



CIENCIA MÁS TECNOLOGÍA

3 de abril de 2019 - Año 4, N.º 43



## Los vientos alisios influyen nuestra vida cotidiana

No solamente nos refrescan en diciembre y nos traen el *veranillo* de julio y agosto. Los vientos alisios son los responsables de la distribución de las lluvias en toda Centroamérica y afectan, incluso, nuestra salud (págs. 2 y 3)



Los vientos alisios tienen efectos importantes para la vida diaria, la salud y la economía costarricenses y de toda la región centroamericana. Foto: Archivo ODI.

# Nuestros vientos de cada día

**Los vientos alisios se manifiestan en Costa Rica durante dos épocas del año. Además, son los responsables de transportar humedad a través del océano Atlántico para producir lluvias en nuestra región.**

*Jorge A. Amador*

*Físico y especialista en ciencias atmosféricas de la Universidad de Costa Rica. Miembro de la Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica.*

Es frecuente encontrar en el parque de La Paz y en la Sabana, niños y grandes aprovechando los vientos de la época navideña e inicios de año para volar papalotes de distintos tamaños, colores y formas. Estos vientos, llamados alisios (“aquellos que vienen del mar”), están presentes en el país todo el año.

A menudo vienen acompañados de fuertes ráfagas y, en ocasiones, se juntan con vientos fríos del norte para dar frescura de diciembre a parte de marzo. Se manifiestan también con gran intensidad durante julio y agosto, cuando se vinculan a una época de poca lluvia (“veranillo”), en el Valle Central, el Pacífico y la Zona

Norte de Costa Rica, la cual permite a los escolares disfrutar de las vacaciones de medio período. Los alisios integran así nuestro entorno.

## ¿Cómo se generan?

Estos vientos forman parte del movimiento de aire cerca de la superficie terrestre, se originan en latitudes medias y altas, y alcanzan las zonas cercanas al ecuador. La inclinación del eje terrestre (23,5°) con respecto al plano de la órbita solar hace que la radiación del Sol, que llega al tope de la atmósfera, varíe con la latitud.

Costa Rica, por ejemplo, recibe más radiación solar al año que los países localizados más al norte como México. Cada año, entonces, las zonas tropicales guardan más calor y tienen mayor potencial de retener humedad que las zonas polares, las cuales son más frías y con menor capacidad para mantener la humedad. A causa de esta diferencia de temperatura entre las zonas en latitudes altas y polares, y las regiones cercanas al ecuador, se producen los vientos alisios.

George Hadley (1685-1768), físico y meteorólogo inglés, fue quien formuló una teoría completa de los alisios y del movi-

miento de los vientos entre los polos y el ecuador, conocida hoy como la celda de Hadley. Esta celda, junto con las corrientes oceánicas y otros sistemas atmosféricos, se encargan de transportar a los polos el exceso de calor o energía que se guarda cada año en los trópicos.

Por su parte, Gaspard-Gustave de Coriolis (1792-1843), ingeniero y matemático francés, dio la explicación del porqué los vientos son desviados, por la rotación de la Tierra, a la derecha en el hemisferio norte, de manera que en nuestra región se presentan como vientos que vienen del este o noreste del mar Caribe.

## El papel de los alisios

Los alisios transportan humedad a través del Atlántico para producir lluvias en nuestra región, pero ese no es su único papel en la atmósfera. Investigadores británicos encontraron en 1999 que la migración de la langosta africana (*Schistocerca gregaria*), hacia el Caribe y Suramérica, coincidía con el pasaje de especies de ondas atmosféricas contenidas en los alisios del Atlántico.

Además, a principios de julio del 2018, una nube masiva de polvo del Sahara

cruzó el Atlántico en el seno de los alisios para impactar Texas, México y partes de Centroamérica, con los consecuentes impactos en la salud.

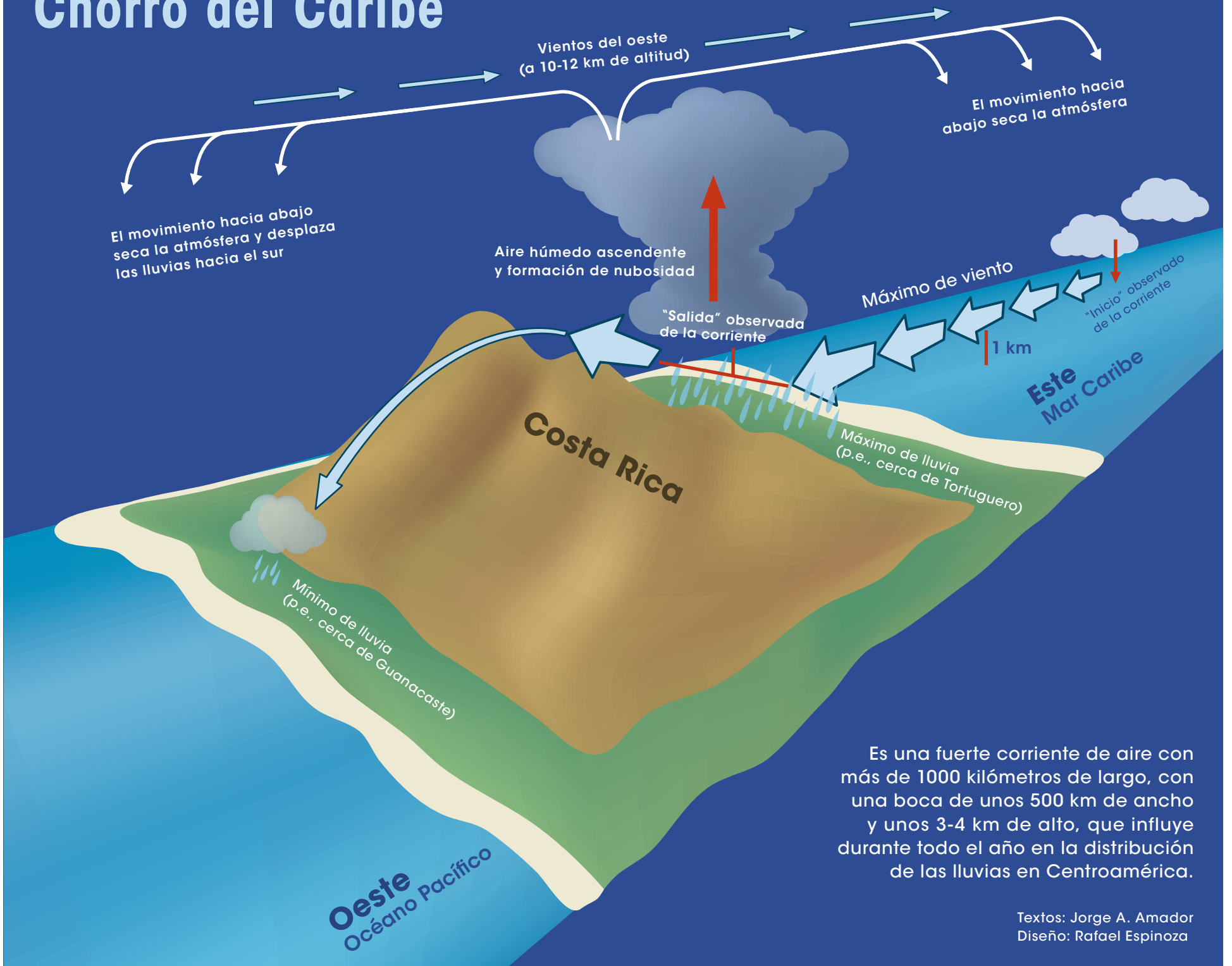
## Investigación en Costa Rica

Una característica climática muy importante asociada a los alisios del Caribe es la existencia de una fuerte corriente de aire, con máximos que pueden llegar a los 100 km/h, a una altura aproximada de 1 km sobre el nivel del mar, localizada entre 70-80°W y 13-17°N.

Esta estructura (semejante a una gran manguera de aire de más de 1000 km de largo y con una boca de unos 500 km de ancho y unos 3-4 km de alto) fue denominada por el suscrito, en 1998, como la Corriente en Chorro de Bajo Nivel del Caribe (Caribbean Low-Level Jet, CLLJ, por sus siglas en inglés).

El CLLJ afecta a lo largo del año el cómo se distribuye la precipitación en la región. El origen físico del CLLJ aún no se conoce. Su intensidad en el año obedece parcialmente a la diferencia de presión entre latitudes medias y los trópicos, aunque también pende de si el fenómeno de El Niño o La Niña están presentes.

# La Corriente en Chorro del Caribe



Nuevos trabajos, liderados por colegas del Centro de Investigaciones Geofísicas (Cigefi) y de la Escuela de Física de la Universidad de Costa Rica (UCR), determinaron que el CLLJ es parcialmente responsable de las condiciones hídricas bajo lo normal durante los meses de junio, julio y agosto en el denominado Corredor Seco Centroamericano, al cual pertenece la Región Chorotega en Guanacaste.

El CLLJ, por su intensidad y constancia, favorece la utilización de la energía eólica, de ahí que entidades, como el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), puedan generar energía eléctrica en varios lugares del país, especialmente durante los meses en que se presentan los máximos de viento, a medio, a final y a principio de año.

En este aspecto, el Cigefi (que cumple este 2019 su aniversario 40) colaboró con el ICE hace unos años en la creación de un

mapa de potencial eólico en Costa Rica, mediante el uso de modelos numéricos de área limitada.

El impacto de los vientos asociados al CLLJ no es siempre positivo. En ocasiones, hay ráfagas asociadas a este sistema que pueden ser causantes de la propagación de incendios forestales o la caída de árboles y materiales de construcción en edificios, algunas veces con saldo de muertos o heridos.

La UCR aprobó recientemente al Cigefi, mediante el concurso Fondos para Grupos de Investigación, un proyecto a cinco años plazo sobre el CLLJ, para continuar con el avance del conocimiento sobre esta importante característica climática de nuestra región y transferir a la sociedad los resultados aplicables de dichos estudios. ■

## La Corriente en Chorro de Bajo Nivel del Caribe

Como una gran bocanada de aire, así se desplaza la Corriente en Chorro de Bajo Nivel del Caribe, desde el extremo este de ese mar hasta las costas de Centroamérica y aún más allá, pasando por encima de las montañas.

Si se mide en julio y febrero, los meses de mayor intensidad, el viento en esta corriente puede llegar a velocidades de hasta 100 kilómetros por hora o más.

Este fuerte chorro de aire puede tener hasta unos 1000 kilómetros de largo en el sentido este-oeste sobre el mar Caribe (desde las Antillas Menores, trasladándose por encima

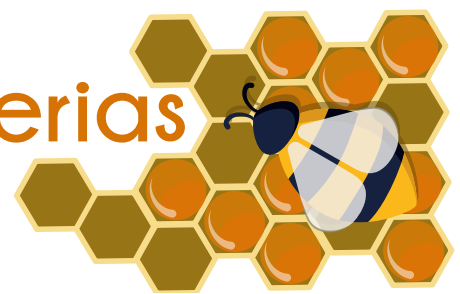
de Costa Rica, hacia el océano Pacífico), unos 500 kilómetros de ancho en el sentido norte-sur (desde las costas de Venezuela hasta Cuba) y su máximo está como a un kilómetro sobre el nivel del mar.

Esta corriente es muy importante para explicar la distribución de la precipitación (zonas de máximos o mínimos de lluvia como las de Barra del Colorado, en Limón, y Guanacaste, respectivamente), no solo en Centroamérica, sino en otras partes de las regiones tropicales de América.



Las abejas mariolas eran insectos sagrados para los indígenas mayas por las propiedades curativas de su miel.  
Foto: Laura Rodríguez.

# Abejas mariolas se asocian a bacterias capaces de producir antibióticos



**Un estudio sobre la relación entre insectos sociales y bacterias muestra que las abejas mariolas son especies promisorias para la búsqueda de nuevos antibióticos.**

Patricia Blanco Picado  
[patricia.blancopicado@ucr.ac.cr](mailto:patricia.blancopicado@ucr.ac.cr)

Cuando era un niño, su padre solía tener unas pequeñas abejas sin aguijón en una cajita de madera, en el patio de su casa; eran abejas mariolas, que utilizaba como polinizadoras en su papayal, en Cariari de Pococí, Limón.

Sin embargo, Juan Carlos Cambronero Heinrichs nunca imaginó que años más tarde, como estudiante de la Universidad de Costa Rica (UCR), la academia lo pondría de nuevo frente a esos laboriosos insectos, como investigador en un tema crucial para la humanidad: la búsqueda de nuevos antibióticos para el tratamiento de enfermedades humanas.

Cambronero, de 26 años, realizó su tesis —para optar a la Licenciatura en Microbiología— en la identificación de bacterias asociadas a las abejas *Tetragonisca angustula* con capacidad para producir antibióticos. Esta cualidad las convierte en una especie promisoría entre los insectos

sociales para obtener nuevas sustancias con propiedades antimicrobianas.

Las mariolas son nativas de Mesoamérica y desde la época precolombina fueron cultivadas por algunas culturas, que les atribuían poderes sagrados. En Latinoamérica, su miel es muy apreciada por las propiedades curativas de quemaduras e infecciones de la piel y los ojos. Incluso, es utilizada en las peleas de gallos para aplicarla en las heridas de estos animales.

De acuerdo con los científicos, la búsqueda en insectos de bacterias con potencial para inhibir el crecimiento de otros microbios constituye una ventaja frente a otros sustratos, como el suelo, ya que se

ha comprobado que muchos mantienen relaciones benéficas con estas bacterias, que los protegen de enfermedades.

## De las zompopas a las abejas

El interés en los microorganismos ambientales le surgió a Cambronero cuando era asistente del investigador y profesor, Adrián Pinto Tomás, pionero en el país en el estudio de las hormigas zompopas y su relación simbiótica con bacterias. Este insecto utiliza a esos



Los insectos sociales, como las abejas sin aguijón, se asocian a bacterias productoras de antibióticos.  
Foto: Laura Rodríguez.

microorganismos para protegerse de enfermedades y a cambio les provee alimento y casa.

Este conocimiento y el de otros estudios sirvieron de base para el trabajo de Cambroner, que aisló bacterias de abejas mariolas con el apoyo de Bernal Matarrita Carranza, investigador de la Estación Biológica La Selva, en Sarapiquí. Matarrita analizó distintas especies de hormigas, abejas y avispas, con el objetivo de explorar nuevas asociaciones entre insectos sociales y microorganismos productores de antibióticos.

En otra de las investigaciones sobre las abejas mariolas, el científico de la Universidad Nacional (UNA), Gabriel Zamora Fallas, identificó proteínas en la miel de estos insectos capaces de destruir colonias de bacterias o biopelículas que los antibióticos comunes no pueden combatir.

“La microbiología de las abejas sin aguijón o abejas meliponas ha sido poco estudiada en comparación con otros insectos sociales”, explicó Cambroner.

En su tesis, efectuada bajo la dirección de Pinto, Cambroner estudió marcadores moleculares o secciones de ADN, para identificar estos microorganismos.

El análisis filogenético permite examinar las relaciones evolutivas de proximidad taxonómica entre los organismos aislados en Costa Rica y los de otras partes del mundo, que tienen relaciones simbióticas comprobadas con insectos.

## Bacterias asociadas a insectos

Cambroner probó que las bacterias aisladas de las abejas mariolas se parecen más a las bacterias encontradas en insectos que a las de otros ambientes como, por ejemplo, el suelo.

“Esto es muy importante, porque comparar nuestros aislamientos con los de otras partes del mundo que tienen una asociación con insectos nos hace pensar

que ambos están relacionados; es decir, que hay una relación evolutiva”, explicó el investigador.

Sin embargo, la historia detrás de ese vínculo es todavía una interrogante. “Nos queda la pregunta de si estas abejas tienen un simbiote productor de antibióticos o podrían estar funcionando únicamente como acarreadoras de bacterias de las plantas que polinizan”, comentó.

En fotografías de microscopía electrónica de las abejas, Cambroner observó filamentos bacterianos que están unidos a estructuras de acarreo, como los peines de las patas, donde transportan polen. Igualmente, estos filamentos están presentes en las mandíbulas y en el tórax de las abejas analizadas.

Un aspecto muy llamativo para los científicos es que no se conocen microorganismos patógenos que ataquen a las mariolas.

Para el tutor de la tesis, los insectos han seleccionado a lo largo de su evolución a las mejores bacterias para hacer

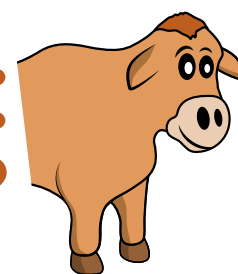
antibióticos y, en este sentido, las abejas mariolas constituyen una de las especies que brindan mayores posibilidades en esta búsqueda.

La publicación del estudio de Cambroner se hizo en enero pasado en la revista científica internacional *Microbiology*. “Fue un camino difícil, escribir en ciencia es un proceso muy largo, esto lo hace a uno tener confianza en las publicaciones científicas, porque los artículos pasan por muchos filtros”, dijo el joven investigador, quien recuerda a aquellas pequeñas abejas queridas por su miel con propiedades sanadoras, las cuales ahora podrían ser aplicadas en la producción de nuevos fármacos en beneficio de la salud humana. ■



De acuerdo con un estudio de la Universidad Nacional, la crianza de una vaca es fundamental para que en el futuro esta pueda producir más leche. Foto: archivo ODI.

# Las vacas también sienten: ¿cómo la crianza influye en la producción de leche?



## Las fincas con problemas de crianza tienen niveles más bajos de producción lechera.

José A. Céspedes Campos  
[jose.cespedescampos@ucr.ac.cr](mailto:jose.cespedescampos@ucr.ac.cr)

¿Qué se debe hacer para que una vaca produzca más leche? Un nuevo estudio de la Universidad Nacional (UNA) tiene la respuesta: emplear buenos protocolos de crianza. Los investigadores descubrieron que existe una relación directa entre la forma de criar a una ternera y la capacidad que ella va a tener en el futuro para producir leche.

Esto lo averiguaron con una muestra de 2747 hembras de 22 fincas de todo el territorio nacional. En el análisis se formuló un cuestionario para que los productores de

leche calificaran tres rubros de sus fincas: el mantenimiento de la salud, la alimentación y el alojamiento de tales animales.

Además, utilizaron el sistema VAMPP Bovino, el cual funciona desde 1963 como una gran base de datos que documenta toda la información de rendimiento de las fincas lecheras del país.

Mediante el análisis de los datos suministrados por los finqueros en las encuestas y la información que existía de las fincas en el VAMPP, se calificó a las productoras de leche con un puntaje que medía su manejo de crianza en un rango de alto, medio o bajo rendimiento.

## La crianza sí importa

El grupo de investigadores, conformado por docentes de la Escuela de Medicina

Veterinaria de la UNA, reveló que las fincas con altos estándares de crianza produjeron hasta 1000 litros de leche más por vaca durante el período de estudio, que aquellas calificadas con bajos rendimientos.

¿Por qué? Según el análisis, eso sucede porque los animales criados con altos estándares llegan con un buen peso y altura al tener su primera cría, lo cual hace que sean menos propensos a debilitarse y sufrir enfermedades a causa del primer parto. Tal cuidado les asegura que su primera producción de leche sea substanciosa, aspecto determinante para el resto de sus vidas como reses lecheras.

Gloriana Castillo Badilla lideró el equipo de investigación y afirmó que “si los productores de leche se hacen de la vista gorda con algunos inconvenientes que puedan tener en la crianza, a largo plazo les pueden cobrar una factura tanto

a nivel productivo como de ingresos de la finca”.

La investigadora señaló que los finqueros asumen que un problema ocasionado en el período de crianza se puede corregir en la edad adulta de la res, cuando en realidad podría significar un impedimento de por vida.

Otro hallazgo del estudio fue determinar cómo afecta la edad del primer parto de los animales en la producción de leche. Los datos mostraron que aquellas hembras que parieron por primera vez cuando estaban muy jóvenes, producían menos leche que las que lo hicieron en edades mayores.

“Esto es importante de atender, ya que en ocasiones los productores prefieren apresurarse en sacarle cría a la vaca para ahorrarse costos de crianza, sin saber que eso más bien podría perjudicarla en el futuro”, aseguró Castillo.



“Solo si una vaca crece saludablemente va a ser factible que reemplace a otras”, afirmó la investigadora de la UCR Cynthia Monge Rojas. Foto: archivo ODI.

## Capacitación

Cynthia Monge Rojas, investigadora de la Estación Experimental de Ganado Lechero Alfredo Volio Mata de la Universidad de Costa Rica (UCR), también considera la crianza como un factor determinante para sostener el trabajo lechero, ya que “solo si una vaca crece saludablemente va a ser factible que reemplace a otras”.

“Esa es una lucha con los productores, para que entiendan que el animal de reemplazo (la ternera) es la piedra angular de su actividad, porque son ellas las que van a llegar a sacar a las viejas o enfermas”, afirmó la académica.

Tanto Monge como Castillo concuerdan en que un escollo para modernizar la producción de leche es que se trata de un oficio heredado y, en ocasiones, los lecheros se limitan a lo que aprendieron de sus padres o abuelos y no acatan recomendaciones de fuentes externas.

Un caso como este es el de Diego Bolaños, productor de leche en Río Cuarto de Alajuela y dueño de 27 vacas. Él comentó que su padre empezó como vendedor de semen de toro para inseminar a las hembras. Su papá le enseñó que lo que hacía que un animal produjera buena leche era la genética (tanto de la madre del

rumiante como del toro que proporciona la esperma).

Hoy, Bolaños lleva la comida a su casa gracias a la finca que le dejó su padre y está convencido de que la capacidad de una vaca para producir leche está determinada por su genética y raza, más que por otros factores, pese a que ha llevado distintos cursos donde le enseñaron la importancia de la crianza del ganado.

## Atender, no invertir

Si bien el uso de productos de alta calidad puede beneficiar el proceso de crianza de una vaca, no es determinante para tener buenos resultados de producción de leche. Así lo aseguró Frank Hueckmann, dueño de una de las fincas que tuvo mejor puntaje en el estudio de la UNA.

Hueckmann dijo que para lograr lo anterior es determinante mantener un orden y registro de todos los datos de la finca, por ejemplo: edades de parto, cantidad de nacimientos, salud y alimentación de las vacas, entre otros. Agregó que existen herramientas como VAMPP, las cuales son muy útiles, y que es necesario que los productores sepan utilizarlas.

“Yo creo que el productor de leche tiene que estar actualizando, ir a charlas y a capacitaciones que lo hagan ver qué áreas puede mejorar”, indicó el empresario.

Actualmente, el vecino de Vara Blanca de Heredia asesora a varios productores de esta zona sobre el buen manejo de las fincas y la atención adecuada del ganado.

Para casos de fincas con bajos rendimientos de crianza, los investigadores de la UNA recomiendan no hacer inversiones innecesarias como comprar terneras con alimentadores automáticos y aspersores modernos, ya que esto no va a determinar una mejor crianza.

Son las tareas y necesidades básicas diarias, como mantener a las vacas secas, los chupones de alimento limpios y los establos sin corrientes de aire directas, las que resultan indispensables para que ellas crezcan con todo su potencial.

## Menos impacto ambiental

Una vaca saludable vale por dos. El estudio también informa que si los productores se preocupan por tenerlas sanas desde su nacimiento, pueden contribuir al cuidado del ambiente. ¿Cómo? Si en una finca se tiene un menor número de reses que produzca la misma cantidad de leche o

más que una con muchos animales de bajo rendimiento, se genera una menor huella ambiental.

Lo anterior se debe a que el ganado vacuno produce un potente gas de efecto invernadero llamado metano, el cual contribuye al calentamiento global. Entre menos vacas se tengan para producir suficiente leche, menos gas metano se va a la atmósfera.

Bajo este mismo principio, los lecheros pueden alcanzar mejores rendimientos e invertir en menos animales, lo cual podría ayudar a incrementar la producción y así contribuir a las exportaciones nacionales.

Según datos de la Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica (Procomer) del 2018, la leche lidera la lista de exportaciones del sector pecuario en el país, por encima de la res y el pescado.

Además, el sector incrementó en un 6 % sus exportaciones en ese mismo año, al generar más de cuatro millones de dólares estadounidenses para la industria pecuaria costarricense.

En suma, con buenos protocolos de crianza no solo se pueden tener vacas más sanas, sino también más leche con menos impacto ambiental y más producto para la exportación, una receta perfecta para la ganadería sostenible y efectiva. ■



Luego de casi un siglo de inactividad, el volcán Turrialba ha mantenido un dinamismo constante desde el 2010. Foto: Pablo Ruiz.

## Redes sociales aportan datos sobre la caída de ceniza del Turrialba # @

**La ceniza que expulsó el coloso entre el 2010 y el 2018 afectó sobre todo a las poblaciones de la Gran Área Metropolitana, según un estudio de la RSN y el Ovsicori.**

Valeria García Bravo  
valeria.garcia@ucr.ac.cr

Son prácticamente segundos los que pasan después de un sismo, de una tormenta o de una erupción volcánica para que los habitantes de Costa Rica escriban su experiencia en las redes sociales. Por eso, Daniela Campos Durán —geóloga del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica (Ovsicori), de la Universidad Nacional (UNA)— y Guillermo Alvarado Induni —vulcanólogo de la Red Sismológica Nacional (RSN), de la Universidad de Costa Rica (UCR) y del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)— decidieron utilizar esos reportes para calcular datos que hasta ahora eran inconcretos: dónde y cuánta ceniza del volcán Turrialba cayó en el país desde el 2010.

Al respecto, Campos comentó que “en los medios, por ejemplo, se decía que en Coronado caía mucha ceniza pero ¿cuánto es mucho? ¿Realmente Coronado era el sector más afectado? No había datos exactos. Entonces, así nos nace la inquietud de contabilizar tal caída en ese poblado y en otros que no resultaron tan mediáticos”.

Las páginas de Facebook del Ovsicori y de la RSN sirven para informar a la ciudadanía sobre la actividad volcánica y sísmica del país, además, también funcionan como un medio para que los usuarios comuniquen a las autoridades los sitios donde se percibe la caída de ceniza. Fue a partir de los perfiles de esa red social que se realizó la investigación.

Con los reportes proporcionados por las personas y los informes científicos de los vulcanólogos de ambas entidades, los investigadores determinaron que el Turrialba expulsó ceniza, la mayor parte de las veces (87,8 %), en puntos de la Gran Área Metropolitana (GAM). Esto significa que tal material recorrió un trayecto de, incluso, 105 kilómetros hacia el suroeste del coloso.

Curridabat, San Pedro de Montes de Oca, Moravia, Goicoechea y Coronado fueron las localidades en las que se generaron más reportes de caída del polvo volcánico, entre el 2010 y 2017.

Los investigadores generaron con esos mismos reportes una fórmula para calcular el volumen de la ceniza que cayó en ese período. Con ella, descifraron que el volcán expulsó, mínimo, entre 8 y 9 millones de metros cúbicos de ese material, un volumen eruptivo considerado pequeño por los autores.

“Con esta investigación tenemos una idea más clara del volumen y de los lugares donde cayó más ceniza del Turrialba, pues faltaba la sistematización de los datos de esos ocho años”, indicó Campos.

Por otro lado, Campos y Alvarado cuantificaron el impacto de la ceniza en el transporte aéreo del país. En el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría, 373 vuelos fueron desviados, reprogramados o cancelados durante el período citado.

Además, el 12 de marzo del 2015 y el 19 de septiembre del 2016 fueron los días en que hubo más viajes afectados: 111 y 120, respectivamente. Para registrar este número, los investigadores se valieron de reportes de la prensa.

### Visitantes clandestinos

Vigilar que no paseen civiles por los alrededores del cráter del Turrialba se ha convertido en una de las principales tareas

de quienes trabajan en el Parque Nacional.

Reina Sánchez, guardaparque, señala que han encontrado personas que ingresan a sectores prohibidos, los cuales han sido inhabilitados por el alto riesgo que implica estar cerca de un cráter activo.

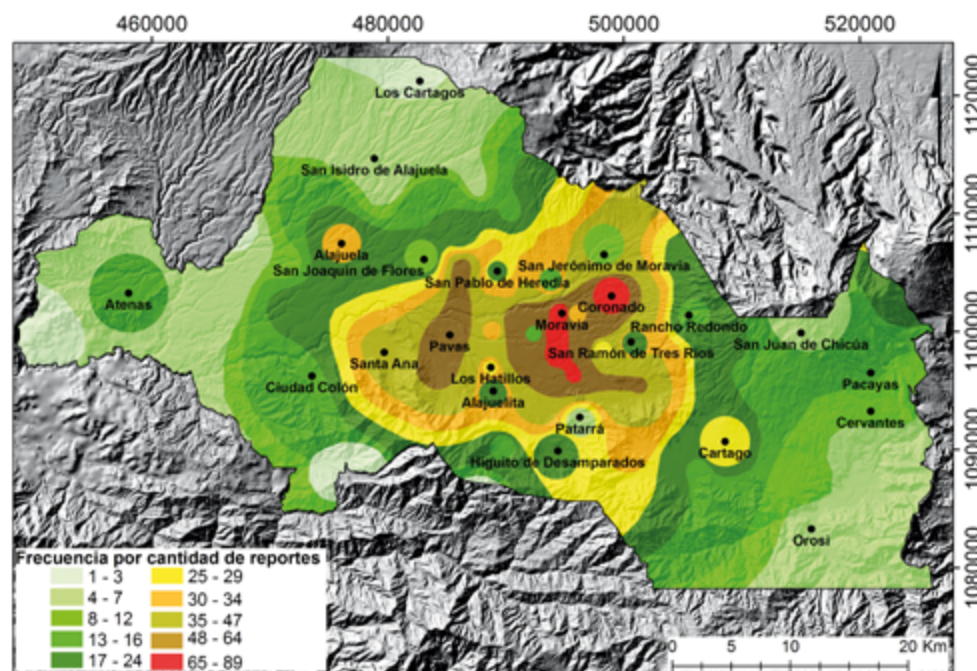
“El Parque se debe abrir. Es mejor un ingreso controlado, con la protección y el monitoreo correspondiente, que turistas nacionales e internacionales arriesguen su vida subiendo al cráter. Este hecho se intensifica los fines de semana, ya que hay gente de la zona que cobra ilegalmente por dar un *tour*”, afirmó Sánchez.

Dicha área protegida se cerró al público desde julio del 2012, debido a las erupciones constantes del Turrialba. Sin embargo, en enero pasado, la Comisión

Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE) comunicó que el Parque posiblemente se reabrira a los visitantes este año.

La superficie de restricción para turistas es de un radio de dos a tres kilómetros y aumenta a cinco cuando el volcán intensifica su actividad.

Al respecto, Sánchez expresó que el turismo ha recobrado su ritmo después de las fuertes erupciones del 2015 y 2016, período en el que decayó. De hecho, desde finales del 2017, no hay reportes de actividad volcánica que los investigadores del estudio en cuestión consideren relevantes. ■



Los datos de isofrecuencia revelaron que de 123 poblados que reportaron caída de ceniza, entre 2010 y 2017, 68 se localizan en 29 cantones pertenecientes a la Gran Área Metropolitana.