

## Meteorología y transporte

Año 14 | N° 8 | Enero 2022  
ISSN papel: 0539-4716  
ISSN en línea: 2591-4812

## Cuando pase el temblor

Meteorología y transporte aéreo  
P.06

## Barquitos de papel

Los inicios del transporte marítimo  
P.22

## Un adversario en los aires

Ceniza volcánica  
P.42

# METEOROS<sup>o</sup>



STAFF

**AUTORIDADES**  
**Directora del Servicio Meteorológico Nacional**  
Dra. Celeste Saulo

**Edición General**  
Mariela de Diego  
Valentina Rabanal

**Comité Editorial**  
Laura Aldeco  
María Eugenia Bontempi  
Julia Chasco  
Carolina Cerrudo  
Mariela de Diego  
Ramón de Elia  
Cindy Fernández  
Valentina Rabanal  
María Alejandra Salles

**Diseño**  
Sebastián Carrasco  
Nicolás Glikson  
Guadalupe Cruz Díaz

**Fotografía**  
Agustina Sánchez



# Aire, agua y tierra

## P.06

### Quando pase el temblor

Experimentar turbulencia durante un vuelo es una de las sensaciones más temidas por muchas personas. Pero la actividad aeronáutica puede verse afectada por una amplia variedad de fenómenos, capaces de producir diversos inconvenientes.

## P.10

### El viento está de nuestra parte, ¿o no?

Si miramos el mar en sus momentos de calma veremos un horizonte llano, de superficie uniforme y estable. Pero todo marineró sabe que esa tranquilidad es solamente una ilusión, y que detrás de esa enorme masa acuática actúan fuerzas invisibles y engañosas.

## P.16

### Se hace camino al andar

Antes de subirnos a un tren o un auto, verificamos que tengamos todo lo necesario. Quien está al volante, sea cual sea el medio de transporte, no puede dejar nunca de lado a un acompañante que puede traer más de un dolor de cabeza: la meteorología.



## P.28

### Aprender a volar

La ambición de convertir un sueño en realidad ha sido el estímulo para comprender, dominar y aplicar los principios físicos y dinámicos que gobiernan la atmósfera. Demandó miles de años. Pero finalmente tomó vuelo.

## P.38

### Tiempo en el aire

Gran parte de las decisiones que toma un piloto se basan en las condiciones del tiempo presentes y futuras. ¿Cómo se produce esa información? ¿Desde dónde? ¿Quién la produce? ¿Cómo se transmite?

## P.46

### La ruta compartida de la movilidad y mitigación del cambio climático

Si bien la vida como la conocemos no sería la misma sin las distintas formas de trasladarnos, el aumento de su uso tiene un protagonismo inherente a los cambios que se dan en el clima.

## P.20

### Infografía: Climas extremos y el transporte

## P.34

### Mayday: Cuando algo no sale bien

Cuando ocurre un siniestro en algún medio de transporte, el Servicio Meteorológico Nacional se convierte en un actor clave a la hora de intentar determinar las posibles causas del mismo.



## P.51

### Hacelo vos mismo. Manga de viento o catavientos

## P.22

### Barquitos de papel

Los orígenes del transporte marítimo y fluvial donde, desde aquella primera corteza botada al mar, la meteorología fue siempre protagonista, con el viento en el rol de capitán.

## P.42

### Un adversario en los aires

El aumento de los vuelos en las últimas décadas evidenció un nuevo “enemigo” de los motores. La creación de los VAAC implicó un trabajo global para la detección temprana y el correcto seguimiento de las partículas originadas en las erupciones volcánicas.



## Editorial Celeste Saulo

Es posible que quienes sienten interés por la meteorología hayan empezado su acercamiento a esta disciplina a través de los fenómenos más impresionantes que nos regala la naturaleza. Tormentas, huracanes, sequías, inundaciones y vientos intensos son todas manifestaciones de la física atmosférica que, en distintas escalas de tiempo y de espacio, nos generan distintos impactos. Desde otra perspectiva, es posible también que el interés haya surgido por cómo la meteorología se va metiendo en nuestra vida cotidiana, prácticamente en casi todas las cuestiones que encaramos a lo largo del día y en aquellas que planificamos con cierto plazo pensando en disfrutar una salida o unas vacaciones.

Sin embargo hay, además, un conjunto de actividades que dependen críticamente de la meteorología o, dicho de otro modo, del estado del tiempo. Cuando decimos críticamente estamos pensando en que, lisa y llanamente, la actividad puede verse cancelada o, peor aún, es posible que si no se toman decisiones oportunas, se produzcan accidentes producto de la afectación grave que la meteorología genera.

Este número de Meteoros<sup>o</sup> se encuentra dedicado, justamente, a un conjunto de actividades que englobaremos en la categoría **transporte**, que está fuertemente condicionada por la meteorología. En este punto, imagino que lectores y lectoras pueden estar pensando ya en algunos ejemplos y, muy probablemente, hayan tenido una o varias experiencias personales al respecto. Una niebla que condiciona un viaje en ruta, una tormenta eléctrica que impide la carga de combustibles en un aeropuerto o un viento intenso que limita el uso de pequeñas embarcaciones.

En nuestra sociedad actual, es difícil abstraerse del uso del transporte a través de cualquiera de sus medios: terrestre, marítimo, fluvial o aéreo, ya sea como forma de desplazamiento habitual o para trasladar mercaderías. Consecuentemente, en la medida que la meteorología afecta a esas actividades es central conocer cómo lo hace, a los fines de minimizar los impactos negativos o generar oportunidades que beneficien un negocio o actividad productiva. Esta manera de pensar la meteorología, a través de los impactos que genera en las diversas actividades, es bastante reciente. La novedad es intentar traducir en beneficios económicos todo aquello que puede ser modificado por haber tomado una acción basada en información meteorológica o climática.

Pero al respecto debemos hacer una reflexión importante: para que la información meteorológica se traduzca en valor económico, es indispensable que la misma se introduzca explícitamente en el proceso de toma de decisión. Es decir que debe formar parte intrínseca de lo que llamamos **cadena de valor**. Pensemos un ejemplo muy drástico: ¿de qué serviría un pronóstico meteorológico perfecto acerca de la ocurrencia de nevadas muy intensas en la zona de la cordillera si quienes se encuentran a cargo del transporte de cargas entre Argentina y Chile no hacen uso de ese dato y, consecuentemente, decenas de camiones

quedan varados en la frontera, ocasionando riesgos y enormes costos económicos? Les dejo la respuesta a ustedes...

Por esta razón, desde el Servicio Meteorológico Nacional nos encontramos trabajando en varios flancos para lograr que la información que generamos sea efectivamente incluida en la toma de decisiones. Está demostrado que se generan beneficios económicos sustantivos cuando se sabe emplear la información sobre tiempo y clima en el contexto de una actividad productiva o en la provisión de servicios. También está demostrado que no alcanza con la voluntad del SMN de trabajar en ese sentido; se necesita una sociedad permeable a cambiar determinadas prácticas. Se requiere que empresas, sectores productivos y cooperativas, se dispongan a codiseñar qué tipo de información necesitan para tomar mejores decisiones.

Si hay una cosa que la sociedad ha comprendido es que no hay soluciones únicas que beneficien igualmente al conjunto. Hay matices, momentos críticos o lugares específicos en que se necesita una información dada. Descubrir esos detalles en función de cada actividad es el verdadero desafío. Interpelar a la sociedad a comprometerse en esa búsqueda y ese codesarrollo es otro.

Desde esta Meteoros<sup>o</sup>, buscamos contarles cómo la meteorología irrumpe en el transporte, lo que condiciona su eficacia y su seguridad. Y lo hace desde tiempos inmemoriales. Este es solo un ejemplo, que busca ampliar la manera en que pensamos la meteorología y su relación con el transporte. Buscamos así que quienes nos leen se hagan nuevas preguntas acerca de cómo podrían mejorarse algunas decisiones. Esperamos que la disfruten, sigan estrechando sus lazos con la meteorología y se propongan identificar qué información asociada al clima o al tiempo les haría rendir mejor sus recursos. Acá estaremos, disponibles para transitar con ustedes por esos nuevos caminos.

---

### Dra. Celeste Saulo

Directora del Servicio Meteorológico Nacional  
Profesora Asociada de la Universidad de Buenos Aires  
Investigadora Independiente CONICET  
Vicepresidente 1ra de la Organización Meteorológica Mundial



# CUANDO PASE EL TEMBLOR

**Experimentar turbulencia durante un vuelo es una de las sensaciones más temidas por muchas personas. Pero la actividad aeronáutica puede verse afectada por una amplia variedad de fenómenos, capaces de producir diversos inconvenientes como la demora, cancelación del servicio o la modificación de la ruta aérea sobre la marcha.**

Por Carolina Cerrudo

Las operaciones aeronáuticas suelen estar fuertemente condicionadas por la meteorología. Tiene impacto tanto en la seguridad como en lo económico: accidentes, demoras o cancelaciones, reprogramación y desvíos de rutas de vuelo, carga de combustible, planificación del tipo de aproximación para el aterrizaje y organización del tránsito en tierra, son algunos ejemplos de impactos y operaciones afectadas.

Pero no solo las tormentas y los fuertes vientos son capaces de causar efectos negativos en la aviación. La reducción de visibilidad por diversos factores, engelamiento, dispersión de ceniza volcánica y turbulencia en aire claro son fenómenos muy comunes que pueden producir graves y muy costosas complicaciones.

La presencia de tormentas interfiere tanto en la seguridad de las maniobras en vuelo como en la pista, como por ejemplo las operaciones de carga de combustible. La dirección e intensidad de los vientos deben tenerse en cuenta para organizar el tránsito de las aeronaves tanto en tierra como en vuelo. La lluvia y la nieve, además de reducir la visibilidad, afectan a la acción de frenado, lo que provoca aterrizajes más largos, con riesgo de salida de pista. Estos son algunos de los efectos que los fenómenos meteorológicos tienen en la actividad aeronáutica.

## Ojos que no ven

Tanto la nubosidad baja como la escasa visibilidad son fenómenos que afectan significativamente a las operaciones. La visibilidad puede verse reducida por diversos factores: niebla, lluvia, nieve, tormentas de polvo, etc. A simple vista, pareciera que los impactos producidos serían menos dramáticos que los causados, por ejemplo, por las tormentas severas. Sin embargo, los episodios de niebla y nubosidad baja son más frecuentes y tienen repercusiones importantes, tales como retrasos, desvíos o cancelación de vuelos. En condiciones de escasa visibilidad por niebla tuvo lugar el accidente ocurrido en la localidad tinerfeña de Los Rodeos (España) en el año 1977, donde se produjo la colisión entre dos aviones en pista.

La niebla consiste en un conjunto de gotitas de agua o cristales en suspensión cerca de la superficie terrestre que pueden conducir a la reducción de la visibilidad horizontal a menos de un kilómetro. Existen distintos tipos de nieblas según su proceso de formación, entre los cuales intervienen la microfísica del agua, la química de los aerosoles, la radiación, los procesos turbulentos de pequeña escala, las condiciones de la superficie, entre otros. Esta variedad y complejidad de los procesos involucrados hace que sea difícil de pronosticarla.

Entre los factores que deben tenerse en cuenta en situaciones de visibilidad reducida se encuentran la configuración de las pistas, los límites de operación y los umbrales mínimos de aproximación y aterrizaje. Cada aeropuerto tiene sus propios valores mínimos de visibilidad, a partir de los cuales se decide si el vuelo puede realizarse con puntos de referencia visibles (vuelo visual) o es necesario recurrir al vuelo con instrumentos (donde no se utilizan referencias geográficas). En el primer caso, es necesario conocer las condiciones de visibilidad y nubosidad en todo el recorrido, mientras que si se utilizan instrumentos, es importante conocer dichas condiciones, principalmente en los aeropuertos de salida y llegada.

*Uno de los parámetros que se utilizan para evaluar si las condiciones están por encima o por debajo de los mínimos operacionales para despegue y aterrizaje es el alcance visual en pista (RVR, por su nombre en inglés).*

Dicho parámetro es la distancia hasta la cual el piloto de una aeronave que se encuentra sobre el eje de una pista puede ver las señales de superficie de la pista o las luces que la delimitan o señalan su eje. El objetivo principal del RVR es proporcionar información sobre las condiciones de visibilidad en pista. Este factor, junto con la altura de la base de nube, es determinante para la activación de los procedimientos de visibilidad reducida en los aeropuertos.

En las ocasiones en que se requiere un destino alternativo

para el aterrizaje porque el aeropuerto no está en condiciones de ser utilizado, debe contemplarse una carga adicional de combustible que permita tratar de aterrizar en el aeropuerto de destino y después seguir hasta la opción alternativa más lejana. Al llegar a cualquiera de los dos aeropuertos, debe quedar una reserva de combustible. Esto implica gastos considerables, de hasta millones de dólares estadounidenses por día con visibilidad muy baja, si se consideran todos los vuelos afectados, además de la cantidad de horas de retraso e inconvenientes para los pasajeros.

## Tiembla el aire

Las tormentas son fenómenos de gran impacto para la aviación, pues tienen asociados la mayor cantidad de efectos adversos para las operaciones aeronáuticas, ya sea en tierra o en vuelo. En caso de tormenta, las aeronaves deben mantenerse en espera o desviar su recorrido a otro aeropuerto para evitarlas. Es importante identificar la trayectoria de la tormenta para poder estimar el tiempo en que dicho fenómeno tardará en llegar a la zona y advertir sobre sus efectos, entre los que se encuentran fuertes precipitaciones, actividad eléctrica, intensos movimientos verticales de aire (ascendentes y descendentes), cortantes horizontales de viento y turbulencia.

Se llama cortante de viento a la variación de la dirección e intensidad del mismo. En bajas alturas, esto provoca desestabilización y pérdida de sustentación de la aeronave, colocando en riesgo el despegue y el aterrizaje.

*En aviación, se considera viento cruzado a aquel componente que sopla perpendicularmente a la pista de aterrizaje, lo que dificulta los aterrizajes y despegues en comparación con un viento que sigue el sentido de la pista.*

Si el viento cruzado es muy fuerte puede provocar daños estructurales al tren de aterrizaje de las aeronaves, motivo por el cual existe un umbral a partir del cual se prohíbe el intento de esta maniobra, y el avión deberá dirigirse a su aeródromo alternativo.

Cuando se sufren perturbaciones de microescala en el movimiento de la aeronave, se dice que se experimenta turbulencia. A veces la cortante del viento puede percibirse como turbulencia, pero en realidad puede generarse por distintos factores, los cuales determinan tres tipos principales: la turbulencia inducida por convección, por orografía y en aire claro. Si bien resulta más intuitivo relacionarla a la presencia de nubosidad, es importante tener en cuenta que en muchos



casos “no es visible”, como sucede con la turbulencia en aire claro, o la convectiva en ambientes donde el aire es seco.

Un ejemplo de esto último son las llamadas térmicas, donde el aire relativamente más cálido que su entorno asciende, pero debido al escaso contenido de humedad no se produce la formación de nubes. Dicho movimiento de aire también produce turbulencia, aunque no lo veamos. Incluso en el caso de desarrollo de una nube convectiva, se produce turbulencia no solo en el interior de la nube debido a movimientos verticales de aire, sino también en sus alrededores, donde se genera una propagación de ondas que desencadena perturbaciones en un radio de varios kilómetros de distancia respecto de la nube.

Las ondas de montaña son el resultado de aire que, al ser forzado a ascender a barlovento de una barrera montañosa, desciende a sotavento. Esta perturbación evoluciona en una serie de ondas corriente abajo de la barrera y puede extenderse por cientos de kilómetros de distancia. Pueden manifestarse ya sea como un flujo ondulado y no turbulento, o bien pueden contener turbulencia en aire claro en la forma de ondas que se rompen y “rotores”. Los aficionados al vuelo aprenden a utilizar las ondas de montaña para ganar altura. Sin embargo, la **ruptura de ondas y rotores asociados constituyen uno de los fenómenos más peligrosos que pueden experimentar los pilotos.**

La mayoría de los parámetros que se utilizan para evaluar la intensidad de la turbulencia son subjetivos, y a su vez los efectos dependen del tipo y tamaño de la aeronave. En el caso de una turbulencia leve ya se enciende la señal lumínica de ajustar los cinturones de seguridad para los pasajeros. En la moderada, hay dificultad para circular dentro del avión, los objetos sueltos se desplazan, pero el vuelo permanece controlado. En la severa, se registran cambios bruscos y el avión puede perder el control por cortos períodos de tiempo, mientras que en la extrema la aeronave no puede controlarse correctamente y puede sufrir daños estructurales. En caso de recibir informes con áreas de posible turbulencia se

recomienda cambiar el nivel de vuelo. Otras decisiones que se toman durante el vuelo son la reducción de la velocidad, ajuste de cinturones de seguridad y la suspensión de los servicios a bordo.

## Agua congelada y roca ardiente

Es muy común que durante un vuelo el avión haga parte de su recorrido a través de las nubes (aquellas que no son de tormenta) sin problemas. Sin embargo, **debido a las bajas temperaturas que se encuentran en altura y la disponibilidad de agua en sus distintas fases dentro de la nube, se puede llegar a favorecer la formación de hielo sobre la superficie de la aeronave.** Este fenómeno se conoce con el nombre de engelamiento. Los tipos de nubes en donde este proceso puede ocurrir son los altocúmulos, altoestratos, estratocúmulos y nubes convectivas.

El hielo aumenta el peso de la aeronave y degrada sus propiedades aerodinámicas. Los impactos producidos dependen del tamaño de la aeronave, la disposición de las alas y la disponibilidad de equipo de deshielo a bordo. El engelamiento también puede producirse en pista, dependiendo de las condiciones meteorológicas en el aeropuerto. Según el proceso, pueden formarse distintos tipos de hielo sobre la aeronave y causar distintos efectos.

Los factores meteorológicos más importantes a tener en cuenta relacionados con la gravedad y el tipo de engelamiento son el contenido de agua líquida, el contenido y el tamaño de gotas de agua sobreenfriada (agua líquida en valores bajo los 0 °C) y la temperatura (la mayor parte ocurre entre 0 °C y -20 °C). La gravedad se clasifica de acuerdo a la velocidad de acumulación, la eficacia de los sistemas de deshielo y las

medidas que el piloto debe tomar para evitar o combatir la acumulación del hielo. A partir de la categoría moderada la tasa de acumulación es peligrosa en cortos períodos de tiempo. Es necesario utilizar equipos descongelantes y anticongelantes, y cambiar el rumbo o nivel de vuelo.

*Pero no solo los violentos movimientos verticales y el hielo amenazan el vuelo en las alturas. Las erupciones volcánicas tienen asociados numerosos impactos, pero el más relevante para la aviación es el efecto de las cenizas y su desplazamiento en la atmósfera.*

El encuentro de un avión con una nube de ceniza volcánica puede producir pérdida de potencia en uno o todos los motores, avería de los sistemas eléctricos y daños a los parabrisas y otros bordes de ataque. La fusión de las partículas de ceniza en las partes calientes de los reactores puede conducir a su fallo total. Asimismo, puede producirse la erosión de los componentes móviles del motor, como también de los elementos externos de la aeronave, contaminación de los filtros y conductos de aire. Dichos impactos constituyen un gran peligro para las aeronaves en vuelo, además de tener consecuencias económicas importantes para la industria del transporte aéreo en general.

Una particularidad que tiene el impacto producido por las cenizas volcánicas en la aviación, es que afecta tanto en forma local como global, pudiendo abarcar áreas muy grandes. En el caso de la erupción del volcán chileno Puyehue, en junio de 2011, la nube de cenizas tardó 14 días en dar una vuelta completa al mundo y afectó los viajes aéreos en Sudamérica, África y Oceanía.

Es de especial importancia para la planificación de la actividad aeroportuaria tanto en tierra como en aire establecer la dirección y velocidad de desplazamiento de una pluma de cenizas, la probabilidad de formación de niebla, la ocurrencia de engelamiento, el desarrollo y la evolución de tormentas, turbulencia, etc. El conocimiento acerca de todos estos fenómenos determinan la ejecución de numerosos procedimientos, entre los cuales se encuentran determinar niveles de vuelo seguros, establecer modificaciones en las rutas de los planes de vuelo, o incluso recomendar la demora o cancelación de los vuelos de acuerdo a la evolución prevista.°

### Fuentes consultadas:

Módulos COMET-METED sobre meteorología aeronáutica. Organización Meteorológica Mundial (OMM), *Atlas Internacional de Nubes*.  
<https://cloudatlas.wmo.int/es/home.html>



# EL VIENTO ESTÁ DE NUESTRA PARTE, ¿O NO?

***Si miramos el mar en sus momentos de calma veremos un horizonte llano, de superficie uniforme y estable. Pero todo marinero sabe que esa tranquilidad es solamente una ilusión, y que detrás de esa enorme masa acuática actúan fuerzas invisibles y engañosas que pueden transformarlo todo en pocos minutos.***

Por Cindy Fernández

Es innegable el papel que tuvo -y tiene- la navegación en el desarrollo de la humanidad. Para las civilizaciones más antiguas, el mar y los ríos eran una preciada fuente de alimento y, por ello, se asentaban cerca de las costas. Así, seguramente,

*la navegación empezó el día en que un ser humano subió a un tronco para alejarse de la costa y aumentar su pesca.*

Mucha agua pasó debajo de ese puente. Desde las primitivas barcas egipcias, los perfeccionados clípers construidos en Inglaterra y Estados Unidos, pasando por las carabelas utilizadas por los europeos, las diversas culturas utilizaron diferentes tipos de embarcaciones para moverse, transportar mercancías y, por qué no, conquistar nuevas tierras.

Hoy, las actividades de pesca y alimento proporcionan un medio de vida a más de 820 millones de personas en todo el mundo y más del 90 % de los bienes comercializados del mundo viajan por mar. El atasco del carguero *Ever Given*, que paralizó el canal de Suez en marzo de 2021, fue un gran recordatorio de la importancia del transporte fluvial y marino. Un repentino incremento en el viento, junto a una tormenta de arena con ráfagas que superaron los 90 km/h, desviaron al carguero de su trayectoria, que terminó encallado y totalmente atravesado en el canal. Por ese lugar circula más del 12 % del comercio total y, por una semana, estuvo bloqueando el paso. Se estima que cerca de 369 embarcaciones esperaban para pasar, incluidos barcos con contenedores y tanques de petróleo y gas natural, lo que provocó un fuerte impacto en el precio de estos productos. El día siguiente a la suspensión del tráfico del canal, los precios mundiales del crudo subieron más de un 6 %.

No quedan dudas de que la meteorología puede traducirse en impactos económicos muy grandes, y que un pronóstico también puede verse como una herramienta para maximizar la ganancia. La precisión y la puntualidad de las previsiones meteorológicas mejoró enormemente en las últimas décadas. Sin embargo, la pérdida de bienes y vidas debido a condiciones climáticas extremas todavía es muy elevada. Vientos fuertes, olas colosales, nieblas que se cierran alrededor de los barcos, poderosas tormentas y temperaturas extremas son algunos de los peligros que pueden encontrar los navegantes. Los más de 1,6 millones de marinos que navegan diariamente conocen los riesgos y saben que el agua es un lugar que puede transformarse en pocos minutos.

Pero también conocen de mares, cielos y corrientes, y llevan centenares de años registrando los lugares en donde es casi imposible escapar del clima extremo. Desde las calmas ecuatoriales, donde un barco a vela puede pasar horas sin prácticamente moverse, a los vientos huracanados o las olas de 20 metros en el océano Atlántico sur, a continuación repasaremos los lugares más peligrosos para navegar, junto a las amenazas que pueden hacer retroceder hasta al más valiente de los piratas.

## Rugientes, aulladores y bramadores

Existen zonas marítimas donde las condiciones meteorológicas, con frecuencia, son malas o muy malas. Este es el caso de una región ubicada entre los paralelos 40 y 50 del hemisferio sur conocida mundialmente como *los 40 rugientes* (llamados *Roaring Forties* en inglés). Recibe este nombre por el fuerte sonido que provoca el incesante viento de esas latitudes.

Los 40 rugientes no se encuentran en una zona pequeña. De hecho, es una franja que da la vuelta al mundo rodeando a la Antártida. Su origen está relacionado con el frío extremo de esta región, el efecto de Coriolis y la ausencia de continentes que debiliten las corrientes de aire. Además de estos fuertes vientos del oeste, la región es surcada por centenares de sistemas ciclónicos (aquellos de baja presión) que producen temporales en su máxima expresión.

El primer marino que navegó estas aguas -al menos del que se tiene registro- fue el holandés Hendrik Brouwer (1581-1643), que aprovechó el viento del oeste para unir Sudáfrica con Indonesia en poco tiempo gracias al impulso que le otorgaban estos vientos. Luego, fue utilizado para potenciar el comercio entre Europa, India y Australia. Pero solo quienes hayan alcanzado la máxima destreza a bordo son capaces de dominar una embarcación en las aguas de los mares del sur. Pero si deciden ir todavía un poco más al sur, van a encontrarse con que los marineros también tienen nombres para esas rutas, quizás como advertencia de los peligros para algún distraído navegante. Es así como, luego de los 40 rugientes, nos encontramos con los 50 aulladores y luego con los 60 bramadores, donde los vientos sostenidos superan los 100 km/h



y las olas alcanzan regularmente los 10 metros. Las tres zonas de vientos se distinguen por su intensidad, cada vez más mortal, y deben sus nombres a las latitudes en las que soplan.

El *pasaje de Drake*, que separa América del Sur de la Antártida, es uno de los lugares donde navegar se vuelve más peligroso debido a la canalización del viento por el efecto embudo entre la cordillera de los Andes y la península antártica. Es considerado uno de los cementerios de barcos más grandes del mundo. Gracias a la inauguración del canal de Panamá, las embarcaciones dejaron de navegar por este estrecho camino de solo 900 kilómetros de ancho. De todos modos, aún hoy muchos se adentran en sus aguas a pesar de los fuertes vientos, las corrientes despiadadas, la pésima visibilidad, las constantes tormentas, los témpanos a la deriva y sus olas de hasta 30 metros.

Todo marinero que se aventure en la zona debe estar preparado para cualquier cosa, aprovechar las pocas ventanas de buen tiempo y tener grabado en la mente un famoso dicho marinero: “*debajo de los 40 grados sur no hay ley, debajo de los 50 grados sur no hay Dios*”.

## Olas y tormentas

Dejemos atrás el clima extremo que rodea a la Antártida y pasemos a zonas más tropicales, donde la radiación solar calienta el agua y los ascensos de aire húmedo generan un cinturón perpetuo de nubes y tormentas que rodea al planeta cerca del ecuador. Este fenómeno se conoce como *Zona de Convergencia Intertropical* (ITCZ, por sus siglas en inglés). Al sur y norte de esta región, encontramos los vientos

alisios, una suave y persistente brisa del este que resultaría tan importante para la navegación que los anglosajones la llamaron los vientos del comercio. Gracias a esta circulación, Cristóbal Colón pudo cruzar el Atlántico y completar con éxito su histórico viaje a América.

Pero los alisios también están estrechamente vinculados a fenómenos peligrosos para el transporte marino, como es la falta de visibilidad por las nubes gigantes de polvo del Sahara que viajan hasta América o la formación de poderosas tormentas conocidas como huracanes.

Solo en la cuenca del Atlántico, en 2020 se nombraron 30 tormentas y fue la temporada de huracanes más activa de la historia. El 2021 también tuvo una temporada más intensa que lo normal pero, además, marcó el séptimo año consecutivo con actividad antes del inicio oficial de la temporada. Esto llevó a que el Centro Nacional de Huracanes (NHC) comenzara a emitir sus perspectivas del clima tropical el 15 de mayo, dos semanas antes de lo que solían hacerlo. Y esto no es lo único que está cambiando. De acuerdo al último informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (conocido como IPCC por sus siglas en inglés), en la actualidad hay una “sobrealimentación” de los huracanes. Dado el calentamiento del aire y de los océanos, se incrementa el contenido de humedad atmosférica, lo que produce tormentas más fuertes y frecuentes, que se mueven más lento y que producen mayor cantidad de lluvias.

Los huracanes y tormentas tropicales se forman cerca de la costa de África y cruzan el Atlántico hacia Centroamérica siguiendo rutas muy similares a la de los barcos. En su interior, los vientos pueden superar los 300 km/h y las olas que se generan son capaces de hundir o dañar hasta los barcos más resistentes. Es por eso que el monitoreo y pronóstico de estos fenómenos es crucial para la navegación. Con información oportuna, es posible evadir estas tormentas.

# El pasaje de Drake, que separa América del Sur de la Antártida, es considerado uno de los cementerios de barcos más grandes del mundo.

Sin embargo, considerando que pueden tener un diámetro de entre 500 y 1000 kilómetros, no siempre se pueden rodear, ya sea por información que no llega a tiempo, poca velocidad disponible o espacio de maniobra reducido. En este caso se deberá hacer todo lo posible para evadir su centro, que es donde generalmente se concentran los vientos más fuertes y el oleaje más alto.

## Latitudes de los caballos

Tanto en el hemisferio norte como en el sur, existen zonas de altas presiones donde el viento rara vez se siente, y los días son soleados y bastante cálidos. Y, cuando el transporte es a vela, no tener nada de viento es tan malo como tener mucho. Antiguamente, las zonas de calma eran uno de los máximos terrores de los marineros que llevaban mercancía y pasajeros entre Europa y América. Es por eso que sus rutas de viaje no pasaban por las famosas *latitudes de los caballos*. Esta región es un cinturón de altas presiones ubicado aproximadamente a los 35° de latitud que, según la época del año, se desplaza un poco, pero permanece cuasi-estacionario.

Estas latitudes se asocian a los caballos porque durante el Imperio español, se transportaban estos animales desde Europa hacia las colonias americanas. A menudo, esos barcos quedaban atrapados en las calmas anticiclónicas prolongando su viaje semanas o meses. Para no agotar los suministros de comida y de agua, los tripulantes se veían obligados a tirar los caballos por la borda para evitar alimentarlos y aligerar peso para aprovechar hasta la más leve brisa.

## Témpanos

El hielo fue y continúa siendo un factor de riesgo para el transporte marino. Sin duda alguna, el accidente más famoso es el hundimiento del Titanic, ocurrido el 14 de abril de 1912. Lo único que tenía el transatlántico para navegar en las aguas infestadas de témpanos era la ayuda de la vista y de una radio a bordo. Esta tragedia fue el puntapié inicial para celebrar la primera Convención Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (conocida como SOLAS, por su nombre en inglés), adoptada solo dos años después, que constituye el más importante de todos los tratados internacionales sobre la seguridad de los buques.

*El tratado SOLAS estableció la Patrulla Internacional del Hielo, activa hasta el día de hoy, para monitorear los témpanos en el Atlántico norte*

e incluyó un código para la transmisión por radiotelegrafía de información relacionada con el hielo y el clima. También establece las obligaciones de los gobiernos de emitir y difundir información meteorológica, pronósticos, alertas y anima a los barcos a recoger e intercambiar datos meteorológicos.

En el hemisferio sur, los témpanos a la deriva son seguidos de cerca por los organismos competentes de cada país, y para ello utilizan imágenes satelitales y de radares colocados en los barcos, que brindan mayores detalles. En Argentina, es el



B.S. Halpern (T. Hengl; D. Groll) / Wikimedia Commons / CC BY-SA 3.0

Servicio de Hidrografía Naval quien se encarga de esta tarea. Pero a pesar de todas estas medidas y protocolos, los accidentes siguen ocurriendo. Solo en el hemisferio norte, entre 1980 y 2005 se produjeron 57 choques, lo que supone una media de 2,3 al año, según datos del Instituto para la Tecnología del Océano de Estados Unidos, que cuenta con una base de datos de más de 680 accidentes relacionados con témpanos. Y aunque son considerados una amenaza menor, los choques contra estos objetos también ocurren a menudo en la mitad sur del globo.

## Nueva ruta auspiciada por el cambio climático

Un sector que ve una gran oportunidad en la crisis climática es el transporte marino. El rápido y constante deshielo que sufre el Ártico ilusiona a las grandes compañías navieras con una ruta marítima que conecte Europa con el este de Asia a través de las aguas árticas.

A este ritmo, en pocos años el océano Ártico podría ser navegado regularmente, tanto por el norte de Canadá como por el de Rusia. En 2005, por primera vez, quedó despejado de hielo el Paso del Noreste, que recorre las costas septentrionales de Rusia. Dos años más tarde, ese camino se mantuvo con hielo, pero en su lugar se abrió el Paso del Noroeste, que recorre las costas septentrionales de Norteamérica. Finalmente, ambos pasos quedaron libres a la vez en 2008. En agosto de 2017, el buque metanero ruso *Christophe de Margerie* navegó desde Noruega hasta Corea del Sur a través del Ártico en tan solo 19 días, un 30 % más

rápido que la ruta que cruza el canal de Suez. Fue el primero en lograrlo sin ayuda de un barco rompehielos.

La ruta desde Rotterdam, el puerto más importante de Europa, hasta Shanghai, el más grande de China, recorre actualmente algo más de 20 mil kilómetros. Si el Pasaje del Noroeste se abriera, esta distancia se reduciría a casi 14 mil kilómetros, lo cual supondría una reducción enorme de costos y tiempos. Además, se evitaría atravesar aguas peligrosas como las que rodean la costa de Somalia o el Mar de la China Meridional, zonas donde la piratería amenaza a la seguridad del transporte marítimo.

Además de las petroleras, otro sector que demostró un profundo interés en estas rutas fue el turismo. Pero esto plantea una gran preocupación ya que el hecho de que el hielo esté disminuyendo no supone que haya desaparecido por completo. Aún hay hielo en esas zonas y la mayoría de los barcos no están preparados para un impacto. Por lo tanto, supone un riesgo, en especial si cada vez pasan más buques por esta ruta.

Y ni hablar del efecto dominó, con implicancias globales, que puede provocar el aumento del tráfico y la contaminación en esta zona prácticamente virgen hasta hoy. El hollín de los escapes de las embarcaciones caerá directamente en el hielo, modificando el albedo (reflectancia de la luz solar) y acelerando aún más el deshielo. °



## Vito Dumas

(1900-1965, Buenos Aires, Argentina)

Entre 1942 y 1943, Vito Dumas se convirtió en el primero en dar la vuelta al mundo en solitario por los 40 rugientes dejando "los tres cabos" a babor. Era una ruta considerada hasta entonces como imposible y la travesía fue a bordo de un velero deportivo. Con el *Lehg II*, un pequeño queche de 9,55 metros, Vito Dumas hizo más de 32 mil kilómetros en cuatro etapas, con el que sufrió todo tipo de percances. En 1955 logró otra gran proeza al unir Buenos Aires y Nueva York haciendo una sola escala.



## Ciudades flotantes y carabelas voladoras

Son incontables las leyendas que existen sobre ciudades que flotan por encima del agua o sobre barcos piratas que se desplazan sin tocar el agua. Este fenómeno no representa en sí mismo un peligro para la navegación, pero de solo pensar en esta visión, hasta el marinero más valiente comenzaba a temblar. El efecto óptico se conoce como *fata morgana* y se produce cuando el agua enfría mucho el aire cercano a ella, mientras que por encima hay aire mucho más cálido. Esto produce una refracción de la luz y, los objetos que se encuentran muy lejanos en el horizonte, como un barco o una ciudad costera, se ven alargados y por encima de la superficie.



## Sacrificio de Ifigenia

Cuenta el mito que Artemisa castigó a Agamenón, padre de Ifigenia, deteniendo el viento cuando transportaba sus barcos hacia la guerra de Troya. La diosa Artemisa le prometió vientos propicios si sacrificaba a su propia hija, a lo que finalmente Agamenón cedió. Empezando por Eurípides, este mito fue incontablemente reescrito para públicos contemporáneos de cada nuevo siglo.



# SE HACE CAMINO AL ANDAR

**Antes de subirnos a un tren o un auto, verificamos que tengamos todo lo necesario para emprender el viaje. Quien está al volante, sea cual sea el medio de transporte, no puede dejar nunca de lado a un acompañante que puede traer más de un dolor de cabeza: la meteorología.**

Por Valentina Rabanal

Antes que los aviones vinieron los barcos. Pero antes de que la humanidad aprendiera a surcar las aguas, se contaba con una única forma de transporte: caminar. Ya sea para trasladar mercancías o migrar entre temporadas, los pies permitieron que nuestros antepasados se desplazaran hacia nuevos destinos.

Con el correr del tiempo, el instinto de supervivencia y la capacidad de invención llevaron a la domesticación de animales como caballos, burros o camellos y la creación de caminos en lugares impensados por donde se pudiera circular con grandes cargas sobre sus lomos. A esto le siguió la rueda, uno de los inventos más importantes de la historia, que empezó a utilizarse con fines de transporte hace más de 6 milenios.

Ya sea caminando, en carreta o, más recientemente, a bordo de un automóvil, el transporte terrestre sigue pisando fuerte en todo el mundo. Desde el desierto del Gobi hasta la Antártida, pasando por el bosque de Secuoyas, la sabana africana y el altiplano andino, el ser humano ha buscado la manera de atravesar todo territorio que tuvo por delante.

*Pero a la geografía de cada lugar se le suma el clima, que impacta, en menor o mayor medida, en cómo se transita por las diversas regiones de nuestro planeta.*

Así como todas las mañanas queremos saber cómo va a estar el tiempo para ver cuánto nos abrigamos, quienes están a cargo de un medio de transporte terrestre necesitan contar con información sobre las variables meteorológicas para planificar su ruta.

A diferencia de sus contrapartes marítima y aérea, el traslado de bienes y personas por tierra implica múltiples sistemas de transporte: sobre un animal, bicicleta, automóvil, camión o tren. Cada uno de ellos requiere condiciones distintas y no todos los relieves se adaptan de igual manera (algunos son estructuralmente inviables).

La temperatura, el viento, la precipitación y cualquier fenómeno asociado a las condiciones atmosféricas afectan el transporte terrestre en todo el mundo. A continuación, una muestra del protagonismo que pueden llegar a tener.

## Los cambios en el termómetro

A la hora de planear una nueva ruta o repavimentar una existente, la variable meteorológica clave es la temperatura. Además del impacto en la salud humana, las olas de calor afectan no solo a los vehículos, sino también los caminos por los que se mueven y los rieles de los trenes. Un ejemplo reciente se dio a fines de junio de 2021 en el noroeste de Estados Unidos, donde la persistencia de altas temperaturas rompió más de una ruta o autopista, dejando inmensos cráteres y deformaciones peligrosas.

Pero, ¿por qué ocurrió? Tanto el concreto como el asfalto pueden soportar grandes cargas, pero su sensibilidad a la temperatura es distinta. Es por eso que el uso de cada uno depende de las condiciones climáticas de la zona. En el caso del concreto, los cambios extremos en el termómetro pueden contraer (frente al frío) o expandir (con el calor) los bloques, moviéndolos de su ubicación original. Por otra parte, el asfalto es un material viscoelástico que se vuelve más fluido con el aumento de la temperatura y, al igual que la plastilina, se deforma bajo la presión de los autos que transitan sobre él. Los metales son extremadamente sensibles a los cambios en la temperatura. Durante el verano, los trenes suelen moverse más lento debido a que los rieles se expanden o hasta se doblan por el calor, lo que impacta en la seguridad ferroviaria. En general, en un día soleado los rieles tienen una temperatura 20 °C mayor a la del aire, por lo que incluso un día con 26 °C ya puede traer acarreados problemas en los trenes.

El otro extremo del termómetro también genera inconvenientes en el transporte. Las bajas temperaturas suelen venir acompañadas de otros actores como el hielo, la escarcha o incluso la nieve. Cada uno de estos implica una dificultad distinta y, por si fuera poco, es frecuente encontrarlos juntos, por lo que su monitoreo es imprescindible. Una de las prácticas más utilizadas para combatirlos es el uso de sal sobre las rutas. ¿El motivo? El soluto (sal), junto con el agua, forman una disolución que tiene la propiedad de congelarse a una temperatura menor a 0 °C. Esto hace que, para encontrar hielo, sea necesario que el termómetro baje aún más.

Aunque la sal sigue utilizándose en muchas partes del mundo, es innegable el impacto que tiene en los hábitats circundantes



a las rutas. Con el fin de preservar tanto la seguridad al volante como la flora y fauna del lugar, se están comenzando a explorar alternativas, como la arena.

Sin embargo, el menú de soluciones posibles no va mucho más allá de eso. Y, en general, las rutas son cerradas con frecuencia durante la temporada invernal en las zonas de cordillera y provincias patagónicas, principalmente por las tardes y noches, donde la temperatura desciende.

## Cuando precipita más de lo normal

Más de una vez, la lluvia nos encontró en pleno viaje y fue necesario ajustar la conducta al volante para seguir sin mayores inconvenientes. Diversas investigaciones colocan a la lluvia como el parámetro meteorológico responsable de la mayor cantidad de accidentes y los efectos que puede tener en la seguridad vial están en continuo estudio.

Durante un *día seco* (sin precipitación) el contacto de los neumáticos con el pavimento tiene un determinado coeficiente de rozamiento, es decir el nivel de adherencia que existe entre ambos. La presencia de agua sobre la ruta provoca una pérdida en la capacidad de agarre de los neumáticos y la posibilidad de que el vehículo comience a patinar.

Las intensas precipitaciones pueden llevar, a su vez, a otras

complicaciones en el tránsito. Ya sea por el desborde de ríos o anegamiento del suelo, el exceso de agua en rutas y calles implica al menos un cierre temporal de las mismas. Si los caminos se encuentran cerca de cerros o montañas, hay un riesgo adicional: los deslizamientos. Estos se dan cuando el suelo llega a su máxima capacidad de agua (saturación) y parte de la pendiente logra desprenderse y moverse ladera abajo. Son múltiples las causas que contribuyen a que esto ocurra, como el cambio del uso de la tierra o las construcciones en zonas de vegetación virgen, lo que impacta en el tipo de suelo presente.

Aunque la lluvia (en todos sus tamaños) es el tipo de precipitación más famosa, la nieve cobra protagonismo durante los meses invernales en gran parte del globo. El agua en estado sólido también reduce la adhesión a las superficies, lo que impide el tránsito en zonas de gran pendiente, principalmente para camiones y otros transportes pesados.

En enero de 2021, una tormenta de nieve sorprendió a la provincia de Mendoza en pleno verano. El mal tiempo en la alta montaña y la intensa nevada llevaron al cierre de varios pasos entre Argentina y Chile, como el Cristo Redentor. A esta situación se le sumó el desprendimiento de roca y barro en algunos caminos, lo que complicó aún más la reapertura de los cruces. Debido a las condiciones meteorológicas, y a pesar del trabajo de la delegación mendocina de vialidad, más de 700 camiones quedaron varados en la frontera sin poder seguir viaje. La precipitación, ya sea en forma de lluvia o nieve, muchas veces es escoltada por la niebla, uno de los mayores enemigos a la hora de emprender un viaje por ruta. Estas pequeñas gotas en suspensión reducen considerablemente la visibilidad y quien esté al volante debe aumentar la concentración y agudizar la vista mientras dure este fenómeno.

# La precipitación, ya sea en forma de lluvia o nieve, muchas veces es escoltada por la niebla, uno de los mayores enemigos a la hora de emprender un viaje por ruta.

## Más que una brisa

Muchas veces somos testigos de fuertes vientos que derriban árboles y postes de luz e incluso destruyen techos y ventanas. Los impactos están a la vista, aunque su responsable se presente sigiloso a través de un cambio en el anemómetro y con ráfagas mayores a los 100 km/h.

*Pero mientras que el viento es un gran aliado para la navegación y el transporte marítimo, suele ser un contrincante difícil de evadir cuando se circula por tierra, ya sea en rutas, rieles o puentes.*

Abundan los ejemplos del rol que puede llegar a tener en cualquier medio de transporte terrestre, pero quizás el más icónico fue el puente de Tacoma (Estados Unidos). Construido entre 1938 y 1940, al momento de su inauguración era el tercer puente colgante más largo del mundo y cruzaba el estrecho que le dio nombre, ubicado en el estado de Washington. Ya desde su armado se volvió popular por moverse verticalmente los días de viento y las múltiples estrategias para controlar las oscilaciones de la estructura fueron ineficientes. Incluso con el diario del lunes,

el puente fue inaugurado a mediados de 1940 y, cuatro meses más tarde, se derrumbó frente a un viento de 60 km/h.

El puente de Tacoma es un caso extremo y en el que convergieron varios desafíos y problemas de la época. Pero hoy, 70 años después, el viento sigue siendo una preocupación constante no solo para quienes emprenden la ruta, sino también para los que la construyen. Las altas velocidades que alcanzan los nuevos motores y los materiales cada vez más livianos contribuyen a que todo vehículo sobre ruedas sea sensible al viento.

Cualquier cosa mayor a una brisa puede desestabilizar los vehículos, principalmente los de mayor altura como camiones y colectivos a los que, si su carga no es muy pesada, incluso llega a darlos vuelta. Y si se tiene en cuenta que las ráfagas pueden noquear árboles o mover elementos que se encuentren cerca del camino, el peligro es mayor.

Inevitablemente la meteorología, en todas sus variantes, nos acompaña en cada viaje que emprendemos, sin importar la distancia que recorramos ni la región en la que nos encontremos. Para que sea lo más ameno posible y evitar cualquier inconveniente, no hay que olvidar: documentos, billetera... y chequear el pronóstico del tiempo para ver qué nos depara en la ruta. ◦

# CLIMAS EXTREMOS Y EL TRANSPORTE

El funcionamiento de los sistemas de transporte es altamente sensible a los cambios en la meteorología y, cuando las condiciones son extremas (alejadas de lo que se considera "normal"), los vehículos, los viajes y la infraestructura se vuelven menos fiables y seguros.



## REFERENCIAS:



AÉREO



MARÍTIMO FLUVIAL



TERRESTRE

**01 | Aumento del nivel del mar:** el 60 % de los puertos de la Unión Europea podrían inundarse frecuentemente para el 2100, causando interrupciones en las operaciones y daños a los buques y a la infraestructura portuaria. Solo en el Mar del Norte hay más de 500 puertos que representan hasta el 15 % del transporte de carga mundial.

**02 | China:** en 2015, el Estrella de Oriente volcó y se hundió después de que la lluvia y el viento azotaran violentamente al navío en aguas del Yangtsé, el río más largo del país. De las 454 personas que iban a bordo, fallecieron 442, con lo que se convirtió en uno de los mayores accidentes en el país asiático.

**03 | Nuevas rutas:** el 16 de agosto de 2017 un buque completó por primera vez un viaje entre Noruega y Corea del Sur navegando por el Ártico sin ayuda de un rompehielo, y lo hizo en un tiempo récord: 19 días, un 30 % más rápido que si hubiese utilizado la ruta habitual por el canal de Suez. La pérdida de hielo ártico, debido al cambio climático, sigue abriendo nuevas rutas.

**04 | Puente de Tacoma (Estados Unidos):** en 1940, el tercer puente colgante más largo del mundo colapsó cuatro meses después de su inauguración como consecuencia de vientos de solo 60 km/h que generaron un efecto de resonancia. Este suceso fue clave para mejorar la construcción.

**05 | Autopista de Kolymá (Rusia):** este camino ruso de 2 mil kilómetros es considerado uno de los más peligrosos del mundo debido a las temperaturas que pueden llegar a los -30 °C y a que algunos sectores de la autopista están sobre ríos congelados. Es tan peligrosa que Google Maps ya no la recomienda entre las posibles rutas para llegar a destino.

**06 | Halsema Highway (Filipinas):** esta carretera de montaña es el único enlace entre los agricultores de la cordillera con la ciudad de Baguio. Es considerada una de las más peligrosas porque durante la estación húmeda la niebla es frecuente, la visibilidad es un problema, los deslizamientos son comunes y el asfalto se vuelve resbaladizo.

**07 | Tenerife (España):** una de las peores tragedias de la aviación ocurrió en 1977 cuando dos aviones Boeing 747 colisionaron en el aeropuerto español, lo que generó 585 víctimas. El accidente fue producto de un error humano, pero desencadenado por una serie de malas maniobras debido a la espesa niebla que afectaba la zona.

**08 | Dallas (Estados Unidos):** al momento de aterrizar, el vuelo 191 de Delta Air Lines se encontró, en 1985, con fuertes vientos asociados a una tormenta sobre el aeropuerto texano, lo que provocó que perdiera el control y se estrellara aplastando una camioneta y a su ocupante.

**09 | Miami - Buenos Aires:** en 2018, un avión de Aerolíneas Argentinas sufrió una violenta turbulencia durante un vuelo, que dejó 15 heridos cuando pasaba sobre Brasil. Según los testigos, hubo pasajeros que golpearon contra el techo del avión.

**10 | Nueva York (Estados Unidos):** después de que en 2012 el huracán Sandy azotara los estados de Nueva York y Nueva Jersey con una marejada que superó los 4 metros, millones de personas se quedaron sin servicio de subte durante más de una semana.

**11 | Alaska (Estados Unidos):** muchas pistas de aterrizaje, vías ferroviarias y caminos se construyeron sobre permafrost (suelos permanentemente congelados). La temperatura más cálida derrite el hielo y hace que el suelo se asiente, dañando los cimientos y la infraestructura de transporte. Las vías y los aeropuertos pueden requerir reconstrucción, reubicación o mayor mantenimiento por el cambio climático.

**12 | Canal de Suez:** uno de los buques portacontenedores más grandes jamás construidos quedó atascado en el canal de Suez durante seis días en marzo de 2021 cuando una ráfaga de viento desvió el rumbo del barco. El mercado mundial quedó paralizado por casi una semana.

**13 | Argentina:** en 2011, un vuelo de la empresa Sol perdió el control y cayó en la provincia de Río Negro luego de que el avión sufra engelamiento (formación de hielo) en su estructura. La capa de hielo cambia la sustentación de los aviones y es crucial que cuenten con sistemas de protección para el deshielo y un buen pronóstico.

**14 | Argentina:** en 2018, un vuelo de LATAM tuvo que aterrizar de emergencia cuando sufrió daños en la proa (nariz del avión) y rajaduras en el parabrisas luego de ser golpeado por granizo al volar sobre Misiones. A pesar de este contratiempo, ni los pasajeros ni la tripulación sufrieron consecuencias.

**15 | Los 40 rugientes:** entre los 40 y 50° de latitud sur, los barcos aprovechan el impulso de los fuertes vientos para surcar el océano. Algunos navegantes expertos se aventuran a utilizar estos vientos con sus veleros para alcanzar velocidades que superan los 50 km/h. Más al sur, los esperan los 50 aulladores y los 60 bramadores, vientos cada vez más intensos.



# BARQUITOS DE PAPEL

**Cortezas de árboles, cueros y distintos tipos de tallos y fibras atados en mazos fueron antecesores de los más variados diseños de balsas, canoas y barcos, que se fueron perfeccionando como medios de transporte, pesca y guerra, y más adelante, de entretenimiento o deportivos, cada vez más eficientes. Y desde esa primera corteza botada, la meteorología fue protagonista de la aventura, con el viento en el rol de capitán.**

Por María Eugenia Bontempi

Desde los albores de la humanidad, los cursos de agua fueron fuente de alimento, protección y transporte. Los pueblos se asentaban en las orillas de ríos y mares y no tardaron en descubrir que surcando sus aguas podían alcanzar lugares de otros modos inaccesibles. Incluso en la actualidad, existen todavía algunos paisajes que prácticamente solo son habitables en sus orillas y el mar constituye casi la única vía de comunicación posible. Ejemplos de esto son los archipiélagos del sur chileno o Australia. Quizás menos extremos en la hostilidad del paisaje, pero fueron los ríos y arroyos de nuestro Litoral los que permitieron la llegada y avance de las tribus guaraníes, hábiles en la construcción y uso de canoas, desde sus asentamientos originales en el noreste. Los mochicas, habitantes de parte de la costa pacífica en el actual Perú, se convirtieron en diestros navegantes de sus embarcaciones fabricadas con totoras, lo que les permitió el comercio con otras poblaciones costeras al norte y al sur.

## Las olas y el viento

La estrecha relación entre las condiciones atmosféricas y la posibilidad de navegar con éxito es evidente. Con mayor o menor conocimiento, la humanidad fue consciente de esto desde que se hizo al mar, plasmando esta relación en el diseño de sus embarcaciones y también en sus creencias y mitos: mientras era frecuente implorar la intervención divina para que el viento soplara en la dirección conveniente, algunos pueblos antiguos llegaron a atribuir a los dioses la invención de la vela, y se dice que los marineros de los grandes *clippers* creían que podían despertar a la brisa cantando melodías de mar a viva voz. Tal vez no lo consiguieran, pero por lo menos eludirían con su alegre costumbre la desesperación que la calma infunde en los marinos.

*Los egipcios sabían que el viento suele ser menos intenso cerca de la superficie que a mayores alturas, por lo cual disponían su vela rectangular en distintas posiciones, levantando uno de sus lados para captar el viento de más arriba.*

Esta técnica no debía ser del todo ineficiente, ya que todavía hoy se usa en algunas regiones de Sudán.

Pero las condiciones atmosféricas no solo eran tenidas en cuenta para mejorar el movimiento de las embarcaciones, también se reflejaban en su construcción con el fin de asegurar comodidad y seguridad a sus regios tripulantes. Tal es el caso de las casetas de estera que protegían de los intensos rayos del sol característicos de la región del Nilo. En otras zonas del globo donde el clima no siempre es benigno, las empresas comerciales o colonizadoras eran prudentemente reservadas para las temporadas del año que ofrecían mayores probabilidades de éxito.

Cuando todavía no se conocían leyes físicas y la ciencia era, en los mejores escenarios, producto de las elucubraciones de mentes tan brillantes como singulares y adelantadas, se solía confiar en los consejos de adivinos, quienes se decían capaces de anticipar los caprichos de los dioses.

Muchos años más tarde, algunos marinos, entre los que se destacan Edmond Halley y James Cook, pondrían atención a las condiciones del tiempo que encontraban en distintos puntos de sus viajes y las posibles relaciones entre ellos. Sus observaciones fueron claves para la meteorología sinóptica, de desarrollo incipiente. A mediados del siglo XIX, la

ESCALA BEAUFORT					
ESCALA	KM/H	NUDOS (kt)	DENOMINACIÓN	ASPECTO DEL MAR	EFECTOS EN TIERRA
0	0 a 1	<1	Calma	Despejado	Calma, el humo asciende verticalmente
1	2 a 5	1 a 3	Ventolina	Pequeñas olas, pero sin espuma	El humo indica la dirección del viento
2	6 a 11	4 a 6	Flojito (Brisa muy débil)	Crestas de apariencia vítrea, sin romper	Se mueven las hojas de los árboles, empiezan a moverse los molinos
3	12 a 19	7 a 10	Flojo (Brisa ligera)	Pequeñas olas, crestas rompientes	Se agitan las hojas, ondulan las banderas
4	20 a 28	11 a 16	Bonancible (Brisa moderada)	Borreguillos numerosos, olas cada vez más largas	Se levanta polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles
5	29 a 38	17 a 21	Fresquito (Brisa fresca)	Olas medianas y alargadas, borreguillos muy abundantes	Pequeños movimientos de árboles, superficie de los lagos ondulada
6	39 a 49	22 a 27	Fresco (Brisa fuerte)	Comienzan a formarse olas grandes, crestas rompientes, espuma	Se mueven las ramas de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas
7	50 a 61	28 a 33	Frescachón (Viento fuerte)	Mar gruesa, con espuma arrastrada en dirección del viento	Se mueven los árboles grandes, dificultad para andar contra viento
8	62 a 74	34 a 40	Temporal (Viento duro)	Grandes olas rompientes, franjas de espuma	Se quiebran las copas de los árboles, circulación de personas dificultosa
9	75 a 88	41 a 47	Temporal fuerte (Muy duro)	Olas muy grandes, rompientes. Visibilidad mermada	Daños en árboles, imposible andar contra el viento
10	89 a 102	48 a 55	Temporal duro (Temporal)	Olas muy gruesas con crestas empenachadas. Superficie del mar blanca	Árboles arrancados, daños en la estructura de las construcciones
11	103 a 117	56 a 63	Temporal muy duro (Borrasca)	Olas excepcionalmente grandes, mar completamente blanca, visibilidad muy reducida	Estragos abundantes en construcciones, tejados y árboles
12	+118	+64	Temporal huracanado (Huracán)	Olas excepcionalmente grandes, mar blanca, visibilidad nula	Estragos abundantes en construcciones, tejados y árboles y lluvias

institucionalización de los primeros servicios meteorológicos con capacidad para producir y difundir información y pronosticar el tiempo atmosférico tuvo uno de sus principales motores en el interés que revestía para la navegación marítima.

Hoy en día, los grandes avances en el conocimiento de la atmósfera y en las técnicas de navegación asisten a las tripulaciones y reducen enormemente los peligros. Sin embargo, ningún buen navegante deja de poner su atención en las mismas señales que ya conocían sus antepasados lejanos para anticipar posibles problemas: la caída de la presión atmosférica, las nubes que se acercan, características de los frentes de tormenta, la rotación antojadiza de los vientos o la profundización de las mareas y el oleaje que responden a aquellos, como se refleja en la escala Beaufort adaptada al mar.

## A todo trapo

Aunque la idea de navegación a vela se vincula inmediatamente con la imagen de los grandes barcos de muchos mástiles y complicados aparejos, lo cierto es que el diseño y manejo de las velas tuvo su evolución. Los primeros barcos que utilizaron la fuerza del viento para propulsarse lo hicieron con velas *cuadras*, de forma rectangular o trapezoidal. Tales eran las velas que desplegaban los exploradores nórdicos cuando surcaban el océano Ártico en sus característicos barcos, desde finales del primer milenio de la era cristiana. Estas velas trabajan exclusivamente con la fuerza de empuje del viento, embolsando

el aire. Este tipo de navegación solamente puede realizarse con *vientos francos*, es decir, que soplan “desde atrás”, empujando al barco hacia su destino -o hacia donde los antojos de Eolo y Toosa decidan-. “Atrás” no es necesaria y exactamente por la popa; el giro horizontal de la vela permite un cierto ángulo, siempre que el viento no alcance la dirección perpendicular a ninguna de las dos bandas o costados del barco.

De aparición posterior a las velas cuadras, las triangulares permiten la navegación contra el viento, ya que el aire que es obligado a desviarse por su superficie se acelera y provoca una fuerza de atracción. En la jerga náutica, esta forma de navegación contra el viento se conoce como *de ceñida* o *de bolina*. La expresión “contra el viento” significa que el viento sopla “desde adelante”, pero no directamente por la proa. Si imaginamos un reloj sobre el barco, con el 12 en la proa y el 6 en la popa, un viento que sopla “desde adelante” llega desde una dirección comprendida entre el 9 y el 11 o entre el 1 y el 3, pero nunca directamente desde el 12. Para que el avance se realice en línea recta y en el sentido longitudinal de la embarcación, el rol de la quilla es fundamental.

Este tipo de velas triangulares, sin embargo, ya se usaban con vientos francos mucho antes de que se dominara la navegación *de ceñida*, porque permitían mejorar la maniobrabilidad. No fue hasta entrado el siglo XVIII que el físico Daniel Bernoulli explicó, con su principio de la hidrodinámica, que un avión puede mantenerse en el aire por el mismo motivo que un barco puede servirse del viento de manera tan contraintuitiva para avanzar.

Antes de que se conociera la navegación *de bolina*, muchas de las embarcaciones a vela estaban dotadas de remos para reemplazarlas en caso de vientos desfavorables, pero en general se usaban solamente en travesías cortas o en maniobras cerca de puerto. Además, este rasgo era más común en los diseños anteriores a la Edad Media y las naves de Colón no entraban en este grupo. Por este motivo, se podría decir que los españoles pudieron llegar a las costas americanas empujados no solo por su espíritu de conquista sino también por los vientos alisios (del este), y el regreso se estableció al norte de las rutas que los habían traído, donde predominan los oestes. Debieron ser grandes observadores, intrépidos con buena estrella, o más conocedores de lo que creemos, ya que los primeros de ellos ni siquiera sabían de dónde volvían.

## “Que el Hombre sepa que el Hombre puede”

Acerca de la audacia de aquellos aventureros españoles existe un acuerdo general, pero lo que sí origina discusión es darles el título de descubridores o pioneros. Muchas veces puesta



en duda la versión de América como el *Nuevo Mundo*, hubo quienes, no conformes con solo elaborar teorías, las llevaron a la práctica con el propósito de probar su factibilidad.

Uno de ellos fue Thor Heyerdahl, un científico noruego especialista en antropología de la Polinesia que sostenía que desde las épocas prehistóricas los seres humanos habían podido surcar los océanos y unir los continentes sobre sus balsas primitivas. Las expediciones más reconocidas de Heyerdahl fueron la *Kon-Tiki* (1947), en la que seis hombres navegaron en una balsa de totoras desde El Callao, en Perú, hasta el archipiélago polinesio Tuamotu, y las expediciones *Ra I* y *Ra II* (1969 y 1970, fallida la primera y concretada la segunda), en las que consiguió cruzar el océano Atlántico desde el norte de África hasta Barbados en una balsa construida con



Expedición Atlantis - Alfredo Barragán (1988).

juncos de papiro para demostrar que africanos mediterráneos pudieron haberse adelantado varios siglos a Cristóbal Colón valiéndose de idénticas embarcaciones.

En sus memorias, Heyerdahl escribiría: “La expedición del Kon-Tiki me abrió los ojos sobre lo que es el océano. Es un comunicador y no un aislante. El océano ha sido la principal carretera de la humanidad desde los días en que se construyeron las primeras embarcaciones, mucho antes de que se domesticara el caballo, se inventara la rueda y se abriese paso por las selvas vírgenes”.

Aunque las teorías del antropólogo noruego no fueron aceptadas por la mayoría de sus colegas, e incluso fueron objetadas y él mismo bastante controvertido por sus vínculos con el nazismo, tampoco pudieron ser descartadas y sus aventuras sirvieron de inspiración a un grupo de temerarios de variados orígenes que repitieron la hazaña a bordo de tres balsas primitivas que copiaban el diseño de las que usaban los indios huancavilca, arrastrados por la corriente de Humboldt y empujados por los vientos alisios (*Pacific Challenge*, 1973).

Poco más cercana en el tiempo, la expedición *Atlantis* fue llevada a cabo entre el 22 de mayo y el 12 de julio de 1984 por cinco soñadores argentinos, aunque en realidad la aventura comenzó varios años antes, cuando las lecturas e investigaciones del líder del grupo, Alfredo Barragán, colonizaron sus pensamientos y su voluntad hasta materializar el proyecto. Este consistía, también, en demostrar empíricamente y de primera mano que **el cruce del Atlántico pudo ser posible 35 siglos antes por habitantes africanos**. Los cinco hombres construyeron con sus propias manos la balsa sin timón usando sogas vegetales y troncos de la misma especie que existía en África, que ellos mismos fueron a buscar a Ecuador, no sin encontrarse con las más inesperadas dificultades. La trasladaron hasta las islas Canarias, desde donde partieron llevados por la corriente homónima. Cuando la balsa, con su vela cuadra desplegada, tocó puerto en La Guayra (Venezuela), después de haber sido arrastrada por las corrientes y los vientos tal como Barragán lo esperaba, fue que él pronunció con emoción las palabras que dan título a estos párrafos: “*Que el Hombre sepa que el Hombre puede*”. Justo en su culminación, el objetivo de la expedición viraba desde el pasado hacia el futuro. °

**“La expedición del Kon-tiki me abrió los ojos sobre lo que es el océano. Es un comunicador y no un aislante. El océano ha sido la principal carretera de la humanidad desde los días en que se construyeron las primeras embarcaciones, mucho antes de que se domesticara el caballo, se inventara la rueda y se abriese paso por las selvas vírgenes”.**

Thor Heyerdahl, científico noruego

# APRENDER A VOLAR

**Un deseo tan antiguo como la humanidad misma, que aparece en mitos, leyendas y obras de arte, en civilizaciones distantes en tiempo y en espacio. La ambición de convertir este sueño en realidad ha sido el estímulo para comprender, dominar y aplicar los principios físicos y dinámicos que gobiernan la atmósfera. Demandó miles de años. Pero finalmente tomó vuelo.**

Por Mariela de Diego

Todas las cosas se crean dos veces -dice la conocida frase-: primero en la mente y luego en la realidad física. Desde tiempos remotos, la fantasía de volar habita la imaginación del hombre. Cientos de años antes de Cristo, en civilizaciones remotas en el mundo y distantes entre sí, encontramos referencias explícitas a la ambición de conquistar el cielo. En la antigua tradición india aparecen carruajes voladores tirados por caballos, que podían recorrer la atmósfera e incluso llegar al espacio exterior; los viejos textos sánscritos hablan de ciudades voladoras que podían ser móviles o estacionarias; en los grabados mesopotámicos se plasman hombres a bordo de águilas gigantes; y seres humanos con alas pueblan la mitología de civilizaciones tan diversas como la griega y la inca.

Pero no todo sucedía en la imaginación. Existen documentos que demuestran la existencia de pruebas de vuelo 2000 años a. C., en China, donde algunos emperadores experimentaron con sombreros de ala y máquinas dotadas -supuestamente- de la capacidad de elevarse hacia el cielo. No obstante, la historia oficial de los orígenes de la aviación considera que una contribución importante a lo que después sería su desarrollo, es la invención del barrilete, alrededor de 300 años a. C., también en China. Los modelos de aquel entonces tenían formas de animales y aprovechaban la velocidad y la dirección del viento para mantenerse en el aire. Se utilizaron para evaluar las condiciones del viento, llevar mensajes e incluso ahuyentar a los malos espíritus. Y mientras esto sucedía en Oriente, hombres intrépidos de todo el mundo se lanzaban desde grandes alturas, equipados únicamente con sombreros alados y exceso de optimismo.

No fue sino hasta el siglo XIII que aparecen los primeros abordajes más o menos científicos para responder a la pregunta de cómo puede el hombre volar. El erudito inglés Roger Bacon realizó una serie de observaciones minuciosas acerca de las características del aire y los posibles principios del vuelo. En su obra *De los maravillosos poderes del arte y la naturaleza*, de 1260, sostiene que una máquina, para

volar, deberá ser un globo vacío -de cobre y otro metal- delgado como para ser lo más liviano posible, relleno con aire etéreo o fuego líquido y que, al lanzarse hacia la atmósfera, flotará como un barco. Bacon se centró en el hecho científico de que el aire caliente o un gas más liviano que el aire son suficientes para hacer que un aparato flote y así sentó una base fundamental para el desarrollo de los globos y los dirigibles que vinieron algunos siglos más tarde.

Es famosa la fascinación de Leonardo Da Vinci por la posibilidad de volar, y sus enormes contribuciones al diseño de máquinas voladoras. Desde 1480, e inspirado por el vuelo de los pájaros, comenzó a realizar bocetos hasta llegar al *ornitóptero*, una máquina con alas, que se gobernaba con poleas y palancas, pero que también tenía cola, un elevador para comandar el aparato hacia arriba y hacia abajo, y un timón a través del que se controlaban los movimientos laterales. El piloto del ornitóptero controlaba los comandos a través de un arnés conectado a su cabeza. Si bien Da Vinci incorporó en su diseño todos los elementos de una aeronave moderna, su único error fue considerar que un cuerpo humano poseía la fuerza y la resistencia suficientes como para mantener las alas en movimiento. Este problema fue abordado doscientos años después por el italiano Giovanni Borelli, que en su libro *Del movimiento de los animales* argumentó que el ser humano no tenía la fuerza física para volar como los pájaros.

## Los primeros despegues

Hacia el final del siglo XVIII, en Francia, dos hermanos que se dedicaban a la fabricación de papel observaron el ascenso



**Bacon se centró en el hecho científico de que el aire caliente o un gas más liviano que el aire son suficientes para hacer que un aparato flote.**

de las cenizas y el humo producidos por la quema de residuos. Fueron Joseph y Jaques Montgolfier que, intrigados por esta observación, construyeron una gran esfera de papel para realizar experimentos. Retomaban así la idea de Bacon acerca de que el aire caliente es capaz de elevar y sostener objetos en suspensión. El 4 de junio de 1783, en la localidad de Annonay, encendieron fuego debajo de la esfera. Y el globo voló.

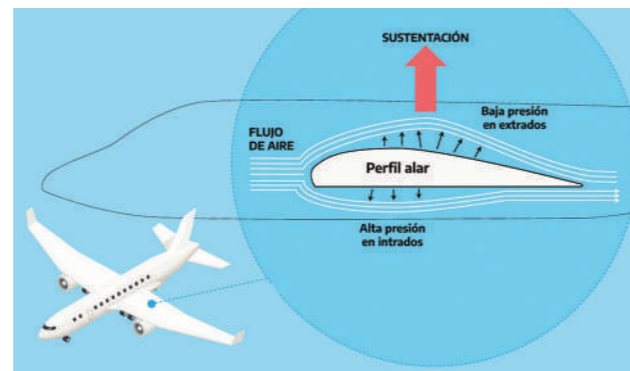
Pocas semanas después repitieron la experiencia, esta vez frente a unas 130 mil personas, entre las que estaban los reyes de Francia, Luis XVI y María Antonieta. En esta ocasión el globo no fue vacío: un pato, un gallo y una oveja fueron los primeros tripulantes que, a bordo del globo, volaron ocho minutos y aterrizaron a tres kilómetros del punto de partida. Pero luego de que los tres animales aterrizaran en tierra sanos y salvos, tocó el turno de los hombres. Después de las primeras pruebas con un globo en ascenso -pero aún sujetado a la tierra- Francois de Rozier y el marqués de Arlandes tripularon un globo Montgolfier por nueve kilómetros, y lo comandaron utilizando un balde con agua y una esponja, únicos artilugios para regular el fuego.

Al mismo tiempo, también en Francia, otro precursor experimentaba con globos, pero utilizando un principio físico que se basaba no en la diferencia de temperatura sino en las propiedades del hidrógeno, gas mucho más liviano que el oxígeno. Así, en agosto de 1793, Jaques Charles lanzó un globo de hidrógeno que recorrió 24 kilómetros de distancia en 45 minutos. Las noticias de los globos -de aire caliente y de hidrógeno- corrieron por toda Europa y suscitaban nuevos experimentos y tentativas por todo el continente.

Sin embargo, otras maneras de volar también estaban siendo exploradas por científicos de todo el mundo. En Inglaterra, promediando el siglo XVIII, George Cayley, ingeniero e inventor, iba a hacer uno de los aportes más trascendentales para la aviación:

*el concepto de sustentación, fenómeno físico que sostiene las alas en vuelo a partir de las diferencias de presión de un lado y del otro de la misma (intradós y extradós).*

Partiendo de este principio, Cayley diseñó varios aparatos -helicópteros, convertiplanos y planeadores- y dejó un legado fundamental para la posteridad de la aeronáutica.



## Lo importante no es llegar sino mantenerse

Hacia el final del siglo XIX ya estaban bastante avanzados los modelos, pero aún no estaba resuelto el problema de la propulsión. Fueron los franceses quienes dieron los primeros pasos en este sentido. En 1871, Alphonse Pénaud presentó su *Planophore*, que contaba con un plano de cola (o estabilizador horizontal, superficie de elevación ubicada en la cola) detrás de las alas principales y hélices propulsoras accionadas por correas de caucho. Logró volar 40 metros solamente, pero fue el primer aeroplano estable. Otro francés, Félix du Temple, realizó un vuelo en un monoplano de plano de cola con timón, tren de aterrizaje retráctil y una hélice propulsora accionada con una máquina de vapor. Por su parte, en 1876, el alemán Nikolaus Otto fabricó el primer motor de combustión interna, que funcionaba con gasolina y no pesaba tanto como las máquinas de vapor.

El mundo ya casi estaba preparado para el primer vuelo con motor. Gottlieb y Benz fabricaron motores de petróleo ligero; Renard y Krebs hicieron volar un dirigible con baterías de cloruro de cromo; y Clement Ader empleó una máquina de vapor para su avión *Eole*, el monoplano con alas de

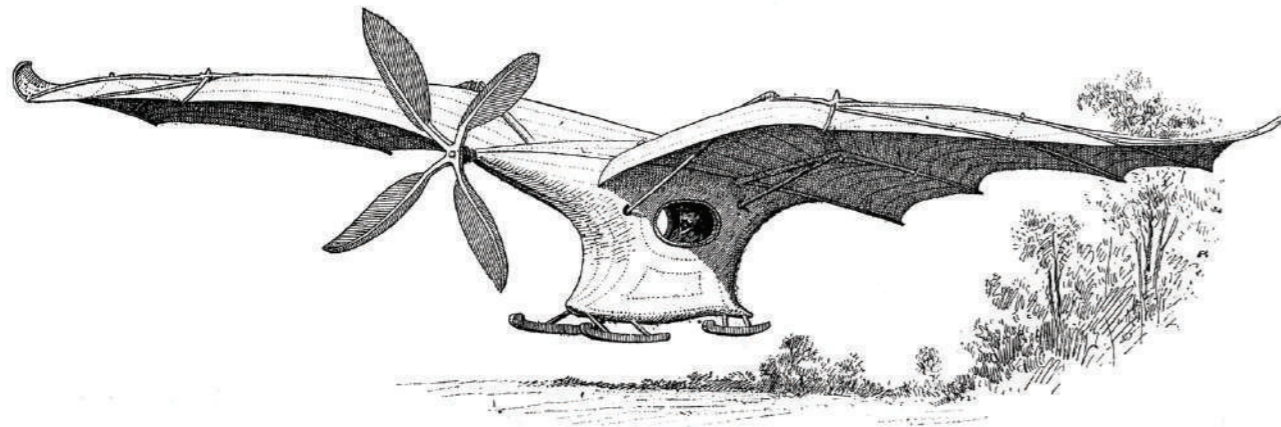
murciélago, que el 9 de octubre de 1890 levantó vuelo sin ayuda de ninguna rampa y se convirtió en el primero en despegar gracias a su propio esfuerzo.

Los avances en el estudio y diseño de aviones y planeadores siguieron adelante. En 1889, Otto Lilienthal presentó el primero de una serie de planeadores en los que el piloto se ubicaba suspendido bajo las alas y debía mover el cuerpo para cambiar la dirección del aparato. Los primeros prototipos de Lilienthal fracasaron, pero ya el número 8 se convirtió en un modelo de producción y el número 11 llegó a volar 366 metros.

Al mismo tiempo, en Estados Unidos, Samuel Langley experimentaba con máquinas de vapor para sus modelos. El prototipo n° 5, con alas en tándem, voló poco más de mil metros en mayo de 1896 y con el n° 6 superó los 1,2 kilómetros. Esta proeza llamó la atención del Departamento de Guerra, que financió la construcción de un aeroplano que debía ser tripulado y denominarse *Aerodrome*. Langley encargó la construcción de un motor de 12,2 CV (caballos de vapor) de 45 kilogramos. A pesar de contar con recursos, el proyecto fracasó ya que el 7 de octubre de 1903 el avión se salió de la pista y se estrelló en el río Potomac.

Para el inicio del siglo XX el hombre ya había entendido cómo debía ser el diseño de las alas de una aeronave; sabía que esta aeronave debía poder despegar y aterrizar por sí misma a través de algún mecanismo de propulsión; y quería, además, tripular esta aeronave. Solo faltaba unir exitosamente las piezas de este rompecabezas.





L'OISEAU DE M. ADER.

Avión Eole

## La humanidad levanta vuelo con los hermanos Wright

Nueve días después del último intento de Langley, los hermanos Orville y Wilbur Wright llevaron a cabo el primer vuelo con motor de la historia. Los hermanos comenzaron a experimentar con globos y cometas, y

*observaron en qué medida los fenómenos meteorológicos -sobre todo el viento- influían en el vuelo. Su meticulosidad los llevó a construir un túnel de viento para desarrollar planeadores y probar las formas de las alas y sus efectos aerodinámicos.*

Realizaron todos sus experimentos en la localidad de Kitty Hawk, Carolina del Norte, ya que en este lugar la velocidad media del viento era considerable. Los primeros vuelos de prueba fueron en septiembre y octubre de 1900, con el *Glider 1*, un planeador de 5,5 metros de envergadura cuyo único sistema de control era el cambio de posición del cuerpo del piloto.

Pero los Wright estaban decididos y siguieron diseñando. Desarrollaron el *Glider 2*, de 6,7 metros y alas curvadas para favorecer la circulación del aire. Aunque este prototipo

consiguió realizar vuelos más largos, la curvatura de las alas se mostró excesiva, así que los hermanos volvieron al túnel de viento, donde probaron más de 200 modelos nuevos.

En septiembre de 1903, presentaron su *Glider 3* y su nuevo aeroplano, *Flyer 1*, un biplano de madera de 12 metros de envergadura, con una hélice de madera especialmente construida y un motor de gasolina de cuatro cilindros en línea y refrigeración líquida. El día de la demostración, el 14 de diciembre de 1903, el *Flyer* se estrelló en su primera tentativa. Pero tres días más tarde volvieron a intentarlo. Orville Wright se subió al *Flyer* el 17 de diciembre de 1903, frente a cinco testigos. El aparato despegó poco después de las 10:30 de la mañana y logró recorrer 12 metros, una distancia modesta pero suficiente para convertirlo en el primer avión con motor de la historia capaz de despegar, volar y aterrizar sin ayuda externa y con un piloto a bordo. El sueño de volar se había hecho realidad.

Y la historia ya no se detuvo. La humanidad siguió perfeccionando diseños, mejorando motores y recorriendo distancias cada vez más grandes. Vino la guerra, y su urgencia por potenciar el desarrollo de los aviones; aparecieron héroes como Charles Lindbergh y heroínas como Amelia Earhart, que se atrevieron a unir continentes volando sobre los océanos. Y luego la humanidad no se conformó con la atmósfera y decidió conquistar el espacio, y llegó a la Luna, y puso satélites meteorológicos y de comunicaciones, y estaciones espaciales, y sondas y telescopios. Y así, de la mano de la ciencia, consigue diluir los límites de lo posible. °

**Orville Wright se subió al *Flyer* el 17 de diciembre de 1903. El aparato despegó poco después de las 10:30 de la mañana y logró recorrer 12 metros, una distancia modesta pero suficiente para convertirlo en el primer avión con motor de la historia capaz de despegar, volar y aterrizar sin ayuda externa y con un piloto a bordo. El sueño de volar se había hecho realidad.**



# MAYDAY: CUANDO ALGO NO SALE BIEN

**Conocer el estado del tiempo y su pronóstico es vital a la hora de planificar diferentes tipos de actividades, incluido el transporte en todas sus formas. Cuando ocurre un siniestro en algún medio de transporte, el Servicio Meteorológico Nacional también es un actor importante a la hora de intentar determinar las posibles causas del mismo.**

Por Laura Aldeco

El organismo encargado de la investigación de todos los accidentes e incidentes relacionados con el transporte es la Junta de Seguridad en el Transporte (JST), dependiente del Ministerio de Transporte. La JST tiene un área de investigación para cada modo de transporte: fluvial, marítimo o lacustre, aeronáutico, automotor y ferroviario. Su misión es investigar las causas de los siniestros para luego recomendar acciones para mejorar la seguridad en el transporte y así prevenir accidentes en el futuro.

Parte de la investigación de la JST incluye información que proviene del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), ya que el aporte meteorológico es una herramienta indispensable, no solo para planificar la aplicación de técnicas o métodos científicos

que optimicen la toma de decisiones, sino también para la reconstrucción de las condiciones meteorológicas al momento del accidente o incidente cuando se realiza la pesquisa técnica.

**El conocimiento de la atmósfera y su interacción con los diferentes modos de transporte constituye uno de los componentes fundamentales de la investigación.**

## El aporte de la meteorología aeronáutica

Antes de la existencia de la JST, los incidentes aeronáuticos eran investigados por la Junta de Investigaciones de Accidentes de Aviación Civil (JIAAC), creada en 1954 dentro del ámbito de la Fuerza Aérea y traspasada al ámbito del Ministerio de Transporte en el 2010. El objetivo de este organismo era mejorar la seguridad operacional del sector aéreo, a través de la emisión de recomendaciones a los distintos actores de la industria. Este organismo mantenía una relación estrecha con el SMN a través del pedido de datos meteorológicos para investigación de accidentes o incidentes. En 2020 se creó la JST, donde se incluyeron todos los modos de transporte mencionados previamente, quedando la JIAAC absorbida por ella.

Nicolás Rivaben, responsable de Pericias y Desarrollos de la Dirección de Meteorología Aeronáutica del SMN y que ha realizado los cursos de investigador en aviación civil, señala: “De los dos tipos de aviación existentes, la comercial y la general, la mayoría de los sucesos corresponden a la segunda categoría, siendo los de vuelos privados de bajo porte como los aeroaplicadores, vuelos de instrucción y recreativos, entre otros, los más afectados por la meteorología. De estos, los más comunes son la excursión de pista y la pérdida de control en vuelo”.

Los requerimientos más frecuentes de la junta son las variables meteorológicas antes, durante y después del suceso (temperatura, presión, humedad relativa, viento), así como la verificación de la ocurrencia de algún fenómeno de interés que pudo haber tenido influencia en la performance de vuelo. Con el objetivo de optimizar el uso de la información meteorológica en el marco de la investigación relacionada con accidentes, en 2018 se realizó un acuerdo de cooperación conjunto entre la JIAAC y el SMN, donde se establece, entre otras actividades, la realización de capacitaciones cruzadas entre los miembros de ambos organismos. El SMN brindó capacitaciones en 2018 y 2019, que tuvieron como objetivo reforzar la comprensión e interpretación de los diferentes productos e información provista por el organismo, y clarificar los procedimientos de requerimiento de información de fenómenos meteorológicos peligrosos para la navegación aérea.

Rivaben, quien participó activamente de estas capacitaciones, indica: “Durante mucho tiempo se recibían consultas sobre sucesos que no tienen relación con la meteorología. Luego de estas capacitaciones los pedidos fueron más precisos, elaborándose informes más profundos en materia de seguridad operacional. Gracias a esto se mejoró la eficiencia en la respuesta y también se pudo responder adecuadamente los requerimientos de la junta. Actualmente se responden entre 20 y 30 sucesos por año”.

Un ejemplo en el que el SMN aplicó una recomendación de seguridad operacional de la ex JIAAC es acerca de la provisión del producto PRONAREA. Este es un informe que describe las condiciones meteorológicas significativas y los fenómenos peligrosos actuales y futuros para la navegación aérea en una determinada región de vuelo, elaborado por las Oficinas de Vigilancia Meteorológica (OVM). Después de una investigación por un suceso en 2011, se aumentó la frecuencia de emisión de estos informes y actualmente se realizan cada 6 horas para optimizar los canales de comunicación con el usuario y mejorar la seguridad operacional.

En la actualidad, el SMN participa no solo con la provisión de información para accidentes aéreos, sino también en la elaboración de recomendaciones de seguridad operacional de la JST en temas de meteorología para toda la industria aérea de la Argentina.

## La meteorología marina y la seguridad operacional

En el caso que los accidentes sucedan en ríos, mares o lagos, la JST cuenta con la Dirección Nacional de Investigación de sucesos marítimos, fluviales y lacustres. Los pedidos que llegan al SMN desde este área refieren a las condiciones de tiempo en el momento del accidente: temperatura del aire y del agua, dirección e intensidad del viento, visibilidad y presión, entre otras. También se solicita el pronóstico emitido en la región del accidente, si hubo algún alerta meteorológico en el área y los campos estadísticos del viento para el mes en el cual ocurrió el siniestro. Una vez reunida toda la información requerida, el SMN elabora un informe con la descripción e interpretación

de todas estas variables y productos para enviarlos a la JST como respuesta. La mayoría de los pedidos corresponden a la investigación de siniestros de buques pesqueros.

En cuanto a la seguridad operativa marina, el SMN brinda productos específicos orientados a todos los usuarios que navegan por nuestros mares. Algunos servicios meteorológicos del mundo se encargan de proveer pronósticos y alertas meteorológicas a un sector del globo. Estos sectores o *Áreas Oceánicas de Responsabilidad Meteorológica* se conocen en el ambiente marítimo con el nombre de MetArea. Alicia Cejas, coordinadora de la MetArea VI y de Pronósticos Regionales de la Dirección de Pronósticos del Tiempo y Avisos del SMN detalla: “El SMN es responsable de proporcionar cobertura meteorológica a la MetArea VI, la cual se extiende desde los 35° 50' sur hasta las costas antárticas, y desde el meridiano 20° 00' oeste hasta la longitud del cabo de Hornos, y sobre los mares antárticos. Este apoyo meteorológico a las embarcaciones que navegan nuestros mares se provee desde 1932”.



“La difusión de nuestros servicios meteorológicos marinos se realiza mediante los medios de difusión propios del SMN y a través de la Prefectura Naval Argentina (PNA)”, comenta Cejas. La PNA cuenta con una red de estaciones costeras de radio ubicadas estratégicamente a lo largo del litoral marítimo, las cuales permiten tener una comunicación constante con los buques que navegan por nuestro mar argentino, difundiendo diariamente el pronóstico.

Una de las actividades más importantes es la pesca de langostinos. Un ejemplo de cómo un pronóstico especial de meteorología marina emitido por el SMN aportó eficientemente a la seguridad de estos buques pesqueros, es el ocurrido en el invierno de 2019. El 29 de junio de dicho año

el SMN preveía condiciones de viento muy intenso a partir del 3 de julio en la región donde se encontraban estos buques.



Figura 1. Situación de la Flota pesquera Argentina el día 29/06/2019 12:00 h

Dicha información fue enviada a la PNA, la cual la retransmitió, recomendando a la flota pesquera volver a los puertos para poder resguardarse, teniendo en cuenta que el regreso puede llevar más de un día, dependiendo de la distancia del buque a la costa. La flota se fue desconcentrando de las zonas de pesca y emprendió el regreso. Gracias a esta coordinación entre el SMN y la PNA, cuando el temporal azotó la zona ya no había buques en el área y se evitaron incidentes que podrían haber derivado en casos de búsqueda o rescate.



Figura 2. Situación de la Flota pesquera Argentina el día 30/06/2019

## El Centro de Información Meteorológica

Además de los pedidos provenientes de la JST que tienen fines puramente investigativos, el SMN también recibe consultas que aportan a la resolución de casos legales. Las mismas se canalizan a través del Centro de Información Meteorológica (CIM), de la Dirección de Servicios Sectoriales. El CIM es responsable de tomar las peticiones, derivarlas a cada área correspondiente si es necesario y, en algunos casos, enviar las respuestas formales desde el organismo. Fiorela Bertone, del CIM, explica que los requerimientos más frecuentes provienen de expedientes judiciales, comisarías o fiscalías. “Los datos que suelen pedirse son las condiciones del tiempo presente, es decir las variables meteorológicas en el momento y lugar del accidente. En algunos casos, también se desea saber si estas condiciones fueron pronosticadas y si hubo algún alerta emitido”, comenta Bertone.

En el caso de accidentes automotores, por ejemplo, interesa especialmente saber si se registró la presencia de niebla, polvo o humo, factores que reducen la visibilidad, y la presencia de hielo o agua en la ruta, que afectan la estabilidad de los vehículos. En el caso de accidentes ferroviarios, además de lo mencionado, es necesario saber si se observó precipitación o rocío en las horas previas, ya que si las vías están mojadas un tren necesitará recorrer más distancia para poder frenar.

*Los informes del estado del tiempo referidos a accidentes de tránsito terrestre son aproximadamente 2200 por año.*

Por otro lado, la PNA también requiere información respecto de accidentes fluviales, marítimos o lacustres de distinta envergadura y, a diferencia de la JST, estos pedidos sí pueden estar relacionados con procesos judiciales. “En algunos casos la PNA utiliza lo que informa el CIM para responder otras cuestiones, como elaborar sumarios por naufragios, colisiones o varaduras, que pueden o no haberse producido por cuestiones meteorológicas. Luego interviene la justicia, que es quien se expedirá sobre la responsabilidad, imprudencia o negligencia del tripulante responsable, por ejemplo si salió a navegar aún cuando las condiciones eran adversas y hubo un pronóstico emitido por el SMN alertando de la situación”, puntualiza Bertone. En este tipo de informes se pide el estado del tiempo en una hora o franja horaria, haciendo hincapié en el viento, la visibilidad horizontal y fenómenos significativos como tormentas o ráfagas, y en algunos casos se solicitan también copias del pronóstico marítimo y costero. En el CIM se reciben alrededor de 500 pedidos de informe de PNA, de los cuales el 80 % son referidos a accidentes.

**El SMN ha colaborado desde siempre en la seguridad en el transporte, ya sea aplicando recomendaciones para generar nuevos productos orientados a la toma de decisión basada en información meteorológica, o mejorando los ya existentes.**

Para poder responder a estos pedidos el CIM cuenta con la colaboración de las diferentes áreas del SMN y, por distintas vías, se les envían las respuestas a los usuarios correspondientes.

Desde la provisión de pronósticos para un vuelo seguro, hasta la planificación y dictado de cursos para ayudar a una mejor interpretación de los productos meteorológicos aeronáuticos. Desde la emisión y transmisión de alertas para el transporte terrestre y la navegación de nuestros mares hasta la provisión de información meteorológica para intentar determinar las causas de un siniestro en algún modo de transporte. El SMN ha colaborado desde siempre en la seguridad en el transporte, ya sea aplicando recomendaciones para generar nuevos productos orientados a la toma de decisión basada en información meteorológica, o mejorando los ya existentes. El trabajo interdisciplinario y la aplicación de nuevas tecnologías y nuevas metodologías para mejorar el desempeño de los pronósticos, derivan indudablemente en un transporte más seguro.



# TIEMPO EN EL AIRE

**Gran parte de las decisiones que toma un piloto se basan en las condiciones del tiempo presentes y futuras. ¿Cómo se produce esa información? ¿Desde dónde? ¿Quién la produce? ¿Cómo se transmite? En esta nota te contamos cómo trabaja el SMN para brindar servicios a la aeronáutica.**

Por Mariela de Diego

En las bambalinas de la operatoria aeronáutica existe un engranaje invisible, sumamente regulado, que posibilita que cada vez que despegue un avión, la tripulación cuente con la información meteorológica de calidad, indispensable para volar. Cientos de procesos, productos y personas intervienen para garantizar la seguridad de los vuelos. En nuestro país, de acuerdo a la Ley 21161, la Empresa Argentina de Navegación Aérea (EANA) le confiere al Servicio Meteorológico Nacional la responsabilidad de brindar información para todos los aeropuertos y aviones que cruzan nuestro cielo. Y lo hace desde sus estaciones y oficinas, con profesionales dedicados exclusivamente a eso.

Las Oficinas de Vigilancia Meteorológica (OVMs) son las que se ocupan de hacer el monitoreo meteorológico sobre cada una de las regiones de información de vuelo (FIR, por sus siglas en inglés) para los usuarios aeronáuticos. Hay cinco OVM en el país y cada una de ellas tiene responsabilidad sobre una FIR, que son establecidas en todo el mundo por la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional). En Argentina, las cinco FIRs son Resistencia, Mendoza, Córdoba, Ezeiza y Comodoro Rivadavia.

También existen diez Oficinas Meteorológicas de Aeródromo (OMAs), de las cuales cinco se encuentran físicamente en el mismo sitio que las OVMs. Por último, existen tres Oficinas de Información Meteorológica (OIMs) que brindan información a usuarios aeronáuticos.

En las OMAs y OVMs trabajan pronosticadores (y en algunas de ellas también auxiliares de pronóstico) que brindan información a una gama muy amplia de usuarios. “Hay usuarios nacionales, internacionales, públicos, privados, vuelos comerciales, sanitarios, de fumigación, vuelos militares, helicópteros”, señala Marcelo Ceballos, responsable de la OMV Resistencia, que es la cabecera de la FIR homónima (o FIR SIS, como se la conoce en la jerga) y comprende también las provincias de Misiones, Corrientes, gran parte de Chaco y Formosa, norte de Santa Fe, este de Santiago del Estero y parte de Entre Ríos.

*Las OMAs realizan, entre otros, los informes de pronóstico de aeródromo (conocidos como TAF, por sus siglas en inglés) que ofrecen una descripción completa de las condiciones meteorológicas predominantes esperadas en ese aeródromo durante todo el período de pronóstico,*

incluidos los cambios marcados en las variables meteorológicas



que se consideran de mayor importancia para las operaciones de las aeronaves. Los TAF -que se utilizan para la planificación de los vuelos- se emiten cada seis horas, para un período de pronóstico de 24 horas. Asimismo, pueden enmendarse si el pronóstico no es el esperado para el período de tiempo previsto. En total, se realizan informes para 39 aeropuertos, cuatro veces al día. Para el resto de los aeropuertos se realizan dentro del mensaje PRONAREA.

Las OMAs suministran información básica -como datos del tiempo provenientes de las estaciones meteorológicas- e **información elaborada, como pronósticos, alertas y mensajes especiales para los aviones en vuelo.** Ceballos explica: “Desde la oficina elaboramos, por ejemplo, el PRONAREA para la FIR SIS, que es un mensaje que describe fenómenos observados y pronosticados, que pueden afectar a una aeronave, como turbulencia, hielo, vientos fuertes. Se divide en secciones y se emite cuatro veces por día, de manera regular”.

Y, además, desde las OVMs también se elabora la información SIGMET, que es el equivalente a un alerta meteorológico para la aviación.

**“Un SIGMET es un mensaje sobre fenómenos meteorológicos severos en la ruta de vuelo, que podrían afectar la seguridad de las operaciones.**”

A su vez, proporciona información sobre el lugar, la extensión, la intensidad y la evolución prevista de los fenómenos específicos asociados con una mayor peligrosidad para la aviación”, explica Nadia Jones, pronosticadora de la OMA/OVM Comodoro Rivadavia. Y agrega: “Los SIGMET que se emiten con mayor

frecuencia en nuestra FIR son por turbulencia, ondas de montaña, engelamiento, tormentas y también por ceniza cuando nos afecta la actividad de algún volcán cercano”.

Los usuarios -por ejemplo, los aviones en vuelo-, al aproximarse a una FIR, reciben los mensajes que fueron elaborados y emitidos por la OMA/OVM correspondiente y, en función de eso, toman **decisiones que pueden resultar críticas, como cambiar la altitud, la ruta de vuelo, o incluso el aeropuerto de destino,** si las condiciones meteorológicas no permiten operar.

Todos los mensajes se transmiten por un canal fijo aeronáutico (AMHS), que es el circuito internacional de comunicaciones. Tanto el formato de los mensajes como las direcciones de su emisión responden a las normas internacionales dictadas por la OACI y la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Además, cuando un usuario lo requiere, se realizan *briefings*, es decir, charlas con el pronosticador para profundizar sobre la situación meteorológica. Generalmente, son los pilotos o los despachantes los que solicitan dialogar con el personal de meteorología. Al respecto, Felipe Vanucci, pronosticador responsable de la oficina de Aeroparque (que cumple las funciones de OMA y OVM), cuenta: “Me gusta mucho la interacción con los pilotos. Ese *feedback* nos ayuda a seguir mejorando los productos para que respondan a sus necesidades. Y, por supuesto, ver aterrizar y despegar aviones todo el tiempo es hermoso”.

**“Trabajar en una OVM es fascinante. En lo personal, se combina mi pasión por la meteorología y por la aeronáutica. En cuanto a la dinámica de mi trabajo, el hecho de que sean turnos rotativos y no trabajar de manera monótona es algo que me incentiva mucho. Cada turno es diferente y aunque hay días que son más tranquilos que otros, todos presentan nuevos desafíos”.**

Nadia Jones, pronosticadora OMA/OVM Comodoro Rivadavia.

## Hacia dónde va la Meteorología Aeronáutica en el SMN

Hoy, a poco de cumplir 150 años, el SMN está llevando a cabo un proceso de modernización que atraviesa todas sus actividades, procedimientos y equipamiento. Esto incluye una **política de calidad para certificar procesos de trabajo, un plan estratégico que orienta las acciones de sus más de mil integrantes,** la adopción de nuevas tecnologías para elaborar pronósticos y alertas y el fortalecimiento de la comunicación con todos los sectores que son usuarios.

Roxana Vasques Ferro, directora del área de Meteorología Aeronáutica, sostiene: “Estamos trabajando con el Sistema de Gestión de Calidad en los indicadores de precisión de los pronósticos aeronáuticos TAF, apuntando a la mejora continua. Con la mejora en la calidad de los modelos de pronóstico, **buscamos ganar precisión.** Las decisiones que se toman en los aeropuertos tienen un impacto muy alto, tanto en la seguridad como en lo económico y por lo tanto la precisión de los pronósticos es de suma importancia”.

El SMN renueva su visión como un organismo orientado a la ciudadanía en general y a los usuarios especializados en particular. La premisa es estrechar el diálogo con cada sector para desarrollar productos y servicios que respondan a sus necesidades. Con la convicción de que la información meteorológica de calidad sobre el tiempo y el clima, no solamente salva vidas y bienes, sino que agrega valor económico a todas las cadenas productivas del país, incluido el sector aeronáutico. °

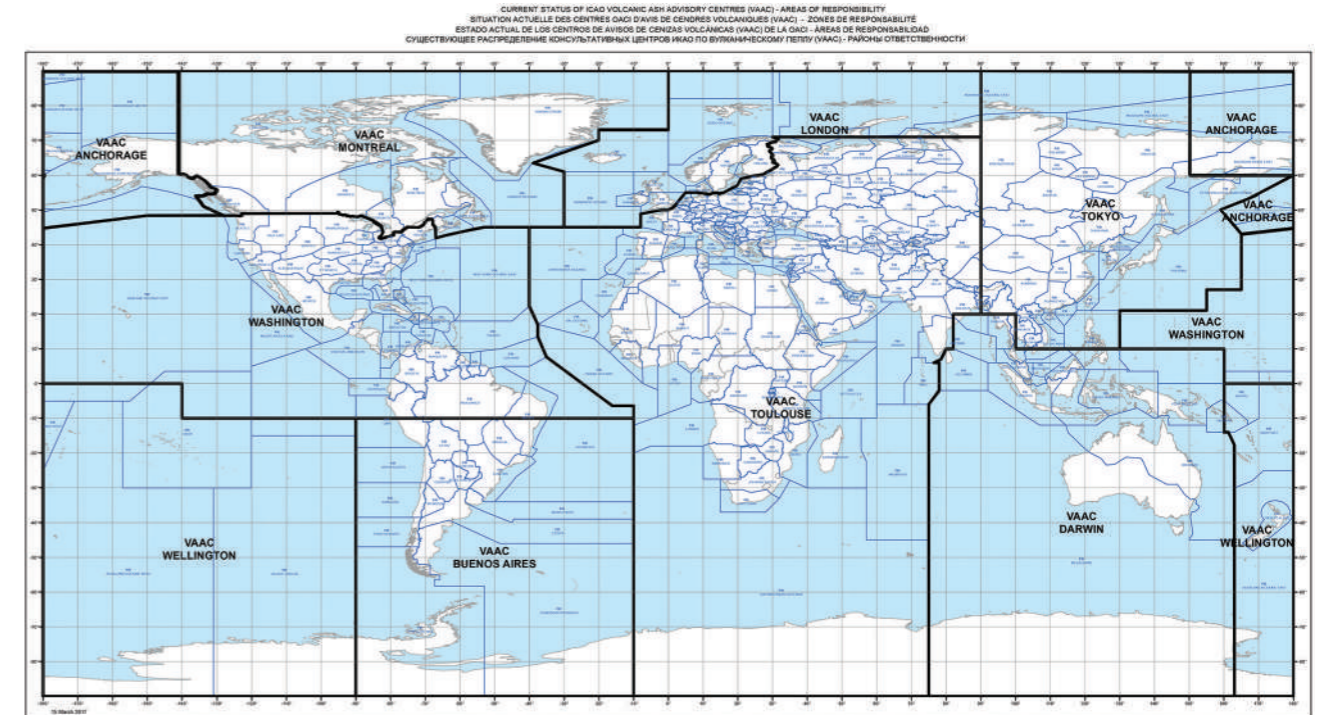


### MÁS DATOS E INFORMACIÓN

Cada día, más de 500 profesionales del SMN trabajan para que aviones y pasajeros lleguen con seguridad a destino a través de la vigilancia que realizan de la atmósfera. La red de observación del SMN cuenta con 125 estaciones meteorológicas a lo largo y ancho del país. De ellas, 99 se encuentran emplazadas en aeródromos y por eso brindan datos de observación y realizan la vigilancia en la terminal aérea. Muchas de ellas lo hacen a través de reportes de rutina, llamados METAR y SPECI, los cuales son emitidos para el aeródromo o fuera de él.



CENIZA VOLCÁNICA



Área de responsabilidad de cada VAAC.

# UN ADVERSARIO EN LOS AIRES

**El aumento de los vuelos -principalmente comerciales- en las últimas décadas evidenció un nuevo "enemigo" de los motores. La creación de los Centros de Avisos de Cenizas Volcánicas (VAAC) implicó un trabajo global para la detección temprana y el correcto seguimiento de las partículas originadas en las erupciones volcánicas.**

Por Valentina Rabanal

La conquista del cielo con distintas "máquinas voladoras" concretó un deseo casi prehistórico: alzarse como pájaros. El humano comenzó a considerarse casi una deidad que podía atravesar, por grandes distancias, los continentes, los mares y la atmósfera.

Sin nada que se interponga, el periodo entre guerras mundiales llevó a un auge en la aviación y la tecnología para hacer volar al hombre. Pero no fue hasta los años 80 que las tripulaciones se encontraron con un obstáculo que afectaba cada vez más al tráfico aéreo: la ceniza volcánica.

*Aunque los volcanes y sus erupciones han formado parte del planeta Tierra desde los inicios, el crecimiento exponencial de la aviación comercial llevó a explorar nuevas rutas y niveles de la atmósfera donde se pensaba que nada podría afectar a las aves metálicas.*

Hasta que los encuentros en pleno vuelo fueron cada vez más frecuentes y se decidió tomar cartas en el asunto.

Así fue como en 1998, la Organización de Aviación

Civil Internacional (OACI) creó los Centros de Avisos de Cenizas Volcánicas (más conocidos por sus siglas en inglés: VAAC) para el monitoreo y pronóstico del movimiento de las cenizas volcánicas en la atmósfera.

La inmensa cantidad de volcanes alrededor del globo llevó a que se establecieran nueve centros mundiales VAAC, cada uno con un área de responsabilidad bien delimitado:

- Anchorage (Estados Unidos)
- Buenos Aires (Argentina)
- Darwin (Australia)
- Londres (Reino Unido)
- Montreal (Canadá)
- Tokyo (Japón)
- Toulouse (Francia)
- Washington (Estados Unidos)
- Wellington (Nueva Zelanda)

## Un VAAC muy cerca

La confluencia de las placas de Nazca, Antártida y Sudamericana, y el hundimiento de las dos primeras por debajo de la última, son el origen de la cadena montañosa continental más larga del mundo: la cordillera de los Andes. Es por esto que toda América del Sur concentra centenares de volcanes en su margen occidental.

Los que se ubican en la zona centro y sur del subcontinente, en su mayoría en la frontera Chile-Argentina, son monitoreados constantemente desde la sede central del Servicio Meteorológico Nacional, donde reside el VAAC Buenos Aires.

**Con 156 volcanes dentro de su área de responsabilidad, el VAAC Buenos Aires comprende 17 regiones de información de vuelo (o FIR, por sus siglas en inglés) en las cuales, en mayor o menor medida, la presencia de ceniza modifica el desarrollo de actividades.**

A pesar de contar con al menos 15 volcanes que se hicieran notar en los últimos años, el VAAC Buenos Aires no trabaja solo. A nivel regional, su principal apoyo reside en los distintos observatorios vulcanológicos, quienes de manera rutinaria reportan la actividad de aquellos que se encuentran dentro de sus fronteras nacionales: el Instituto Geofísico del Perú, el Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile y el Servicio Geológico Minero argentino. La información de cada uno de estos organismos es vital para que se haga un correcto seguimiento de los volcanes que “despertaron”.

Pero el trabajo del VAAC va más allá del monitoreo: la observación es el insumo de los modelos de dispersión de ceniza y pronósticos, para poder conocer la evolución y la trayectoria que seguirá la nube de partículas.

Entonces, ¿cómo es el proceso para dar aviso de la presencia de ceniza?

1. El volcán entra en erupción
2. Se avisa al VAAC Buenos Aires. Puede ser desde un observatorio, una Oficina de Vigilancia Meteorológica (OVM) próxima al volcán, un pronosticador a través de imágenes satelitales o un piloto que transmite el mensaje al Centro de Control de Área (ACC) correspondiente.
3. Se emite el primer mensaje (VAA inicial) — máximo 20 minutos
4. Se envía el VAA completo — máximo 75 minutos
5. Se continúa monitoreando y emitiendo nuevos mensajes cada 6 horas como máximo.

Los mensajes se emiten siempre en el mismo estilo estandarizado a nivel internacional, tanto en formato texto como gráfico. En ambos se incluye también la evolución de los modelos para las próximas 18 horas (con el tiempo referenciado en UTC, teniendo en cuenta que nuestro país se encuentra en UTC -3).

La cantidad de mensajes -o avisos- que se generan desde la VAAC depende de cuántos volcanes estén en actividad. Puede ser una jornada tranquila, donde se vigila pero sin detección de partículas en la atmósfera. O, por el

**Ejemplo de aviso de ceniza volcánica (VAA).  
Volcán Sabancaya, 6 de enero de 2021**

Encabezado del mensaje, con el día y la hora (UTC)  
FVAG01 SABM 060650  
Identificación del mensaje  
VA ADVISORY  
Horario de emisión  
DTG: 20210106/0650Z

VAAC que emite el mensaje, en este caso, el VAAC Buenos Aires.  
VAAC: BUENOS AIRES

Datos del Volcán  
VOLCANO: SABANCAYA 354006  
PSN: S1547 W07150  
AREA: PERU  
SUMMIT ELEV: 19576 FT (5967 M)

Número de aviso  
ADVISORY NR: 2021/023  
Fuentes de información  
INFO SOURCE: GOES-E, GFS, WEBCAM.  
Código de color para la aviación  
AVIATION COLOUR CODE: NOT GIVEN

Detalles de la erupción  
ERUPTION DETAILS: INTERMITTENT PUFFS OF VA

Horario y nube observada  
OBS VA DTG: 06/0630Z  
OBS VA CLD: SFC/FL220 S1546 W07151 - S1601 W07142 - S1601 W07159 - S1546 W07151 MOV S 10KT

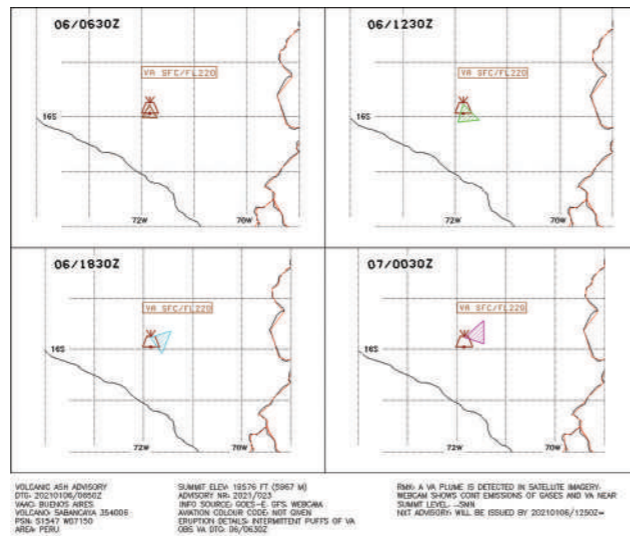
Pronóstico a 6hs.  
FCST VA CLD +6 HR: 06/1230Z SFC/FL220 S1546 W07150 - S1604 W07132 - S1606 W07156 - S1546 W07150

Pronóstico a 12hs.  
FCST VA CLD +12 HR: 06/1830Z SFC/FL220 S1539 W07126 - S1604 W07137 - S1546 W07151 - S1539 W07126

Pronóstico a 18hs.  
FCST VA CLF +18 HR: 07/0030Z SFC/FL220 S1526 W07127 - S1553 W07128 - S1546 W07150 - S1526 W07127

Aclaraciones  
RMK: A VA PLUME IS DETECTED IN SATELLITE IMAGERY.  
WEBCAM SHOWS CONT EMISSIONS OF GASES AND VA NEAR  
SUMMT LEVEL. ...SMN

Próximo mensaje  
NXT ADVISORY: WILL BE ISSUED BY 20210106/1250Z=



contrario, días como los que se vivieron en noviembre de 2019, donde el pronosticador de turno custodiaba tres volcanes activos con emisiones (Sabancaya en Perú, Copahue y Nevados del Chillán en Chile).

Si bien se sabe que cada cierto tiempo los volcanes despiertan, el periodo de actividad suele durar como máximo algunos meses. Pero toda “regla” tiene su excepción y en el caso del VAAC Buenos Aires este es el Sabancaya, ubicado al sur de Perú. Desde 2016, este volcán de una altura de 5975 metros está teniendo decenas de emisiones por día, lo que conlleva un monitoreo constante y la generación de alrededor de 1400 avisos por año desde 2017.

Aunque el foco de cada VAA es su área, los nueve centros trabajan en conjunto. Una de las tareas operativas que involucra a más de un VAAC es, por ejemplo, la transferencia de ceniza desde un centro a otro cuando se está por cruzar de una región de responsabilidad a otra.

## El futuro de los VAAC

Además de coordinar diversas acciones de manera rutinaria, entre todos los VAAC trabajan para mejorar continuamente la forma de monitorear y pronosticar la evolución de las nubes de ceniza volcánica.

**Uno de los proyectos que vienen desarrollando es la implementación de un pronóstico operativo de concentración de ceniza, es decir la cantidad de partículas que se presentan en un determinado volumen de aire.**

El impacto de la ceniza en las aeronaves, a partir de ciertos umbrales, comenzó a estudiarse con más detalle luego de la erupción en 2010 del volcán islandés Eyjafjallajökull. Las explosiones, a pesar de ser relativamente pequeñas, tuvieron un enorme impacto en la aviación en Europa, con la cancelación de 100 mil vuelos en más de 20 países durante la primera semana.

Las consecuencias de esta erupción fueron tan grandes, que se empezó a analizar la posibilidad de volar siempre y cuando la cantidad de partículas en la nube de ceniza se mantuviera bajo ciertos parámetros. Esta propuesta implicaba un cambio radical en la manera de proceder por parte de toda la aviación civil, ya que hasta el momento cualquier indicio de ceniza, por más mínimo que fuera, implicaba (aún hoy) el cierre del espacio aéreo.



A nivel global, se espera que esta innovadora manera de pronosticar se comience a utilizar en 2023, pero hay países que llevan años trabajando en fases experimentales. Entre ellos, el VAAC Buenos Aires, que utilizó este tipo de pronóstico durante la erupción del Cordón Caulle en 2011. Los volcanes y sus erupciones han formado parte de la vida en la Tierra desde siempre. La curiosidad del ser humano por comprender lo que sucedía a su alrededor y su deseo de alzarse por los cielos, llevaron a que podamos transportarnos miles de kilómetros y conocer, aún mejor, los impedimentos que se presentan. Hoy, las tripulaciones de las distintas aerolíneas no son meros receptores de la información que se genera, sino que con los reportes emitidos en vuelo contribuyen continuamente a una mejor localización y seguimiento de la ceniza volcánica. °

### LA VUELTA AL MUNDO DEL PUYEHUE

Durante los últimos 15 años, Argentina fue testigo de decenas de eventos donde la ceniza cruzó la cordillera y llegó a zonas completamente alejadas del volcán responsable. Uno de los más notorios tuvo lugar en junio de 2011, cuando el Puyehue, ubicado muy cerca de la frontera Chile-Argentina, entró en erupción luego de dos décadas en silencio.

Rápidamente, varias localidades argentinas se vieron cubiertas por capas de ceniza, que en el caso de Villa La Angostura llegó a los 15 centímetros. El viento se encargó de dispersar las partículas por todo el norte patagónico e incluso más allá: los principales aeropuertos de Buenos Aires y Montevideo cerraron sus puertas momentáneamente debido a la presencia de ceniza volcánica.

Pero mientras las erupciones continuaban, las partículas siguieron viajando hacia el este a grandes alturas. Incluso, provocaron la cancelación de vuelos en Sudáfrica, Australia y Nueva Zelanda. Dos semanas después de la primera erupción, el VAAC Buenos Aires detectó ceniza procedente de Oceanía, a pesar de no haber ninguna actividad en la región. El responsable no era otro sino el Puyehue.

# LA RUTA COMPARTIDA DE LA MOVILIDAD Y MITIGACIÓN DEL CAMBIO

**El transporte es un aspecto esencial de la humanidad desde siempre. Y si bien la vida como la conocemos no sería la misma sin las distintas formas de trasladarnos, el aumento de su uso tiene un protagonismo inherente a los cambios que se dan en el clima.**

Por Julia Chasco

Podemos intuir la importancia del transporte en nuestras sociedades. La interdependencia tanto de la ciudadanía como de diversos sectores productivos es muy alta. La organización del sistema de transporte impacta en el desarrollo de la economía, la inclusión social y la cohesión e integración territorial.

De hecho, el aumento en la demanda y consumo de transporte suelen ser indicadores de crecimiento económico en todo el mundo.

*Según datos del Banco Mundial, entre 2000 y 2016 los niveles de producto mundial se incrementaron un 55 % y las exportaciones un 93 %.*

Las estadísticas de transporte marítimo de contenedores reflejan este proceso: entre 2000 y 2014, el tráfico de los mismos se triplicó. En relación con el transporte aéreo, el número de partidas de vuelos internacionales aumentó casi un 50 % en el mismo periodo.

Si bien son innegables los múltiples beneficios y posibilidades que los distintos tipos de transporte otorgan a nuestras sociedades, los sistemas actuales vienen acompañados de varias debilidades, entre ellas su relación con el medio ambiente.

Como muestra la tabla, la dependencia de este sector con los combustibles fósiles hace que hoy el transporte tenga un rol preponderante en los debates asociados al cambio climático. Pero ¿por qué?

Desde la perspectiva del cambio climático, el transporte es un sector con particular relevancia. Además de ser

responsable de una parte importante de las emisiones globales, la dinámica de las mismas lo muestra como el sector de mayor crecimiento y el más acelerado, lo que significará un desafío extra en el futuro de este área.

En Argentina, según el inventario nacional de gases de efecto invernadero (GEI) del 2019, el transporte es el segundo en el ranking de dichas emisiones, con un 13,8 % del total, luego del sector ganadero.

Este dato particular incluye las provenientes de la quema y evaporación de combustible en todas las actividades de transporte, independientemente del sector. Pero ¿qué se contempla de cada subsección?

- **Aviación civil:** abarca el uso civil-comercial de aviones (incluyendo tráfico regular y chárter para pasajeros y carga), y aviación en general. La división entre vuelos internacionales y de cabotaje se determina en base a los lugares de salida y de llegada de cada etapa de vuelo y no por la nacionalidad de la línea aérea. En el caso de las emisiones de la aviación internacional, se estiman pero no se contabilizan dentro del inventario.

- **Transporte terrestre:** emisiones que emanan del uso de combustibles en vehículos terrestres.

- **Ferrocarriles:** contribución tanto en trenes de carga como de pasajeros.

- **Navegación marítima y fluvial:** aporte de los combustibles usados para impulsar naves marítimas y fluviales, incluyendo aerodeslizadores y aliscafos. La división entre rutas internacionales y nacionales debe determinarse en base a los puertos de salida y de llegada y no por la bandera o nacionalidad del barco. En el caso de las emisiones provenientes de la navegación marítima y fluvial internacional, se estiman pero no se contabilizan dentro del inventario.

Modalidad de suministro de energía según el modo de transporte y el tipo de combustible.  
Plan de Acción Nacional de Transporte y Cambio Climático. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017).

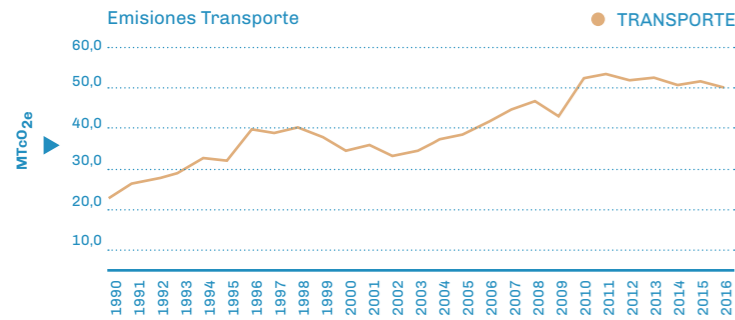
		MODO DE TRANSPORTE					
		Ferrovionario	Automotor público	Automotor privado		Aéreo	Fluvio-marítimo
				Cargas	Personas		
Tipo de combustible	Electricidad	Centrales eléctricas.	Conexión en estaciones de servicio (en desarrollo).				
	Diesel (incl. Biodiesel)	Grandes acopios próximos a las vías.	Acopios en las terminales y surtidores de estaciones de servicio.	Surtidores en estaciones de servicio.			Acopios en las terminales y surtidores de estaciones de servicio.
	Fuel Oil						
	GNC		Surtidores				
	Nafta (incl. Bioetanol).		Surtidores en estaciones de servicio.		Suministro en terminales.		Surtidores en estaciones de servicio.





**Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), las proyecciones indican que en el año 2030 el 60 % de la población mundial será urbana y el número de autos se duplicará. Más específicamente, en América Latina, el 86 % de la población vive en ciudades; esto indica que las políticas de transporte limpio estarán en el centro de la mesa de las políticas de mitigación urbana a la hora de planificar ciudades sustentables y una mejor calidad de vida asociada a la movilidad y el transporte.**

El siguiente gráfico evidencia el incremento relativamente sostenido de estas emisiones en nuestro país que contribuyen a la ya conocida problemática del cambio climático.



En la actualidad, en todas las economías del mundo el transporte contribuye significativamente a los gases de efecto invernadero. Esto indica que todos los estados tienen un desafío sin igual en materia de políticas de transporte y cambio climático. El desafío radica en el alcance de sistemas de movilidad sostenibles como área prioritaria de acción en la lucha contra el cambio climático y el desarrollo urbano sostenible e inclusivo. Esto se logra con planes de acción sectoriales.

En el caso de Argentina, el Plan de Acción Nacional de Transporte y Cambio Climático, creado en 2017, establece tres ejes prioritarios de intervención en todos los niveles jurisdiccionales: el transporte urbano de pasajeros, interurbano de pasajeros y de cargas.

¿Cuáles son las medidas a implementar? En el caso del transporte urbano de pasajeros, las iniciativas suelen orientarse a la jerarquización de ferrocarriles, el desarrollo de movilidad de bajas emisiones (etiquetado de vehículos según eficiencia energética, promoción de vehículos con base en energías alternativas, buses eléctricos), la inversión en infraestructura para una movilidad no motorizada y la priorización del transporte público.

Para el transporte interurbano de pasajeros, las iniciativas radican en la priorización del ferrocarril y la modernización aerocomercial.

Por último, en materia de transporte de cargas, lógicamente la priorización del ferrocarril tiene protagonismo propio como iniciativa, junto con la mejora de la eficacia del transporte terrestre de carga, medida que incluye diversos programas.

## Gobernanza local

En un mundo prevalentemente urbano, la estrategia ambiental bajo la cual se planifica el desarrollo de las ciudades es y será un aspecto central de la vida en comunidad en el futuro. En esta transformación, los sistemas de movilidad urbana juegan un rol decisivo y fundamental. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), las proyecciones indican que en el año 2030 el 60 % de la población mundial será urbana y el número de autos se duplicará. Más específicamente, en América Latina, el 86 % de la población vive en ciudades; esto indica que las políticas de transporte limpio estarán en el centro de la mesa de las políticas de mitigación urbana a la hora de planificar ciudades sustentables y una mejor calidad de vida asociada a la movilidad y el transporte.

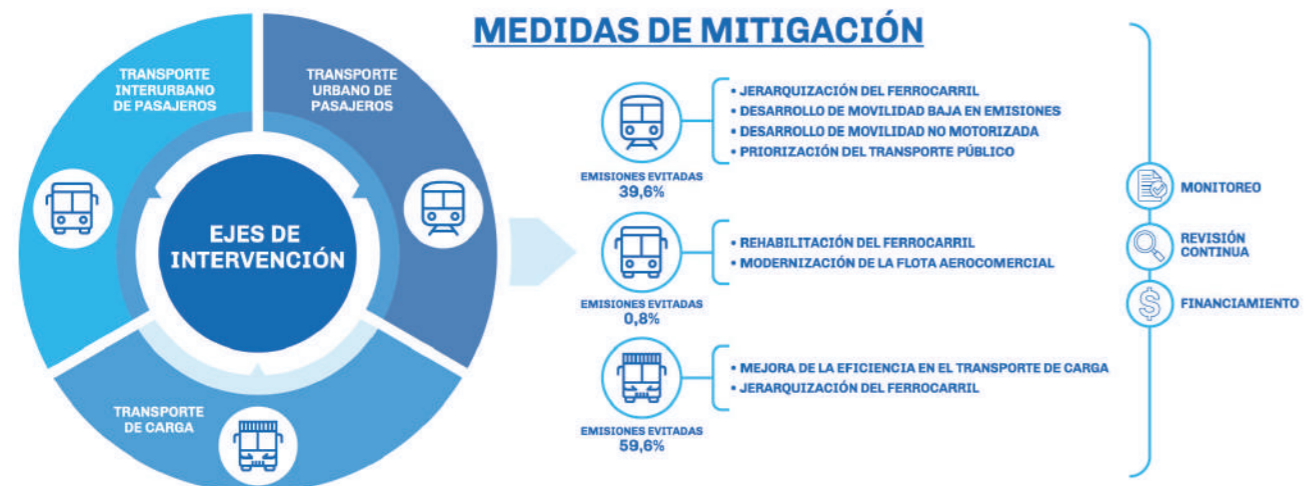
### Fuentes consultadas:

Barbero, Torquins (2012). Transporte y cambio climático: hacia un desarrollo sostenible y de bajo carbono. Revista Transporte y Territorio N°6, UBA. <http://www.rtt.filo.uba.ar/RTT00602008.pdf>

Gabinete Nacional de Cambio Climático (2017). Plan de Acción Nacional de Transporte y Cambio Climático. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan\\_de\\_accion\\_nacional\\_de\\_transporte\\_y\\_cc\\_1.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan_de_accion_nacional_de_transporte_y_cc_1.pdf)

Lograr sistemas de movilidad sostenibles es esencial para combatir el cambio climático y alcanzar el desarrollo urbano inclusivo (2018). Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/es/comunicados/lograr-sistemas-movilidad-sostenibles-es-esencial-combatir-cambio-climatico-alcanzar>

Moreira Muzio, Macarena (2019). Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero: Argentina. <https://inventarioge.ambiente.gob.ar/files/inventario-nacional-gei-argentina.pdf>



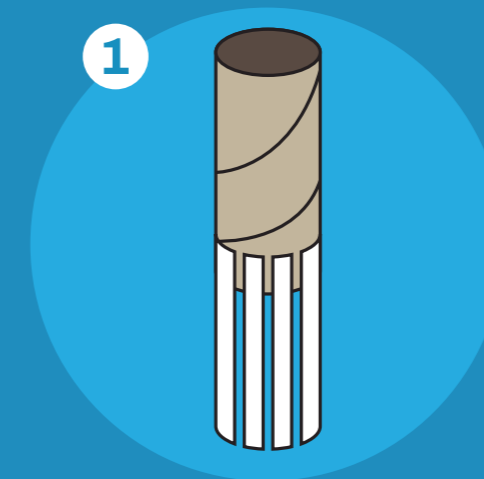
## HACELO VOS MISMO

# ¡ARMÁ TU PROPIA MANGA DE VIENTO!

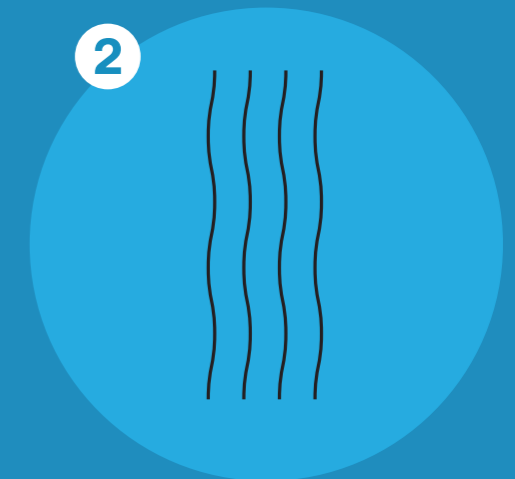
## Materiales:

- Tubo de cartón (puede ser de papel higiénico o rollo de cocina).
- Aguja por cuyo ojo pueda pasar el hilo.
- Tiras de papel de servilleta.
- Hilo o cuerda fina de algodón.

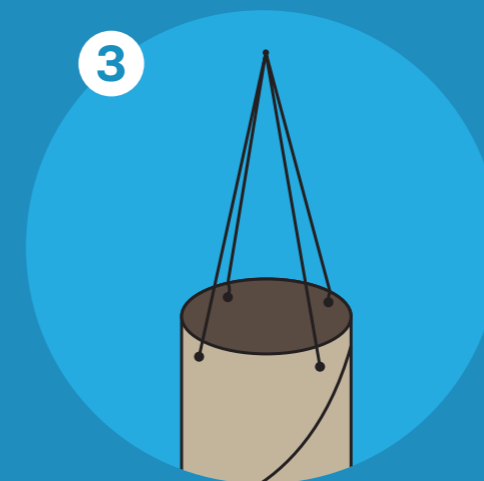
## ¿Cómo lo hacemos?



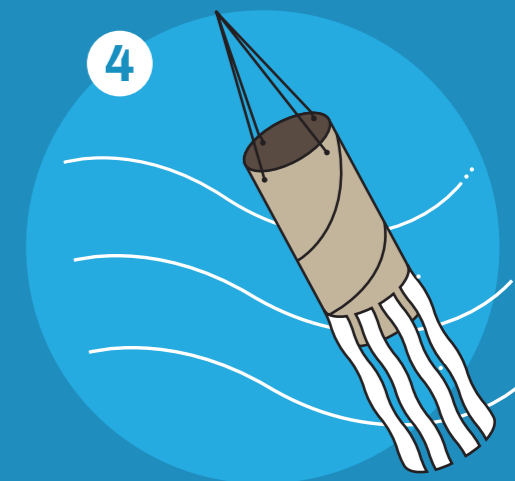
1. Cortar varias tiras de papel y pegarlas en un lado del tubo.



2. Dividir el hilo o cuerda en cuatro trozos de la misma longitud.



3. Hacer cuatro agujeros en forma simétrica del otro lado del tubo, pasar por cada uno de ellos un trozo de hilo, a los que se ata y engancha en algún soporte vertical (lejos de paredes y árboles).



4. Con esta manga no se podrá medir la velocidad del viento pero veremos que, a mayor velocidad, esta estará más horizontal y cuando hay calma estará en posición vertical.

---

***Seguinos en nuestras  
redes sociales:***

