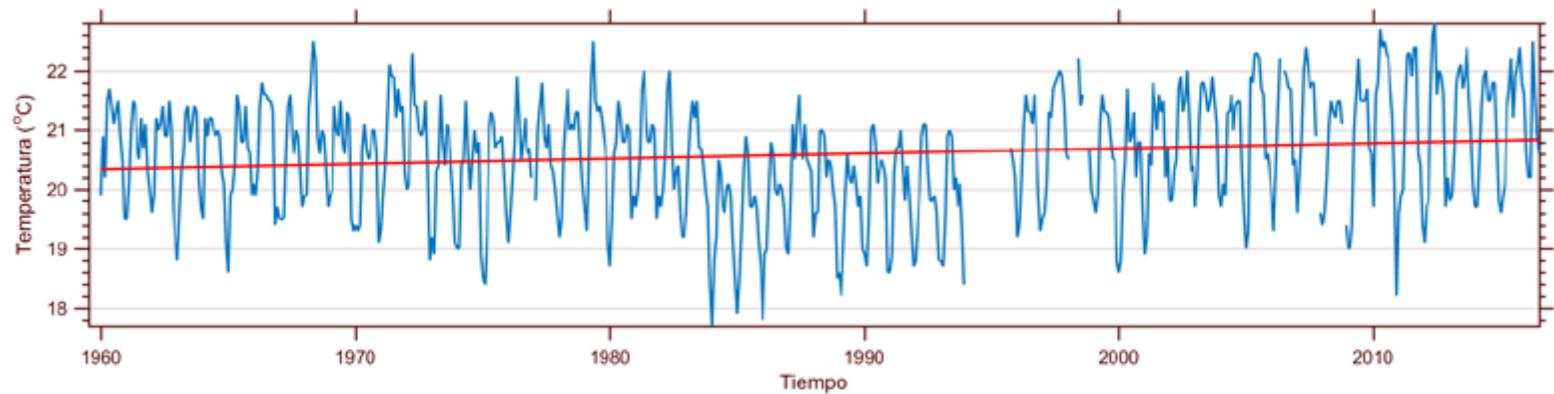




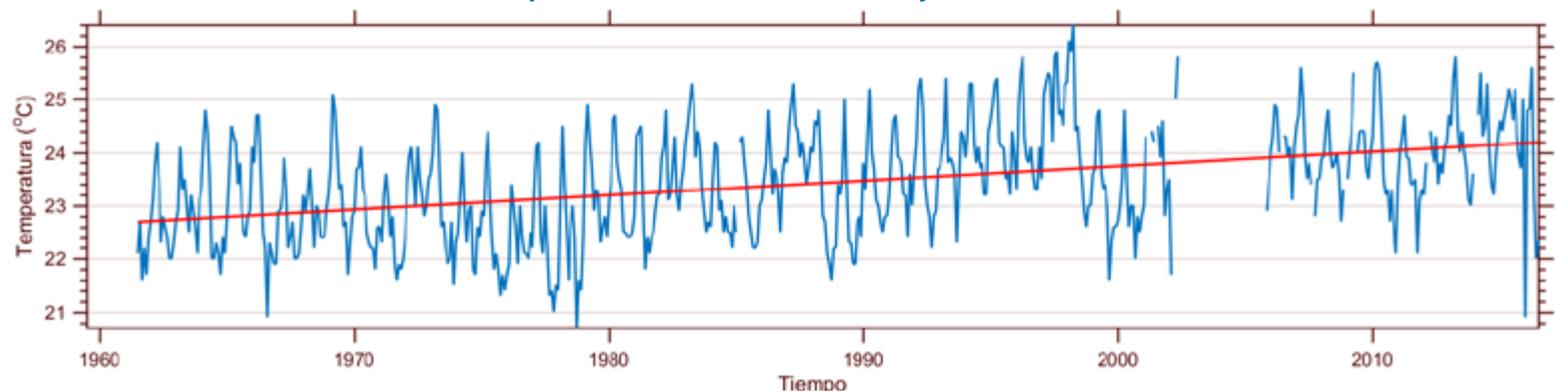
## La temperatura del planeta ha aumentado en las últimas décadas

La ciudad de San José es ahora más caliente, según lo confirman datos recogidos y analizados por investigadores de la Universidad de Costa Rica. Esta tendencia concuerda con el calentamiento global. Sin embargo, ¿podemos explicar el comportamiento del clima en nuestro país solo al fenómeno del cambio climático? Se lo explicamos en las págs. 2 y 3

San José, tendencia=0,09°C/década



Fabio Baudrit Estación Experimental La Garita de Alajuela, tendencia=0,27° C/década



De 1960 al 2010 San José ha experimentado un aumento en las temperaturas de 0,09 grado centígrados por década lo cual, según los científicos, es un incremento significativo.

# San José se ha calentado en los últimos 50 años

**La ciudad de San José y el Pacífico costarricense registran cambios en la temperatura del aire, aunque no todos son atribuibles al cambio climático. La huella humana y la variabilidad natural tienen un fuerte impacto en los fenómenos climáticos.**

Patricia Blanco Picado  
patricia.blancopicado@ucr.ac.cr

“¡Qué calor hace ahora!”, “¡nunca había llovido así!”, “¡no habíamos tenido un año tan seco!” son expresiones que a menudo escuchamos o pronunciamos ante la sensación de calor y de bochorno, la poca lluvia o los fuertes aguaceros, y que por lo general, atribuimos a los efectos del cambio climático.

Los datos disponibles sobre temperatura de los últimos 50 años indican que hay una tendencia al calentamiento en

varias zonas de Costa Rica. Sin embargo, el período analizado es muy corto para llegar a resultados concluyentes y se necesitarían registros más largos para determinar las verdaderas causas del aumento en la temperatura.

Los registros de la temperatura del período comprendido entre 1960 y 2015, obtenidos en siete estaciones del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) distribuidas en distintos puntos del país, muestran que San José se ha calentado significativamente entre 1960 y el 2015 (ver gráfico).

Los datos fueron analizados por los expertos del Centro de Investigaciones Geofísicas (Cigefi) de la Universidad de Costa Rica (UCR), Dr. Hugo Hidalgo León y Dr. Eric Alfaro Martínez, con la colaboración de Blanca Calderón Solera y Natalie Mora Sandí, funcionarias de este Centro.

Estos cambios en la temperatura podrían deberse a diferentes razones de origen humano, como por ejemplo la urbanización creciente que provoca islas de calor y compromete los registros más largos que están normalmente

disponibles en las principales ciudades analizadas, aunque también son consistentes con las causas ligadas al aumento en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Algunos factores naturales en las variaciones climáticas no se pueden descartar por completo, aunque habría que estimar la contribución de estos componentes en las tendencias observadas.

“Los datos muestran que ha habido un calentamiento significativo consistente con el calentamiento global”, afirmaron los científicos. Sin embargo, aclararon, parte de estas modificaciones en la temperatura en distintas regiones del país podrían deberse a la variabilidad natural, “sobre todo porque uno de los moduladores del clima en América Central es la variabilidad multidecadal en el Atlántico, lo que quiere decir que unos grupos de décadas tienden a ser más fríos y otros más cálidos”, explicó Alfaro.

Por eso, cuando la gente dice que “nunca ha llovido así”, significa que antes no teníamos 800 urbanizaciones ni habíamos pavimentado todo el terreno, como ocurre actualmente. Sí ha llovido así, solo que antes el agua se infiltraba y ahora la escorrentía es mayor. Pero esto no es cambio climático, son cambios antropogénicos”, enfatizó el especialista.

Una situación similar se ha observado en los estudios realizados por el Cigefi sobre los huracanes y sus efectos en Centroamérica. Al respecto, Alfaro comentó que han detectado que no hay evidencia científica de que la ocurrencia de los huracanes en el mar Caribe o cercanos a América Central esté aumentando, sino que desde los años cuarenta a la fecha la ocurrencia de estos fenómenos meteorológicos se ha debido a la

variabilidad natural del clima. “Lo que sí han aumentado son los impactos, pero esto no es debido al cambio climático, es que la vulnerabilidad y la exposición de la población son mayores”, añadió.

## Las “islas térmicas”

El calentamiento que registra la ciudad de San José es producto en gran parte a lo que se denomina una “isla térmica”, que ocurre en los centros urbanos donde la superficie se ha cubierto de cemento y se han construido muchas edificaciones, con lo cual la capacidad de retener el calor procedente de la radiación solar aumenta, al contrario de lo que sucede con la cobertura natural o zonas verdes, que absorben el calor y refrescan el ambiente.

Hidalgo señaló que los datos recogidos sobre San José tienen el sesgo del efecto de las islas de calor, que se ve más que todo en las ciudades, porque se juntan fenómenos globales y locales, de origen natural y social.

“Se suman el efecto global del cambio climático, el efecto antrópico (humano) y el efecto local, que es antrópico también y que consiste en el cambio del uso del suelo, el cual influye en las temperaturas locales”, explicó Hidalgo.

La información capturada de las otras estaciones meteorológicas analizadas revela que hubo una tendencia hacia el calentamiento en varios lugares de la vertiente del Pacífico, como Coto 47 (Zona Sur), Quepos y la Estación Experimental “Fabio Baudrit Moreno” de la UCR, en La Garita de Alajuela. La única excepción es Liberia, en la provincia de Guanacaste, que no mostró un cambio significativo en la temperatura.

# Indicadores de un planeta que se calienta



**Temperatura de la troposfera:** la temperatura mundial más baja de la troposfera fue la más alta que se haya registrado. La troposfera es la región de la atmósfera que se encuentra encima de la superficie de la Tierra, donde se desarrollan todos los procesos meteorológicos y climáticos.

**Gases de efecto invernadero:** las concentraciones de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano y el óxido nitroso, alcanzaron nuevos valores récord. La concentración atmosférica global de CO<sub>2</sub> fue de 402,9 partes por millón (ppm), lo que superó por primera vez 400 ppm.

**Calor oceánico:** el contenido de calor oceánico superior tuvo una ligera caída en comparación con el récord alcanzado en 2015, pero reflejó la continua acumulación de energía térmica en los primeros 700 metros del océano. Los océanos absorben más del 90% del exceso de calor de la Tierra por el calentamiento global.

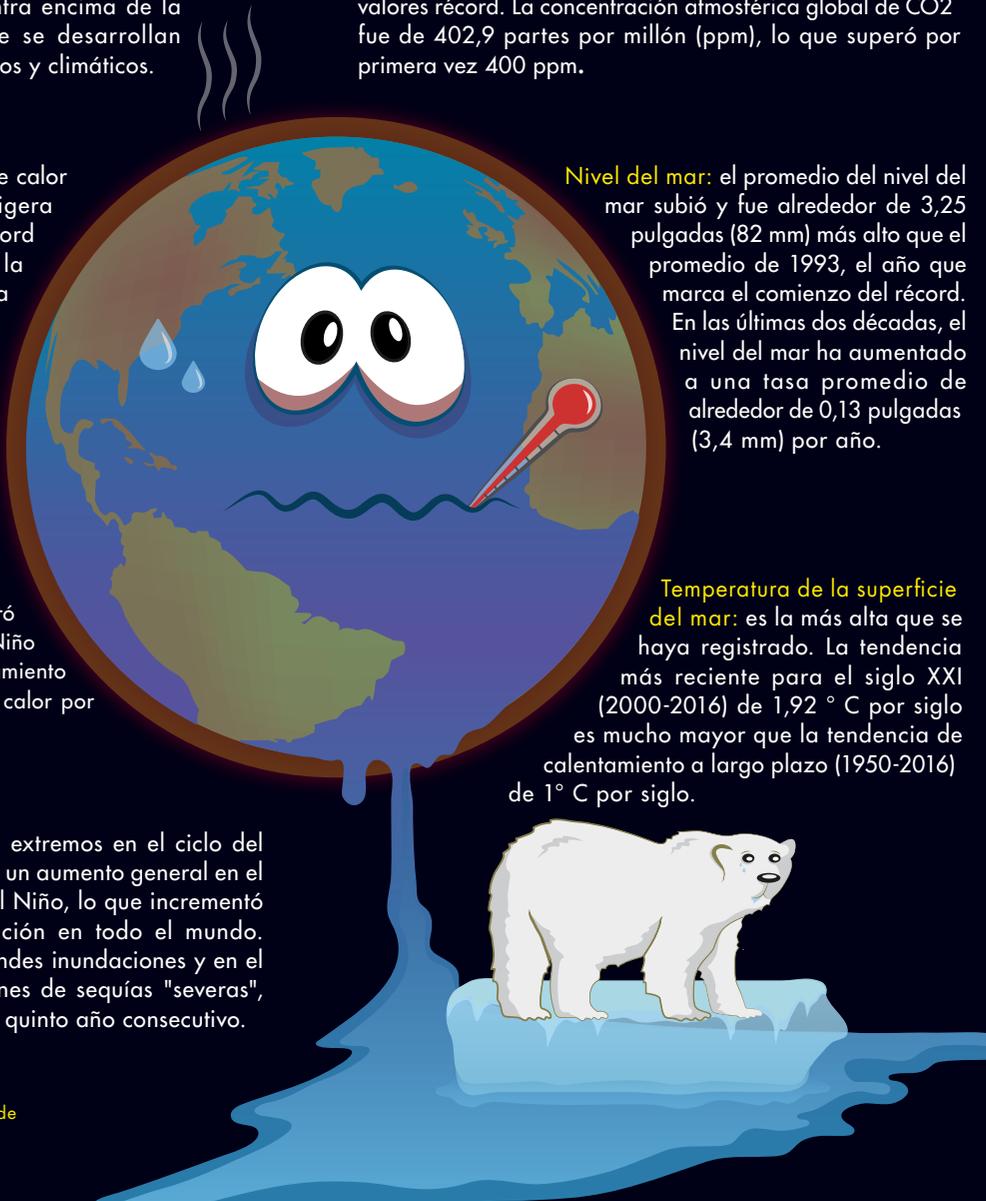
**Nivel del mar:** el promedio del nivel del mar subió y fue alrededor de 3,25 pulgadas (82 mm) más alto que el promedio de 1993, el año que marca el comienzo del récord. En las últimas dos décadas, el nivel del mar ha aumentado a una tasa promedio de alrededor de 0,13 pulgadas (3,4 mm) por año.

**Temperatura de la superficie:** superó el récord de 2015, ayudado por El Niño a principios del 2016. El calentamiento del planeta registró un récord de calor por tercer año consecutivo.

**Temperatura de la superficie del mar:** es la más alta que se haya registrado. La tendencia más reciente para el siglo XXI (2000-2016) de 1,92 °C por siglo es mucho mayor que la tendencia de calentamiento a largo plazo (1950-2016) de 1° C por siglo.

**Ciclo del agua:** se observaron extremos en el ciclo del agua y en la precipitación, como un aumento general en el ciclo del agua combinado con El Niño, lo que incrementó la variabilidad de la precipitación en todo el mundo. Además, se experimentaron grandes inundaciones y en el 12% de la tierra hubo condiciones de sequías "severas", como en el noreste de Brasil por quinto año consecutivo.

**Fuente:** 27º Estado del clima en 2016 de la Sociedad Meteorológica Americana  
**Diseño:** Rafael Espinoza



Mientras tanto, los registros de la estación de Limón tampoco indicaron variaciones importantes, sino más bien el comportamiento observado responde posiblemente a la variabilidad natural del clima a lo largo de los años y de las décadas.

“Me llama la atención la diferencia encontrada entre el Pacífico y el Caribe. Mucha gente habla del calentamiento referido a toda la región y hace un promedio de cifras. Pero cuando se desgranar los datos se ve que estos no son iguales en todas las regiones del país”, destacó Alfaro.

En relación con la Zona Norte del país, la estación de Ciudad Quesada presentó una tendencia hacia el enfriamiento, pero no se sabe con exactitud cuáles factores han repercutido en este resultado.

“Es difícil saber con certeza por qué esto está ocurriendo en Ciudad Quesada -expresó Hidalgo-. Habría que analizar la nubosidad y la radiación que está llegando al suelo, estos factores podrían influir en el enfriamiento. Nos faltan datos para llegar a conclusiones”.

## Combinación de factores

La relación existente entre las temperaturas y las precipitaciones y sus consecuencias en Centroamérica han sido abordadas en investigaciones anteriores del Cigefi. De acuerdo con Hidalgo, en una publicación del 2013 evidenciaron “cambios significativos” hacia reducciones en la escorrentía de las ciudades de San José, Costa Rica,

y Tegucigalpa, Honduras, después de la década de los años ochenta.

Las conclusiones a las que llegaron no fueron del todo atribuibles al cambio climático, porque “parecía que había una señal natural sobrepuesta; es decir, un ciclo natural montado sobre la señal de cambio climático que hacía ver que en San José, a partir de los años 80, la escorrentía superficial ha ido decayendo”, detalló.

Además, al estudiar la precipitación en América Central los científicos estimaron que la contribución de la variabilidad climática natural era mucho mayor que la tendencia observada en las últimas décadas.

Y es que resulta difícil separar los diferentes factores que intervienen en el calentamiento, debido a que estos muchas veces se superponen. No solo

hay que considerar el calentamiento global causado por los cambios en las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, que es un fenómeno a nivel planetario, sino que también hay modificaciones en el ámbito local que influyen en el clima y en la hidrología, y que son ocasionadas por los seres humanos. Entre estas se pueden citar la desertificación, la deforestación y los cambios en el uso de la tierra.

Por ejemplo, el aumento en la temperatura puede causar incrementos en la demanda de agua de la atmósfera, lo que se conoce como evapotranspiración, y su consecuencia inmediata es el aumento de la aridez y la reducción de la escorrentía superficial, que es el agua que llega a los ríos. Puede que llueva igual, pero la temperatura es diferente y provoca que haya menos agua en los ríos. “Todo el sistema climático está relacionado”, aclaró Hidalgo.

Estos aspectos serán objeto de investigación en un proyecto nuevo del Espacio de Estudios Avanzados de la UCR (Ucrea), que el Cigefi desarrolla bajo el liderazgo del Dr. Hugo Hidalgo y que tiene como objeto de estudio la problemática en el Corredor Seco Centroamericano. ■

## 2006, el año más caliente

El 2016 superó al 2015 como el año más cálido en todo el mundo en 137 años de mantenimiento de registros, según lo confirmó el nuevo informe sobre el Estado del clima en 2016, publicado por la Sociedad Meteorológica Americana (AMS, por sus siglas en inglés).

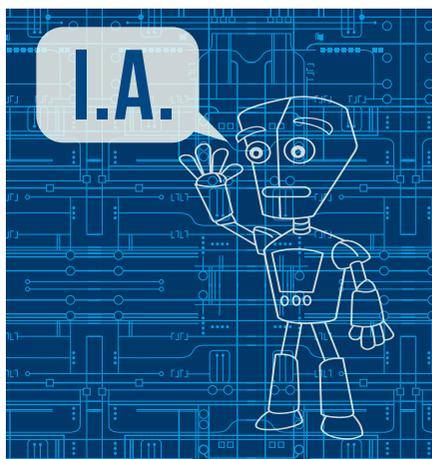
El calor récord del año pasado se debió a la influencia combinada del calentamiento global a largo plazo y el fenómeno El Niño, que fue muy fuerte sobre todo a principios del año.

El informe revela que los principales indicadores del cambio climático siguieron reflejando tendencias consistentes con un planeta que se calienta, incluida la región de Centroamérica. Varios marcadores como la temperatura terrestre y oceánica, el nivel del mar y las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera rompieron récords establecidos apenas un año antes.

La 27ª edición anual del informe, dirigida por los Centros Nacionales de Información Ambiental de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés), de Estados Unidos, se basa en las contribuciones de más de 450 científicos de alrededor de 60 países de todo el mundo, entre estos los investigadores del Centro de Investigaciones Geofísicas de la Universidad de Costa Rica.

Entre los indicadores climáticos que muestran cambios y tendencias del sistema climático global, se incluyen gases de efecto invernadero; temperaturas en la atmósfera, el océano y la tierra; cobertura de nubes, el nivel del mar, la salinidad oceánica, la extensión del hielo marino y la cubierta de nieve.

# Notas breves



## Inteligencia artificial

En el 2050 cada ser humano será el centro de un mundo completamente asistido por Inteligencia Artificial (IA), anticipó Antoine Blondeau, quien contribuyó con el desarrollo de la tecnología que creó a Siri (el asistente vocal de Apple).

“Dentro de 30 años el mundo será muy diferente, todo estará diseñado para satisfacer sus necesidades personales” explicó Blondeau. El francés, cofundador de la plataforma especializada en IA Sentient Technologies, aseguró que el trabajo como se conoce hoy en día quedará obsoleto.

Los avances de la robótica sensorial y visual permitirán la creación de fábricas inteligentes capaces de tomar decisiones en tiempo real. No habrá obreros, solo supervisores.

Blondeau cree que la IA también transformará la salud. Los pacientes dispondrán de todo su historial clínico y la IA será capaz de emitir diagnósticos. “La cita con el médico será más por la tranquilidad de poder hablar con un ser humano o porque el ser humano es quien estará habilitado a prescribir medicamentos, pero no se necesitará un médico para señalar que anda mal”, añadió.

Sentient desarrolló, junto al Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, por sus siglas en inglés), una enfermera IA, la cual fue capaz de identificar a las personas que pueden padecer una sepsis con más de un 90 % de certeza en pruebas relativas a la presión arterial de miles de pacientes.

Blondeau opinó que es necesario encarar de manera distinta la educación para evitar el desempleo masivo a raíz de una generalización de la IA. “La gente deberá renovarse y adquirir nuevas competencias para acompañar la evolución tecnológica”, advirtió.

Las figuras destacadas en el sector de tecnología tienen opiniones divididas acerca de la posibilidad de que la IA supere algún día a los humanos. Bill Gates, fundador de Microsoft, y Stephen Hawking, el físico británico, advierten que una IA sin límites sería perjudicial.

Fuente: AFP ■



## Historia del clima

El hielo de las cimas de los Andes y los Alpes será estudiado para comprender la historia del clima. La información que contiene es como una máquina del tiempo para los científicos.

*Ice Memory*, el proyecto internacional de preservación del hielo de glaciares amenazados en todo el mundo por el calentamiento global, acaba de superar una nueva etapa. La investigación tiene como sede la ciudad de Grenoble, en Francia.

Recientemente, los científicos recibieron toneladas de hielo boliviano dividido en 250 muestras cilíndricas de un metro, que hicieron un viaje de 10 000 kilómetros en 50 días. La operación fue inédita para la unidad logística Ulisse del Centro Nacional Francés de Investigación Científica (CNRS).

Jérôme Chappellaz, director de investigación del CNRS, indicó que obtuvieron las primeras muestras en agosto del 2016. “La tercera operación será conducida en el 2018 con nuestros compañeros rusos en el glaciar del monte Elbrús, en el Cáucaso ruso entre el mar Negro y el mar Caspio”, aseguró el glaciólogo.

Sin embargo, continuar el proceso depende de la cantidad de fondos que puedan recaudarse de entidades privadas para financiar la investigación. El proyecto cuesta cerca de dos millones de euros, de los cuales Chappellaz señala que se han obtenido la mitad.

*Ice Memory*, además de extraer muestras de glaciares y estudiarlas, tiene como objetivo almacenar esas muestras en la Antártida, el “mejor congelador del mundo”, en una cueva a diez metros de profundidad que aún no ha sido cavada.

Los investigadores examinarán los materiales extraídos de los glaciares, con la idea de que este muestrario mundial esté listo dentro de unos tres o cuatro años. Cada muestra de hielo servirá para hacer mediciones. “Vamos a manejar todos los análisis geoquímicos y físicos que seamos capaces de producir hoy para informar a las generaciones futuras”, detalló el científico.

Fuente: AFP ■



## Donantes porcinos

Un equipo de científicos modificó el código genético de los lechones para retirar infecciones virales latentes. Este logro podría facilitar el trasplante de órganos de los cerdos a los seres humanos.

Este avance en el área de la genética podría salvar vidas al reducir las listas de espera de donaciones de órganos. Actualmente, en Estados Unidos hay 117 000 personas en lista de espera de órganos y cada día mueren 22 que esperan recibir un órgano.

El experimento fue realizado por George Church y Luhan Yang, genetistas de la Universidad de Harvard, Estados Unidos, junto a un equipo de colaboradores de procedencia danesa y china.

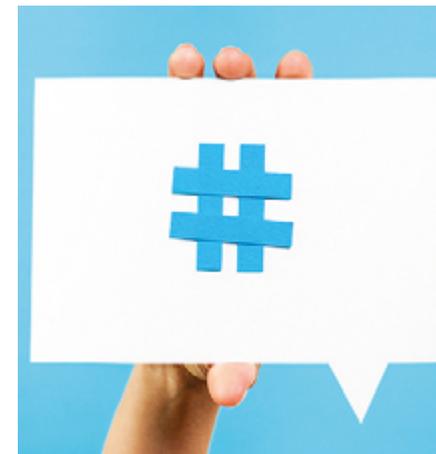
Los especialistas colocaron células embrionarias modificadas dentro de un cóctel químico que les hizo crecer y superar el efecto destructivo propio del proceso de modificación. Luego aplicaron una técnica estándar de clonación para insertar el ADN modificado en células embrionarias que fueron implantadas en una madre sustituta.

Antes de nuestro estudio había una gran incertidumbre científica acerca de si el cerdo (producido con esta modificación) era viable”, aseguró Yang, quien señaló que su equipo ha producido hasta el momento 37 lechones libres de retrovirus de origen porcino.

Los cerdos ya son utilizados en xenotrasplantes (trasplantes de una especie a otra) de válvulas cardíacas y de páncreas a humanos, pero este nuevo avance podría permitir trasplantar órganos de estos animales más voluminosos y que poseen un mayor riesgo de transmisión de virus.

Sin embargo, los investigadores aún necesitan modificar los genes del cerdo para evitar una reacción en el sistema inmunológico del ser humano y para prevenir posibles interacciones tóxicas en la sangre. Yang afirmó que esos pasos son probablemente los más desafiantes de todo el proceso.

Fuente: AFP ■



## Una década del hashtag

El 23 de agosto pasado se cumplieron diez años del uso de las etiquetas o *hashtags* en redes sociales. El *hashtag* es representado con un numeral (#) al inicio de una palabra o frase y nació en Twitter cuando a Chris Messina se le ocurrió usar etiquetas para unificar conversaciones y que fuesen fáciles de identificar.

Actualmente, el *hashtag* es utilizado 125 millones de veces al día.

Desde sus inicios han aparecido *hashtags* como #FF (*Follow Friday*) para recomendar personas a las que seguir en Twitter. También han surgido etiquetas con relevancia en sucesos sociales o acontecimientos internacionales destacados como #RefugiadosBienvenidos, para unir fuerzas en momentos concretos.

Messina, diseñador de productos en San Francisco, opinó que su idea le dio a la gente una herramienta que le permita participar en las redes sociales de forma poderosa.

Robert Hernández, profesor de periodismo digital en la Universidad del Sur de California, Estados Unidos, destacó la importancia de esta etiqueta para unir a una comunidad de personas en distintas partes del mundo en tiempo real.

Para el 10° aniversario, Twitter creó un *hashtag* que activaba un emoji especial y estuvo disponible por 24 horas. Además, dio a conocer datos curiosos sobre el uso de este método de organización de la información.

Por ejemplo, #TheWalkingDead es el *hashtag* de una serie de televisión más utilizado en todos los tiempos, #StarWars es el más utilizado en el cine y #NowPlaying o #np (para compartir la música que se está escuchando en determinado momento) es el más popular, pues ha sido tuiteado más de mil millones de veces.

La compañía asegura que este símbolo ha evolucionado, pues pasó de ser una etiqueta para categorizar tuits a convertirse en parte de la conversación diaria y en símbolo de la era digital. ■



Platalea ajaja, conocida como espátula rosada, es una de las aves de mayor atractivo turístico que se observan en el manglar (foto cortesía Carlos Pérez).



El carpintero de hoffmannii (*Melanerpes hoffmannii*) es una de las aves endémicas a nivel centroamericano, registradas en el manglar de Puntarenas (foto cortesía Carlos Pérez).

# Las aves del manglar

**Un estudio sobre las aves del manglar propone que un colibrí sea el ave insignia de la ciudad de Puntarenas.**

Carlos Pérez Reyes,  
Universidad de Costa Rica  
Hugo Villalobos Sánchez,  
Instituto Nacional de Aprendizaje

Los manglares representan un hábitat importante para las aves, porque pasan la noche en ellos y les proveen abundantes recursos alimenticios. Su presencia ha sido motivo de fascinación para muchos turistas y habitantes locales.

Los manglares, por tanto, se convierten en una zona atractiva para realizar turismo de observación de aves, una actividad creciente en el mundo. Según datos del Instituto Costarricense de Turismo, nuestro país ostenta el puesto número cinco a nivel mundial en esta actividad, en la que compite principalmente con Perú.

En el caso de la ciudad de Puntarenas, como en muchas zonas costeras, la actividad es incipiente y poco considerada como una oferta turística, dado el desconocimiento de las especies que se observan aquí y su relevancia para presentarlas como atractivas a los visitantes.

Además, se concibe el manglar puntarenense como un lugar seriamente alterado y sin oportunidades para realizar turismo en él, situación que el Tribunal Ambiental Administrativo lo confirmó en 1997 y 2012, al indicar un alto deterioro y pérdida de cobertura vegetal.

Se suma a esta realidad la falta de empleos, el agotamiento de la actividad pesquera y la sobrepoblación humana en la zona urbana aledaña al manglar.

Ante esta problemática, realizamos un estudio con la colaboración de la Universidad de Costa Rica (UCR) y el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), que consistió en el conteo durante un año de las aves existentes en cinco canales del manglar y en la ciudad de Puntarenas. Además, visitamos las islas no habitadas del Golfo de Nicoya.

Se realizó una visita por mes con dos salidas en el mismo día a los mismos

canales: una en la madrugada y otra al atardecer, para anotar las aves que estaban en la zona de fango, en el interior del bosque de manglar o en el borde de este. Se registró también la condición de la nubosidad para establecer si existía alguna influencia de la luz en la actividad diaria.

También se efectuaron entrevistas a turistas en la playa de Puntarenas, con el objetivo de determinar su interés en comprar un *tour* de observación de aves.

## Hallazgos

El conteo arrojó un total de 11 792 aves distribuidas en 120 especies, lo que representa el 12 % de las aves registradas en el país. En promedio, se observaron 601 individuos y 39 especies por mes, con una densidad de 4,71 aves por hectárea.

Las especies más comunes del manglar correspondieron a *Euducimus albus* (ibis blanco) con 1 261 individuos (10,7 %), seguida de *Numenius phaeopus* (zarapito trinador) con 1 037 individuos (8,79 %) y *Actitis macularius* (alza colita) con 711 individuos (6,03 %).

Otras especies se mencionan no por su abundancia, sino por su belleza y rareza, entre ellas *Plathalea ajaja* (espátula rosada), *Falco peregrino* (halcón peregrino) y *Mycteria americana* (cigüeñón blanco).

El 59 % de las aves corresponde a especies residentes, el resto son principalmente especies migratorias de Norteamérica (17 %) y solo se registró una especie de América del Sur.

Además, se observaron dos especies endémicas: el colibrí *Amazilia boucardi* y el pájaro carpintero *Melanerpes hoffmannii*.

El mejor momento para hacer la observación de las aves corresponde a abril, que es cuando converge un mayor número de especies migratorias y residentes. Luego los valores decaen de forma significativa en junio.

Las aves se congregaron principalmente en la zona de fango, seguida del área del borde del manglar, como un reflejo del comportamiento de alimentación, dado que el limo o barro es un lugar rico en invertebrados marinos, un recurso muy apetecido por estos animales.

El mejor momento de observación de mayor cantidad de especies es en la mañana en días despejados, coincide con su alimentación, además es la hora en que las aves migratorias inician su desplazamiento a otras zonas. Por la tarde se observan más individuos, pero de especies residentes.

El 42 % de las aves de la ciudad de Puntarenas está presente también en el manglar de la misma zona, mientras que en las distintas islas del Golfo de Nicoya únicamente el 20 %. En general, el número de especies observadas en Puntarenas es similar al de países como Australia, Malasia y Singapur. Inclusive, las especies residentes superan en número a países como Brasil y Australia, por ejemplo.

No obstante, según la entrevista aplicada a turistas, el 71 % de las personas nunca ha visitado el manglar de Puntarenas, aunque cerca de un 60 % estaría dispuesto a visitarlo. El 29 % de las personas que sí fueron al manglar indicó que no le pareció tan atractivo, pero el 90 % señaló que no contó con la orientación de un guía naturalista.

Finalmente, lo más llamativo fue observar la especie endémica *Amazilia boucardi*, conocida como colibrí de manglar o Mangrove Hummingbird. Esta ave es una de las 1 226 especies que poseen distribución única y restringida en el mundo (endemismo), que se encuentran en peligro de extinción.

*A. boucardi* fue descrita por primera vez en 1877 por Mulsant, en la propia ciudad de Puntarenas, con el nombre *Arena boucardi*.

Consideramos que esta ave debería ser el emblema de esta ciudad, debido a que fue el primer lugar en el mundo donde se observó y registró su presencia. De esta manera, se rescata un elemento exclusivo y autóctono de la zona, como lo hacen otras regiones, como Nueva Zelanda con el Kivis o los suramericanos con el cóndor de la Cordillera de los Andes.

En definitiva, el manglar de Puntarenas posee un alto potencial para desarrollar la actividad de observación de aves, al tener una alta diversidad de especies, muchas de ellas residentes, que se les puede observar durante todo el año.

Es importante estimular este tipo de turismo, dado que representaría una nueva forma de ingresos para la población puntarenense. Está demostrado que un turista extranjero amante de las aves permanece más días en un sitio de observación de aves, que cualquier otro. En consecuencia, se genera un encadenamiento productivo en las zonas rurales donde se desarrolla la observación, a la vez que se vigila el recurso manglar, se desestimula la destrucción del hábitat y de otras actividades ilícitas como la pesca ilegal y el narcotráfico. ■



Ibis blanco (*Euducimus albus*) es la ave más abundante del manglar de Puntarenas, según el estudio realizado (foto Hugo Villalobos).



La medición precisa de los elementos que componen distintos materiales de interés cultural, entre estos la cerámica precolombina, se realiza en el Lab-Cultura del Cicima, con la ayuda de técnicas propias de la nanotecnología (foto archivo ODI).

# La cultura es vista a escala nanométrica

Con ayuda de tecnología moderna y de técnicas fisicoquímicas nuevo laboratorio estudia composición de materiales de importancia cultural.

Max Martínez Villalobos  
max.martinez@ucr.ac.cr

La nanotecnología es una herramienta que facilita la manipulación de la materia a escala nanométrica (un nanómetro es una millonésima parte de un milímetro) y el análisis de materiales a niveles atómicos y moleculares.

Unas de las aplicaciones que se desarrolla en el Centro de Investigación en Ciencia e Ingeniería de Materiales (Cicima) de la Universidad de Costa Rica (UCR) es la caracterización de distintos materiales de interés histórico y patrimonial. Para esto se creó el Laboratorio para el estudio y caracterización del Patrimonio Cultural: Lab-Cultura, que utiliza tecnología de punta con ese objetivo.

Aunque ya se realizan algunas investigaciones, este laboratorio se instalará en las nuevas instalaciones del Cicima, que se encuentran en proceso de construcción, donde se instalarán equipos de alta tecnología y última generación para la caracterización de materiales orgánicos e inorgánicos.

Entre dichos equipos figuran espectrómetros, sistemas de síntesis física y química, clústers de computadoras, sonómetros, microscopios especializados y diferentes recursos tecnológicos para la medición de tamaños de partículas, entre otros.

El Lab-Cultura nació de la necesidad de diferentes disciplinas (como Arqueología y Artes Plásticas) de responder preguntas de estudio, conservación o de relación de objetos con sociedades pasadas, según mencionaron la química Geraldine Conejo y el físico Óscar Herrera Sancho, dos de los investigadores de este novedoso laboratorio.

## Medición de propiedades

Esta área de investigación del Cicima incluye técnicas de análisis fisicoquímico y de las propiedades mecánicas de los materiales, que permiten identificar los elementos presentes en las muestras, su dureza, resistencia, realizar mediciones de color y asociar el material a posibles minerales o compuestos.

“La nanotecnología interviene mediante el uso de tecnología actual para analizar obras u objetos manufacturados hace cientos de años”, explicaron los expertos, quienes afirmaron que gracias a este desarrollo tecnológico se cuenta con herramientas necesarias para investigar materiales de interés cultural”, afirmaron los especialistas.

Algunas de las técnicas utilizadas se conocen con el nombre de técnicas no destructivas, ya que hacen posible que se pueda medir la composición de elementos de un determinado material sin destruirlo; es decir, no es necesario fundir una pieza para lograr obtener la información.

Uno de los proyectos es el análisis de los telones del Teatro Nacional, y en este caso se llevan a cabo mediciones con la técnica de fluorescencia de rayos X,

para determinar la composición de los pigmentos del objeto.

Otro ejemplo es el estudio de las esferas de piedra precolombinas del Valle del Diquís, en la zona sur del país, a las cuales se les han realizado mediciones de la estabilidad mecánica con un equipo de pulso de ondas ultrasónicas. La información que se obtiene sirve para conocer el estado de conservación de las esferas.

“Esta información es muy útil para los conservadores, ya que a partir de los datos recogidos pueden tomar decisiones relacionadas con posibles intervenciones o soluciones para una mejor conservación de las piezas”, explicó Conejo.

## Trabajo interdisciplinario

En el Lab-Cultura interactúan varias disciplinas, además de la Física y la Química, pues las Artes Plásticas, Geología, Arqueología y Biología también se ven beneficiadas con los avances de la nanociencia y la nanotecnología.

La arqueóloga Patricia Fernández Esquivel consideró que la participación de físicos y químicos en proyectos de Arqueología es importante porque ellos conocen las técnicas adecuadas para el estudio de diversos materiales y pueden obtener los resultados que ampliarán la interpretación del especialista en Arqueología.

“Cada disciplina debe aportar desde su área de especialidad. En el caso de la Arqueología se plantea una pregunta de investigación de tipo social que puede ser respondida con técnicas que provienen de la Física y de la Química”, dijo Fernández.

Fernández está participando en un proyecto que tiene como objetivo utilizar los servicios del Lab-Cultura para identificar la composición de los pigmentos que se utilizaron para decorar varias vasijas de cerámica.

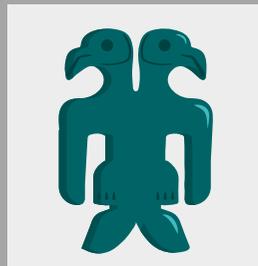
El estudio se inició recientemente y tendrá una duración de dos años. En este momento se está creando una base de datos de diferentes colorantes con muestras de diferentes tierras y arcillas de colores y Fernández tiene a su cargo la selección de las muestras arqueológicas.

“Nosotros podemos describir, pero con ellos (el Lab-Cultura) podemos cuantificar la información que vemos físicamente”, expresó Fernández, quien destacó la ventaja de que la UCR tenga el capital humano y la capacidad técnica para realizar este tipo de investigaciones.

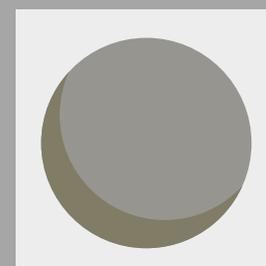
“Esta información, que es química y física, se convierte en información de índole social para el arqueólogo y nos habla sobre procesos y dinámicas que tienen que ver con el acceso a materias primas, procesos de manufactura, intercambio de objetos a corta o larga distancia”, concluyó la arqueóloga. ■

## Materiales que se podrán analizar en el Lab Cultura

En el Lab Cultura del Centro de Investigación de Ciencia e Ingeniería de Materiales (CICIMA) se estudia la composición de distintos materiales por medio de la nanotecnología.



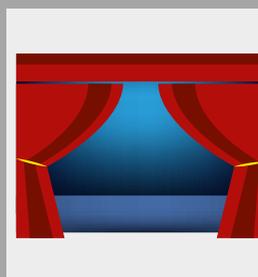
Piezas de jade (Museo de Jade)



Esferas de piedra (Valle del Diquís)



Dibujos (Escuela de Artes Plásticas)



Telones (Teatro Nacional)



Cerámica (Arqueología)

**ENTREVISTA - Ralph García Vindas,**  
director de la Escuela de Física de la UCR



# Física para el desarrollo

**La La visión de un nuevo profesional de la Física, necesario para impulsar el desarrollo del país, forma parte de los cambios que se empezarán a impulsar en la formación de estos especialistas.**

Patricia Blanco Picado  
patricia.blancopicado@ucr.ac.cr

Cambiar la imagen del profesional de Física por una más acorde con las necesidades del país se propone la Escuela de Física de la Universidad de Costa Rica (UCR). Su director, Ralph García Vindas, reconoce que aún hay escollos que existen que superar para lograr posicionar a esta disciplina como parte fundamental de la demanda laboral en el futuro.

**-¿Cuál es el papel que desempeña la Física en la solución de los problemas actuales?**

-La Física es creadora de conocimiento básico, que es un pilar del desarrollo. Los países desarrollados son los que más generan conocimiento básico e implementan su aplicación. En Costa Rica también generamos conocimiento básico a partir de la Física mediante la investigación y también le damos la formación básica en esta disciplina a otros profesionales de Ingeniería, Química y Ciencias Agronómicas. Asimismo, los físicos han incursionado en la investi-

gación y desarrollo en la industria para resolver problemas a gran escala con ideas innovadoras, e integran equipos de investigación junto a profesionales de otras disciplinas.

En el país los profesionales de Física no han sido suficientemente valorados, porque se piensa que solo pueden trabajar como profesores. Nosotros hemos abierto puertas, por ejemplo, en áreas como ciencias forenses y metrología. Hay físicos que tienen su propia empresa, que trabajan en el área de la salud como Físicos médicos, como peritos de colisiones de automóviles, en medición de ruido y en grandes industrias.

Si los físicos trabajaran de forma conjunta con los ingenieros, los resultados serían mejores, porque nosotros estamos acostumbrados a hacer modelos físicos y matemáticos, que es una etapa previa a la implementación de una idea, mientras que el ingeniero es más práctico y ambas cosas se complementan. Ahí es donde la Física puede colaborar y hacer sinergia con otras áreas.

**-¿El trabajo interdisciplinario de la Física es reciente?**

-Siempre ha estado ahí, lo que pasa es que no se ha visibilizado lo suficiente. Por ejemplo, en la UCR hay casos de investigación aplicada en proyectos conjuntos con Odontología, Antropología, Biología y Química.

Un caso histórico es el análisis no destructivo (técnica de fluorescencia de rayos X para medir la composición de elementos de un determinado material sin destruirlo) de las piezas del Museo de Oro del Banco Central. Otro ejemplo es en el área de Agronomía en un proyecto en el que se necesitaba determinar la cantidad de boro en cáscaras de mango y con ayuda de la física lo resolvimos.

Podría pensarse que la Física experimental es la que tiene mayor relación con las otras áreas, pero no es así, los físicos teóricos son los que hacen modelos y pueden hacer modelos de mareas, de transportes de fluido en diversos medios, entre otros.

**-Usted dijo en una entrevista reciente que los profesionales de Física deben aprender a hacerse necesarios para la sociedad. ¿Qué necesita el país y cómo puede aportar la UCR?**

-Los recursos que tiene el país son pocos y la ciencia y la tecnología no tienen prioridad en la inversión nacional. El país cuenta con recursos humanos muy bien formados y capacitados, pero es extraño que no le apostemos a crear conocimiento, porque esto nos generaría desarrollo. Deberíamos volver la cara a los científicos que tenemos, ya otros países, como la India, lo han hecho y les ha ido muy bien.

La UCR debería ampliar y promover más el vínculo con la sociedad y la generación del conocimiento nuevo, y que este salga de la universidad, que haya una verdadera transferencia de conocimiento, porque esto puede generar empleo. Veamos a ver qué más necesita el país que no sabe que necesita y qué podemos hacer para suplir esas necesidades.

**-En relación con la Escuela de Física, donde se forman físicos y meteorólogos, ¿qué cambios se piensan impulsar hacia futuro?**

-La Escuela de Física ya no es la escuela de cinco estudiantes por grupo que era antes, sino de 70 estudiantes por grupo o más. El problema es que muchas veces nos parece que todo está bien y esto no permite ver los cambios que están ocurriendo fuera de la universidad. La posibilidad de conseguir trabajo para nuestros graduados es cada vez más reducida y tenemos graduaciones de alrededor de 20 estudiantes por año y todo apunta a que van a ser cada vez mayores. Por lo tanto, tenemos que llenar las expectativas de esos estudiantes y ver cómo hacemos para que quienes quieran estudiar Física tengan nuevas oportunidades de empleo.

La formación en Física ya no puede ser puramente académica y teórica, hay que buscar nuevas aplicaciones. La Escuela de Física quiere darle ese giro a la formación, más adaptada a la realidad actual, y a esto me refiero a que cuenten con herramientas para que se defiendan en el mercado laboral. Además, es necesario incorporarlos a la investigación desde que entran a la universidad para que aprendan a aplicar sus conocimientos en diversas disciplinas.

Estamos trabajando en una nueva carrera que se llamará Física aplicada, con la que se pretende crear un nuevo perfil del profesional en Física que va a tener más herramientas para innovar. Será un físico que va a estar a la par de ingenieros, de gerentes y que se dedicará a hacer investigación y desarrollo en las empresas e instituciones. Todo apunta a que esta carrera se abrirá en el 2019.

**-¿Cómo visualiza el desarrollo de la Física en el país de aquí a unos 20 años?**

-En los próximos 20 años se aspira a hacer una separación entre los estudiantes que les guste la física aplicada, que va a tener más oportunidades de trabajo y va a ser más visible en la sociedad, y una masa reducida, que va a hacer ciencia básica y que también contribuye al desarrollo del país.

Sin embargo, se requieren recursos para realizar estos cambios. Necesitamos nuevos laboratorios e invertir en tecnología. El estudiante de Física aplicada tiene que hacer modelos en computadoras potentes, llevarlos al laboratorio, hacer un prototipo y hacerlos funcionar.

No queremos competir con los ingenieros ni adentrarnos en su campo. El físico que quiera hacer investigación para el desarrollo va a servir de puente entre la gerencia de una empresa y los ingenieros. Va a lograr hablar el mismo lenguaje que los ingenieros y transmitir las expectativas sobre desarrollo de la alta gerencia. ■

## Trayectoria

Físico graduado en la Universidad de Costa Rica, el Dr. José Ralph García Vindas realizó su doctorado en Física y Química de la Tierra en la Universidad de Montpellier, Francia, donde también cursó la maestría en Física Teórica y Modelización.

Fue director del Centro de Investigación en Ciencias Atómicas, Nucleares y Moleculares (Cicanum), organismo que ayudó a crear. Su trayectoria como docente incluye además de la UCR, a la Universidad Nacional y a instituciones extranjeras como el Instituto de Física del Globo de París y la Universidad Pierre y Marie Curie (París VI), en Francia.

Como investigador ha participado en más de 20 proyectos. Su especialidad en investigación es el transporte de fluidos radiactivos en medio poroso, en particular el estudio del radón como precursor de eventos sísmicos y volcánicos.

Actualmente es el coordinador del proyecto Ciclotrón de la UCR, un acelerador de partículas que servirá para el diagnóstico, tratamiento y control del cáncer en el país.



# El juicio del mono

Dr. Edgardo Moreno Robles  
Profesor de la Facultad de Microbiología  
e investigador del Instituto Clodomiro  
Picado de la UCR

Con apenas 1800 habitantes, la apacible aldea de Dayton del estado de Tennessee, de Estados Unidos, fue durante el caluroso verano de 1925 el escenario del curioso y sonado juicio: “el caso de Scopes”, popularmente conocido como *El juicio del mono*, en alusión a las teorías de Darwin.

En esa ocasión, un joven profesor llamado John Scopes fue acusado de violar la Ley Butler, que prohibía la enseñanza de la evolución darwiniana en las escuelas públicas.

La defensa estuvo a cargo del célebre abogado Clarence Darrow, mientras que la fiscalía la protagonizó el orador cristiano fundamentalista, tres veces candidato presidencial, William J. Bryan. El juicio fue tan famoso que se transmitió por la radio y cerca de 200 reporteros esparcieron sus artículos y caricaturas por todo el país. Incluso, la noticia fue transmitida por telégrafo a Europa y a Oceanía. Además, miles de personas llegaron a Dayton para tomar parte de ese carnaval jurídico.

En el juicio de Scopes, quedó claro que lo sobrenatural no es objeto de la ciencia y que es inútil argumentar sobre dogmas de fe. En última instancia, cada quien es libre de creer lo que le plazca. Sin

embargo, hay que separar las creencias religiosas de las seculares, en especial cuando se trata de educación.

Esto no es trivial, pues la enseñanza ha sido repetidamente amenazada por fanáticos religiosos. Ellos plantean ideas que se contraponen a la evidencia científica, en particular sobre el origen de la vida, la selección natural, la sexualidad y la génesis de los humanos. Por lo general, sus argumentos son sentenciosos y apuntan a los errores que los científicos han cometido en el pasado, armándose de una retórica pomposa, en la que las sentencias *a priori* prevalecen sobre la evidencia y la razón.

Al contrario de los creacionistas, los científicos rechazan los dogmas sobre la creación sobrenatural, ya sea por generación espontánea, por mediación milagrosa o por el llamado “diseño inteligente”. La ciencia propone que la vida se originó a partir de elementos químicos presentes en el universo (de algo, y no de nada), como el carbono, el nitrógeno, el oxígeno y el hidrógeno, entre otros, y bajo ciertas condiciones de radiación, de temperatura, de presión, de humedad y de acidez.

La ciencia añade que toda la vida –por lo menos la terrestre, hasta nuevo aviso– tiene un origen común, pues está hecha del mismo tipo de macromoléculas primigenias, como azúcares, lípidos y aminoácidos, que circulan por el universo

y que son una prueba de que la síntesis abiótica de las moléculas “orgánicas” no es una ficción.

Además, la ciencia propone que todos los organismos provienen de un mismo tipo celular que surgió hace 3500 a 4250 millones de años. Los fósiles de estromatolitos marinos que datan de 3600 millones de años, apoyan esta propuesta. Aún más, los microfósiles en precipitados hidrotermales de Canadá, sugieren que la vida pudo aparecer inmediatamente después de la formación de los océanos, hace unos 4250 millones de años.

El origen común de los seres vivos se puede inferir por regresión del algoritmo del árbol filogenético universal, el que se ha construido al comparar miles de genomas de especies diferentes. Del mismo modo que lo haríamos con un árbol: retrocedemos de las ramas hacia el tronco y encontramos a las células más viejas (muertas) en la base. Esta inferencia a partir de genomas completos prueba la evolución. Algo parecido podemos hacer con el sistema solar y el cosmos, hasta el origen mismo de la materia y del universo primigenio.

## Primeros seres vivos

La ciencia ha mostrado que todos los líquenes, las esponjas, los hongos, las plantas y los animales, incluyendo los humanos, provienen de un ancestro eucariota (célula con núcleo), que se originó a partir de una combinación de varios tipos de organismos unicelulares sin núcleo, como las arqueas, las bacterias aerobias y las bacterias fotosintéticas.

Los fósiles más antiguos de eucariotas provienen de hace 1500 millones de

años. Sin embargo, los eucariotas tienen envolturas suaves y sus restos fósiles son difíciles de rastrear, por lo que se calcula que surgieron hace unos 2000 millones de años.

En total, se ha estimado que cerca del 99 % de todas las especies multicelulares que alguna vez habitaron la Tierra, se extinguieron. Los estudios paleontológicos han registrado cinco extinciones masivas en el planeta y un número amplio de extinciones locales. De los restos fósiles de estas extinciones, la ciencia ha podido trazar y reconstruir el pasado evolutivo de muchas especies y describir parte de su historia.

El primer gran cataclismo ocurrió hace unos 445 millones de años, cuando casi el 90 % de las especies, todas marinas, fueron borradas de la Tierra. La última y más famosa extinción ocurrió hace 66 millones de años, al final del Cretáceo, cuando cayó el meteorito de Chicxulub en lo que ahora es la península de Yucatán, en México, y que eliminó a los dinosaurios, las amonitas y los pterodáctilos.

Este evento permitió que los mamíferos prosperaran para habitar la Tierra, entre ellos los primates y sus descendientes bípedos: los homínidos. Al contrario de la visión creacionista, se generaron diferentes especies de humanos, incluso se mezclaron entre ellas, ahora todas extintas menos una: *Homo sapiens*.

En contra de los que piensan que el origen de la vida no es susceptible a experimentación, la ciencia ha demostrado lo inverso. Además de hacer conjeturas a partir de ciertas premisas, como los fenómenos geológicos, las propiedades de los elementos y los mecanismos abióticos que tiene la materia para organizarse, los científicos han construido genes, virus, especies y células en el laboratorio.

También han logrado sintetizar los bloques moleculares de la vida a partir de elementos simples de la atmósfera terrestre primigenia, tal y como lo demostraron los experimentos pioneros de Stanley Miller y Harold Urey, en 1951, y muchos otros que vinieron después.

Por último, existe la esperanza de que la exploración interplanetaria proporcione pistas sobre el origen de la vida.

Como corolario, vale la pena recordar lo que el abogado defensor Clarence Darrow alegó, después de haber escuchado el veredicto contra Scopes en *El juicio del mono*: “La educación estuvo en peligro por causa del delirio que siempre se ha contrapuesto a ella: el fanatismo religioso... Pienso que este caso será recordado por haber sido el primer litigio de su clase, desde la época en que se juzgaba a las personas por brujería en Estados Unidos. Aquí hemos procurado hacer nuestro mejor esfuerzo para detener a la marea que ha querido volcarse contra el mundo moderno y desafiarse a la ciencia mediante preceptos religiosos”.

Cierto es que los tiempos cambian y que la ciencia no es capaz de revelar todos los secretos de la naturaleza, pero por lo menos lo intenta a riesgo de equivocarse. Por el contrario, los fundamentalistas se refugian en sus oscuros dogmas y dañan con su agitada retórica sin mudar nunca la piel. Pasan la vida repitiendo, repitiendo, repitiendo... ■