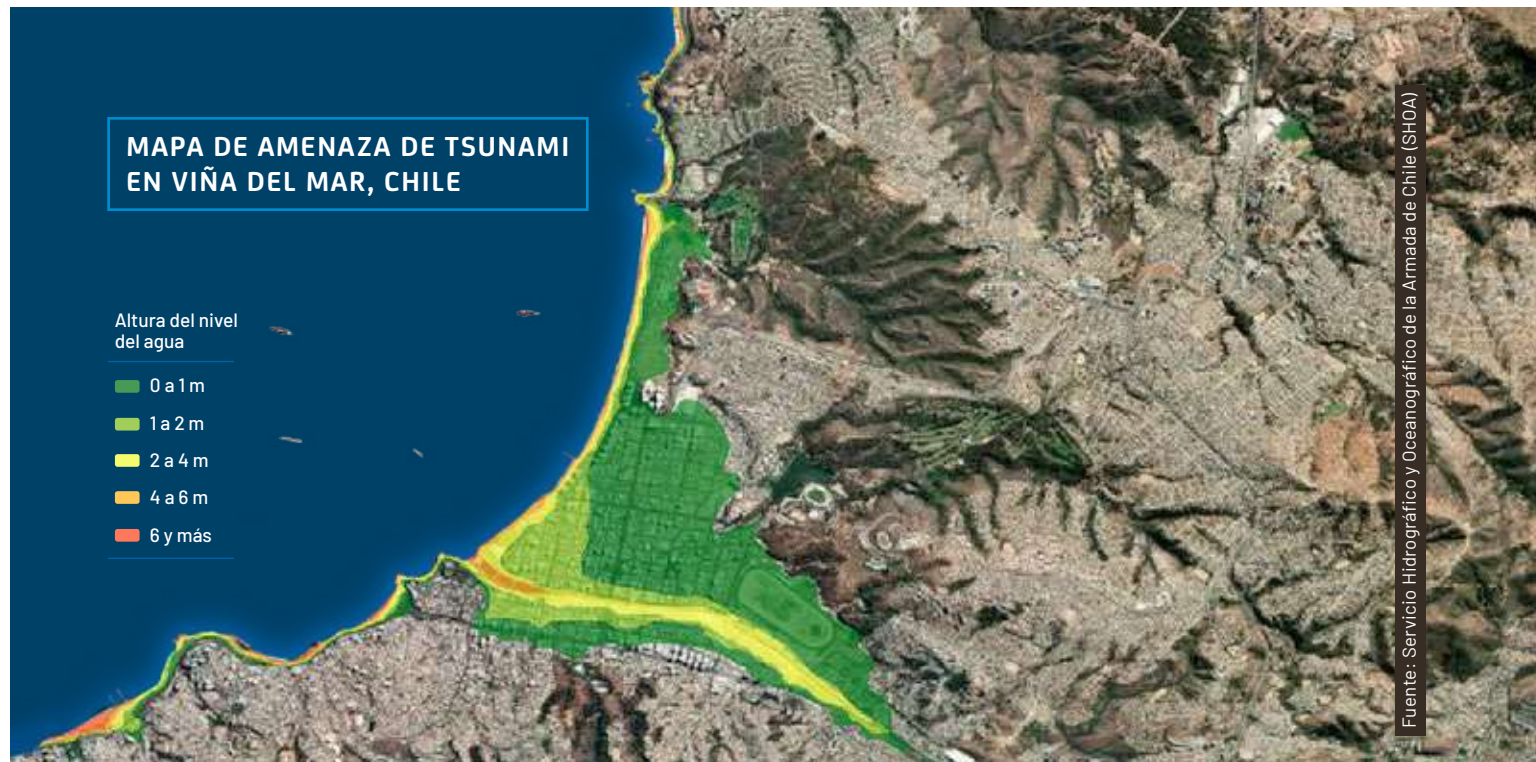


Cuando un tsunami pasa sobre un sensor de presión de fondo, el instrumento detecta y registra los cambios en la presión del agua suprayacente. Un enlace acústico transmite información desde el sensor a la boya de superficie.



Luego la transmite vía satélite a los centros de alerta donde la información se incorpora a los modelos de pronóstico de tsunamis.





## GESTIÓN DEL RIESGO Y RESILIENCIA PARA PERSONAS Y EMPRESAS

### Medidas implementadas por entidades estatales

A lo largo de la historia, el 90% de las víctimas por este fenómeno natural han sido provocadas por tsunamis locales donde las olas alcanzan la costa en minutos o pocas horas.

Países como Japón, Estados Unidos, Australia, entre otros, cuentan con desarrollo y conciencia de gestión del riesgo frente a eventos catastróficos, particularmente sobre impacto de tsunamis.

En Latinoamérica, a excepción de Chile, los países de la región no se encuentran preparados adecuadamente para enfrentar un evento de tsunami que asegure una menor cantidad de vidas afectadas y pérdidas monetarias, según indicó la ingeniera física Mary Luz Rengifo Buitrago, responsable del Centro Nacional de Alerta contra los Tsunami, de la Dirección General Marítima de Colombia. "Debido a la baja recurrencia de

tsunamis en la región, la población no es consciente de este fenómeno y del impacto que puede generar, por lo cual no se hace un trabajo profundo y continuo para gestionar este riesgo", argumentó.

La ingeniera Mary Luz Rengifo Buitrago explicó que desde las entidades gubernamentales en los países de la región se esperan implementar medidas que estén enfocadas en generar conciencia en las comunidades más vulnerables, entregando conocimiento a la población que le permita estar informada y reconocer las señales previas que da el entorno cuando se aproxima un tsunami. Adicionalmente, enfatizó que "se busca desarrollar planes de respuesta, rutas de evacuación y regular a través de planes territoriales donde no se pueden asentar comunidades y, finalmente, generar en los niños desde el colegio conciencia del riesgo al que se encuentran expuestos".

### SURA desde el área de Geociencias apoya la anticipación y la gestión

Suramericana, desde el equipo de Geociencias, cuenta con un conocimiento profundo de los fenómenos y variables de la naturaleza, así como de la gestión del riesgo para minimizar el impacto que puedan tener estos eventos en la continuidad de operaciones de las empresas.

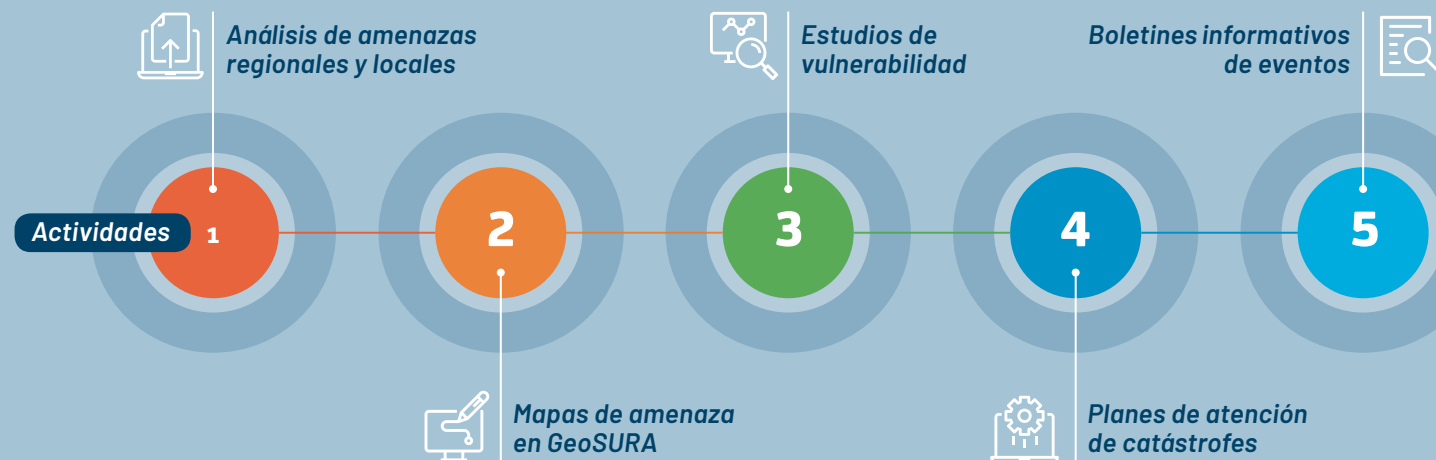
Para lograr una adecuada preparación, gestión y anticipación del evento, desde Geociencias se realizan análisis de amenaza regionales y locales a diferente nivel de detalle, donde se identifica la zona de inundación máxima probable por tsunami y se disponibilizan a través de la plataforma de GeoSURA.

Asimismo, se realizan estudios de vulnerabilidad para caracterizar las instalaciones e infraestructura construida cercana a la costa y determinar la posible respuesta que tendrían ante el impacto de una ola de tsunami. Adicionalmente, se

*Debido a la baja recurrencia de tsunamis en la región, la población no es consciente de este fenómeno y del impacto que puede generar, por lo cual no se hace un trabajo profundo y continuo para gestionar este riesgo.*

**MARY LUZ RENGIFO BUITRAGO,**  
Centro Nacional de Alerta contra los Tsunami,  
Dirección General Marítima de Colombia

## PREPARACIÓN, GESTIÓN Y ANTICIPACIÓN CON SURA



evalúa la pertinencia de tener obras de protección, mitigación, o repotenciar estructuras existentes críticas.

Dada la experiencia y conocimiento con que cuenta SURA en los temas de la naturaleza, brinda acompañamiento a las empresas en la construcción o actualización de planes de atención de catástrofes, con el fin de entregar elementos para gestionar la continuidad del negocio y una rápida capacidad de recuperación, ante la ocurrencia de un evento de la naturaleza como es el caso de un tsunami.

Finalmente, Geociencias está conectado con diferentes entidades a nivel mundial que realizan monitoreo, seguimiento y generan alertas de tsunami, permitiendo elaborar boletines informativos con características del evento y la posible zona de afectación poco tiempo después de ocurrida la alerta, facilitándole a la compañía realizar una rápida gestión y acompañamiento a los clientes ubicados en la zona afectada.

### Herramienta para la toma de decisiones

GeoSURA como plataforma corporativa de información geográfica permite acceder a referencias centralizadas de diferentes fuentes con el fin de brindar información asociada a un evento de tsunami, generar conciencia y tomar decisiones con menor nivel de incertidumbre.

La plataforma permite visualizar el catálogo histórico sísmico y de tsunamis que han ocurrido en el mundo, lo cual evidencia las zonas donde por su recurrencia hay mayor probabilidad de verse impactadas por estos fenómenos. Adicionalmente, se puede acceder a los modelos de amenaza de inundación por tsunami que se han desarrollado para diferentes regiones.

### Retos y oportunidades después de un tsunami

Los eventos de la naturaleza, en este caso los tsunamis, generan una gran afectación a la población desde el ámbito personal, social y económico. No obstante, una vez ocurrido un evento de gran magnitud, la comunidad afectada se enfrenta al desafío de levantar y reestablecer la ciudad. En esa tarea de reconstrucción, es importante implementar mejores prácticas en materia de infraestructura y desarrollo de ciudades sostenibles.

Desde el punto de vista ambiental, los tsunamis como fenómeno natural a lo largo de la historia de la Tierra han propiciado que muchos de los minerales que se encuentran en el mar lleguen a las zonas costeras, brindando así nutrientes que posibilitan que estas zonas se vuelvan más fértiles y estimulan el crecimiento de plantas y cultivos.

## FUENTES

**Jorge Santiago Victoria D.** Ingeniero civil de la Universidad Nacional de Colombia, especialista en Gerencia de Proyectos de la Universidad EAFIT. Ha trabajado con sistemas de información geográfica en Suramericana. Actualmente hace parte del proyecto, apoyando temas relacionados con sistemas de información geográfica en la plataforma GeoSURA del área de Geociencias.

**Mary Luz Rengifo Buitrago.** Ingeniera física de la Universidad del Cauca, con estudios en gestión del riesgo de desastres y una experiencia de nueve años en temas de tsunamis. Desde el año 2012

es responsable del Centro Nacional de Alerta contra los Tsunamis, en la Dirección General Marítima de Colombia; actualmente, hasta el año 2022, es la delegada a la presidencia del Grupo de Trabajo de Alertas de Tsunamis del Pacífico Sudeste, en el marco del Sistema de Alerta contra los Tsunamis y Mitigación de sus efectos en el Pacífico, de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental y en el marco de la Comisión Permanente del Pacífico Sudeste y la coordinación del Comité Técnico Nacional de Alerta de Tsunami de la Comisión Colombiana del Océano.

**HAZ CLIC AQUÍ para conocer las referencias de este artículo.**

La revista **Geociencias SURA** cuenta con un equipo de trabajo especializado que apoya las actividades de redacción, edición y diseño, conformado por fuentes internas de Suramericana e investigadores externos ampliamente reconocidos en el mundo, en temas relacionados con las interrelaciones de la naturaleza con los diferentes aspectos estratégicos de las empresas y la sociedad.

## FUENTES INTERNAS

**Elizabeth Cardona Rendón**  
Gerente de Geociencias Suramericana S. A.

### Equipo Suramericana S. A.

Andrea Jaramillo Rivera  
Juan Pablo Restrepo Saldarriaga  
Juan David Rendón Bedoya  
Juan Carlos Medina Fernández  
Luis Miguel Restrepo G.  
María José Barrera Gutiérrez de Piñeres  
Santiago Victoria Domínguez  
Victoria Luz González Pérez

## CONCEPTUALIZACIÓN, ARQUITECTURA GRÁFICA, EDICIÓN PERIODÍSTICA Y PRODUCCIÓN

### Taller de Edición S. A.

**Dirección**  
Adelaida del Corral Suescún

**Edición**  
Natalia Mesa Jaramillo

**Periodista**  
Ximena Serrano Gil

**Diseño**  
Verónica Sánchez Cuartas  
Rudy Daniela Chavarría

**Imágenes**  
Shutterstock, Suramericana,  
Geosura, Getty

## FUENTES EXTERNAS

**Chris Mejía Argueta**  
Es Ph. D. y máster en Ingeniería Industrial (Summa Cum Laude) por el Tecnológico de Monterrey. Director y fundador del Food and Retail Operations Lab en el Centro de Transporte y Logística del MIT. También es director de la red Scale para América Latina y el Caribe. Realiza investigación aplicada para empresas, gobierno y ONG desde hace 14 años en mercados emergentes.

**Juan G. Villegas**  
Profesor titular del Departamento de Ingeniería Industrial e investigador senior del grupo Aliado de la Universidad de Antioquia. Es ingeniero de Producción de la Universidad EAFIT (2001), magíster en Ingeniería Industrial de la Universidad de los Andes (2004), magíster en Matemática Aplicada de la Universidad EAFIT (2008), doctor en Ingeniería de la Universidad de los Andes (2011), Ph. D. en Optimización de Sistemas de Université de Troyes, Francia (2011).

**Jennifer Andree Uribe Montoya**  
Profesional en enfermería y M. Sc. en Salud Pública. Ejerció su profesión como enfermera profesional en diversas clínicas del área metropolitana del Valle de Aburrá y actualmente desempeña funciones públicas gubernamentales en las que se destaca su rol actual como Secretaria de Salud de Medellín.

**María Alejandra Vélez Lesmes**  
Directora del Centro de Estudios sobre Seguridad y Droga (CESD), profesora asociada de la Facultad de Economía de la Universidad de los Andes y miembro fundador del Centro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para América Latina y el Caribe (CODS). Economista de la Universidad de los Andes y Ph. D. en Economía de los Recursos Naturales de la Universidad de Massachusetts, Amherst.

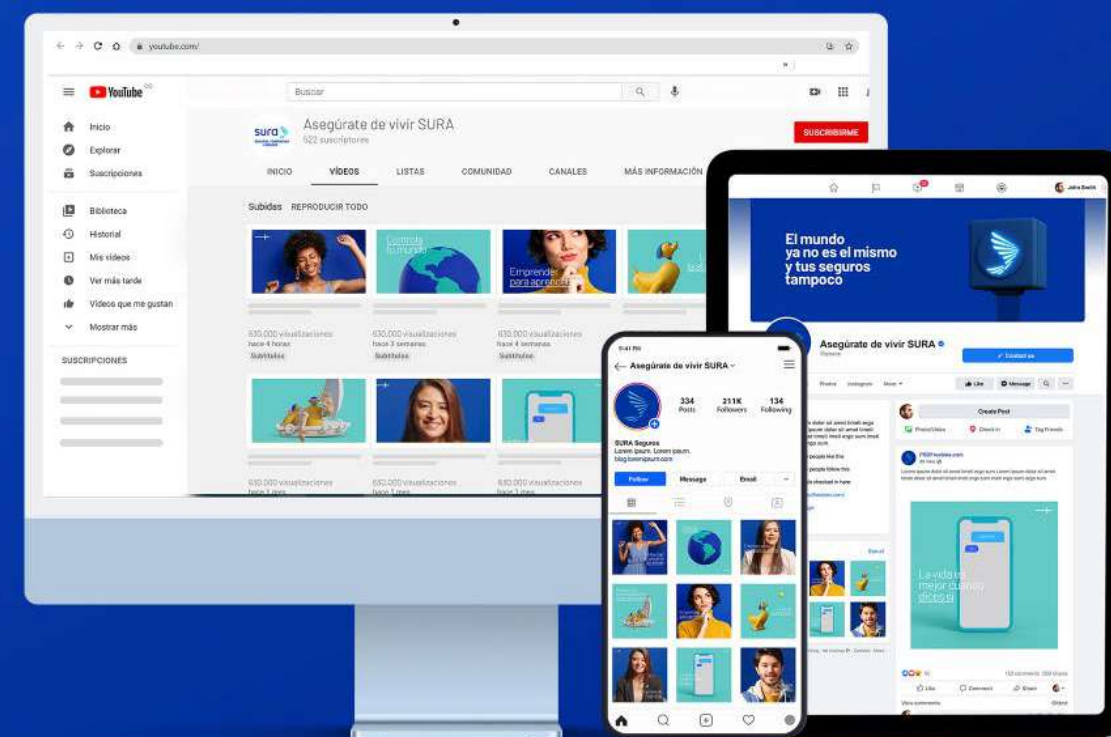
**Ana María Cruz**  
Profesora titular en el Instituto de Investigación en Prevención de Desastres de la Universidad de Kyoto, en Japón. Es ingeniera química y tiene un doctorado en Ingeniería Ambiental de la Universidad de Tulane, en Nueva Orleans, EE. UU. En la actualidad, investiga accidentes tecnológicos provocados por peligros naturales (Natech). Es la presidenta de la Sociedad Internacional para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (IDRiM).

**María Camila Suárez Paba**  
Ingeniera química de la Universidad de América y magíster en Ingeniería Química de la Universidad de los Andes. Culminó su doctorado en ingeniería en la Universidad de Kioto, Japón, en 2019, bajo el programa de Ingeniería de la Seguridad Humana.

**Mary Luz Rengifo Buitrago**  
Ingeniera física de la Universidad del Cauca, con estudios en gestión del riesgo de desastres, experiencia de nueve años en el tema de tsunami. Desde el año 2012 es responsable del Centro Nacional de Alerta contra los Tsunamis en la Dirección General Marítima de Colombia.

# Asegúrate de vivir el mundo de siempre y el que llega.

Haz parte de nuestras comunidades, conoce nuestras conversaciones con expertos de bienestar en latinoamérica y comparte tips para vivir mejor





# S. Duque

---

*Costa del Darien, 1977*  
Acuarela sobre papel  
Colección SURA