



CIENCIA MÁS TECNOLOGÍA

3 de octubre de 2018 - Año 3, N.º 38



BIOCOMPUTACIÓN: UNA HERRAMIENTA CONTRA EL CÁNCER

Investigadores de varias disciplinas intentan pronosticar, por medio de una nueva tecnología, la eficacia de la quimioterapia contra el cáncer (págs. 2, 3 y 4).

Octubre
Mes de la lucha
contra el cáncer



Los microscopios digitales utilizados en el Laboratorio de Quimiosensibilidad de la Facultad de Microbiología capturan imágenes de las células cada cierto período para evaluar su evolución (foto: Laura Rodríguez).

Con alta tecnología, científicos descifrarán respuestas a quimioterapias

Los expertos buscan conocer la efectividad de los tratamientos contra el cáncer por medio de sistemas computacionales.

*Paula Umaña González
paula.umana@ucr.ac.cr*

Imagínese una fotografía de las células cancerosas de una paciente con cáncer de mama. Sería un retrato abstracto, con algunas formas redondeadas y, por sí sola, no serviría de mucho.

Sin embargo, si a través de un sistema computacional, después de aplicar un tratamiento de quimioterapia, realizamos una secuencia de imágenes de estas células cancerosas y rastreamos la trayectoria de

cada una de ellas (algo así como un mapa celular), se podría conocer la eficacia de los medicamentos para combatir el cáncer de la paciente.

Esto podría facilitar en un futuro que los tratamientos de quimioterapia se puedan personalizar, así como que se optimicen los recursos financieros en el sistema de salud pública del país.

Desde inicios de este año, un grupo de investigadores en microbiología, ingeniería eléctrica e informática buscan la manera de conocer los efectos que estas sustancias que se aplican contra el cáncer provocan en las células dañadas.

Para tal objetivo, los especialistas crearon algoritmos y sistemas de biocomputación para el rastreo de las células a las que se les aplicó el tratamiento y observar

cuál ha sido su comportamiento después de la sesión de medicamentos.

Además, en las etapas más avanzadas del proyecto, se podría descifrar la causa por la que algunas células cancerosas, en vez de morir, proliferan después de la aplicación de quimioterapia.

Este estudio es un esfuerzo interdisciplinario en el que participan el Laboratorio de Reconocimiento de Patrones y Sistemas Inteligentes (Pris-Lab) de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y la Facultad de Microbiología de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Asimismo, forman parte del proyecto el grupo de investigación Pattern Recognition and Machine Learning Group (Parma) del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), así como el Colaboratorio Nacional de Computación Avanzada del Centro Nacional

de Alta Tecnología (Cenat). Todos estos participantes reafirman su compromiso con la investigación para el mejoramiento de la salud pública.

Tratamiento a la medida

De acuerdo con Francisco Siles Canales, investigador del Pris-Lab, con este procedimiento se puede “hacer un perfil genómico (estudio de los genes) del paciente antes de recomendarle un tratamiento”, como parte de una atención personalizada.

“Si cada persona y cada enfermedad es diferente, si cada tumor y cada tejido es distinto, entonces la terapia para cada paciente debería ser personalizada”, argumentó.



A las muestras celulares se les aplican diversos tipos de quimioterapia para conocer la eficacia de los medicamentos contra el cáncer (foto: Laura Rodríguez).

Siles indicó que esta nueva forma de atención médica tendría un impacto positivo en “la expectativa y la calidad de vida” de las personas. Además, “si usted no desperdicia recursos en medicamentos que no van a servir y los dedica solamente a aquel medicamento que sí va a ser útil y eficiente, pues entonces habría un gran ahorro financiero”, añadió.

Aparte del rastreo de las células, Steve Quirós Barrantes, investigador de la Facultad de Microbiología de la UCR, explicó que aunque el proyecto se encuentra en sus etapas iniciales, más adelante se pretende conocer las causas por las que algunas células cancerosas proliferan –en vez de morir–, después de un tratamiento de quimioterapia.

Hasta el momento, los especialistas han realizado el análisis de las células presentes en el cáncer de mama y en el glioblastoma, uno de los tumores más comunes del cerebro.

Plataforma computacional

El procedimiento que proponen los investigadores no es sencillo. Ellos trabajan mano a mano para conocer el comportamiento de las células cancerosas después

de una sesión de quimioterapia.

El primer paso sucede en el laboratorio de microbiología: las células en estudio son cultivadas, se les aplican diferentes dosis de quimioterapia y se incorporan al microscopio digital para obtener imágenes y así ver sus cambios durante cierto período.

El proceso anterior tiene como fin conocer cómo se comportan los tejidos tratados a lo largo del tiempo, esto se observa mediante las fotografías microscópicas. Estas se generan con una tecnología de microscopía “fondo claro”, que no afecta a las células, pero dificulta identificarlas; por ello, los expertos recurrieron a innovaciones computacionales para optimizar la labor de segmentación de cada una.

Saúl Calderón Ramírez, investigador del grupo Parma, explicó que “para analizar esos videos digitales, el proyecto hizo la propuesta de construir una plataforma computacional para generar algo así como un árbol genealógico por cada célula”.

Esta plataforma se divide en tres partes. En la primera etapa, el TEC trabajó en la construcción de algoritmos para segmentar las células; es decir, “encontrar exactamente cuáles píxeles pertenecen a cada célula en una imagen”, explicó Calderón.

Como segundo paso, el Pris-Lab de la UCR se ha encargado de rastrear el movi-

miento y la división celular, para trazar su trayectoria con la ayuda de los algoritmos y la biocomputación.

De acuerdo con Siles, la biocomputación “consiste en crear nuevos modelos matemáticos o de simulación computacional para poder describir un fenómeno en biología o en medicina”.

“El sistema debe ser capaz no solo de encontrar las células, sino también de asociar las que encuentre en una imagen con las que encuentre en otra. ¿Para qué? Para generar las trayectorias de las células a lo largo del estudio”, explicó.

Para el investigador, “al contar con las trayectorias de todas las células y de aquellas del fenotipo de interés por célula, podemos decir –por ejemplo– cuántas veces se duplicó o no la célula a la que se le aplicó determinada quimioterapia”.

El resultado de este procedimiento es obtener datos que, según el ingeniero eléctrico, en este momento, no se pueden producir mediante ningún otro tipo de mecanismo, solamente a través del reconocimiento de patrones en imágenes biomédicas.

La etapa computacional del proyecto se encuentra en su momento de validación. Por esto, una vez identificadas las células por los sistemas computacionales

que desarrollaron los especialistas, este proceso es confirmado de forma manual por los expertos en microbiología.

Como último y tercer paso de la etapa computacional, el Cenat colaborará en la “paralelización automática” del proceso, que consiste en convertir los algoritmos creados por los ingenieros e informáticos en un programa paralelo con mayor rapidez y eficacia. Este procedimiento está dirigido por Esteban Meneses Rojas.

Por ahora, los participantes en el proyecto se concentran en “enseñarle” al sistema a reconocer las células por sí solo. “Estamos trabajando en técnicas de aprendizaje profundo o *deep learning*. Estos modelos lo que hacen es aprender a partir de un gran conjunto de datos, donde, por ejemplo, los expertos en microbiología marcan manualmente dónde están las células y con un conjunto de las imágenes marcadas construimos el modelo”, concluyó Calderón.

El estudio, financiado por el Fondo Especial para la Educación Superior (FEES), dio inicio este año y se espera que el trabajo interinstitucional abra las puertas a otros proyectos para avanzar en la lucha contra el cáncer y mejorar los servicios de salud pública en el país. ■



Steve Quirós trabaja en el Laboratorio de Quimiosensibilidad Tumoral de la Facultad de Microbiología de la UCR, primero en el país. Esta unidad investiga cuál es el medicamento quimioterapéutico más adecuado para abordar un tumor y reducir así los efectos secundarios que podría experimentar el paciente (foto: Laura Rodríguez).

Células malignas proliferan pese a quimioterapia



La quimioterapia es un tratamiento altamente tóxico que puede generar dos resultados: erradicar la enfermedad o hacer que el padecimiento sea más resistente.

Jennifer Jiménez Córdoba
jennifer.jimenezcordoba@ucr.ac.cr

Las células son unidades vivas encargadas de asegurar el correcto funcionamiento del organismo. Cuando hay un cáncer, estas grandes aliadas modifican su comportamiento y crecen de forma descontrolada hasta superar las células normales. Como consecuencia, el cuerpo inicia un paulatino proceso de deterioro y rápidamente se vuelve incapaz de funcionar de forma satisfactoria.

Ante esa situación se requieren diversos abordajes para combatir la enfermedad, entre ellos la quimioterapia, que si bien es uno de los tratamientos más importantes, también posee la capacidad de alterar el ADN de las células malignas e incentivar que el cáncer se vuelva más agresivo y resistente.

Así lo explicó Steve Quirós Barrantes, investigador del Laboratorio de Quimiosensibilidad Tumoral de la Universidad de Costa Rica (UCR), quien actualmente coordina un proyecto orientado a descubrir por qué las células malignas continúan proliferando después del daño de su ADN ocasionado por la quimioterapia.

De acuerdo con el experto, estudios previos han demostrado que las entidades tumorales siguen multiplicándose aunque sean tratadas con dosis letales de quimioterapia genotóxica –uno de los componentes clave en los tratamientos contra el cáncer–,

la cual provoca lesiones significativas en los tumores y, que se supone, deberían originar la muerte celular inmediata.

Cuando las células cancerígenas no logran ser destruidas por medio de dicha terapia experimentan un cambio en su ADN, que las vuelve capaces de activar una rápida y eficiente respuesta orientada a un solo propósito: asegurar su supervivencia.

“Las células de cáncer, al contar con una nueva alteración en su ADN, producto de la quimioterapia genotóxica, podrían comenzar un proceso de propagación de células genéticamente inestables con serios resultados. Las células normales estarán más propensas a convertirse en cáncer y las células que ya presentan la enfermedad generarían una mayor capacidad de multirresistencia”, afirmó Quirós.

Además, ese no sería el único efecto. Adicional al cáncer, ese fenómeno también podría contribuir a que aparezcan defectos neurológicos, infertilidad, envejecimiento prematuro y problemas inmunológicos.

“Es necesario destacar que las proliferaciones de células con daño en su ADN constituyen una respuesta tardía a la terapia y, dado que la regulación final de la respuesta al daño también se ve influenciada por cambios en su expresión genética, es importante realizar un análisis integral de la totalidad del genoma a fin de identificar las redes de regulación, lo cual precisamente buscamos en este proyecto”, dijo el microbiólogo.

Estudio de impacto

El estudio es el primero que se realiza en Costa Rica en esta línea y se estima que también sería de los pocos a nivel mundial en analizar de manera exhaustiva este fenómeno en particular.

Por el momento, la comunidad científica internacional solo ha logrado dar dos explicaciones parciales. La primera es que la célula al recibir la quimioterapia modifica su ADN para adaptarse y afrontar esa amenaza externa.

La segunda es un umbral que marca el inicio y el fin de los puntos de control del ciclo celular –etapas cuando la célula normal examina las señales internas y externas para decidir si procede o no con su división–, un proceso que las células cancerígenas no realizan, a diferencia de las células sanas que no se multiplican si presentan un daño en su ADN.

“Ambas hipótesis se limitan al papel de unas pocas proteínas y no se basan en estudios realizados de manera sistemática como el que haremos. Además, ninguna de las dos justifica la sobrevivencia de las células que logran dividirse e, inclusive, proponen que las células mueren en el siguiente ciclo celular, algo que se explica solo parcialmente a lo observado en estudios previos”, manifestó el investigador.

Los resultados del estudio proporcionarán un gran impacto en el campo de la salud. Aunque la quimioterapia destruya la gran mayoría de células dañinas, tan solo con que un pequeño porcentaje sobreviva ya es suficiente para establecer un nuevo tumor más fuerte ante otros tratamientos. De esta forma, el impacto de las opciones terapéuticas se debilita y estas se vuelven más paliativas que curativas.

Necesidad latente

En la actualidad, el cáncer presenta altas tasas de incidencia y de mortalidad. En el mundo, más de 133 personas, por cada 100 000 habitantes, mueren al año. En Costa Rica, cerca de 176 individuos

por cada 100 000 presentan tal condición. Para el período de 2009-2020 se prevé un incremento en la incidencia de un 48,2 %. Esto convertiría el cáncer en la primera causa de muerte del país.

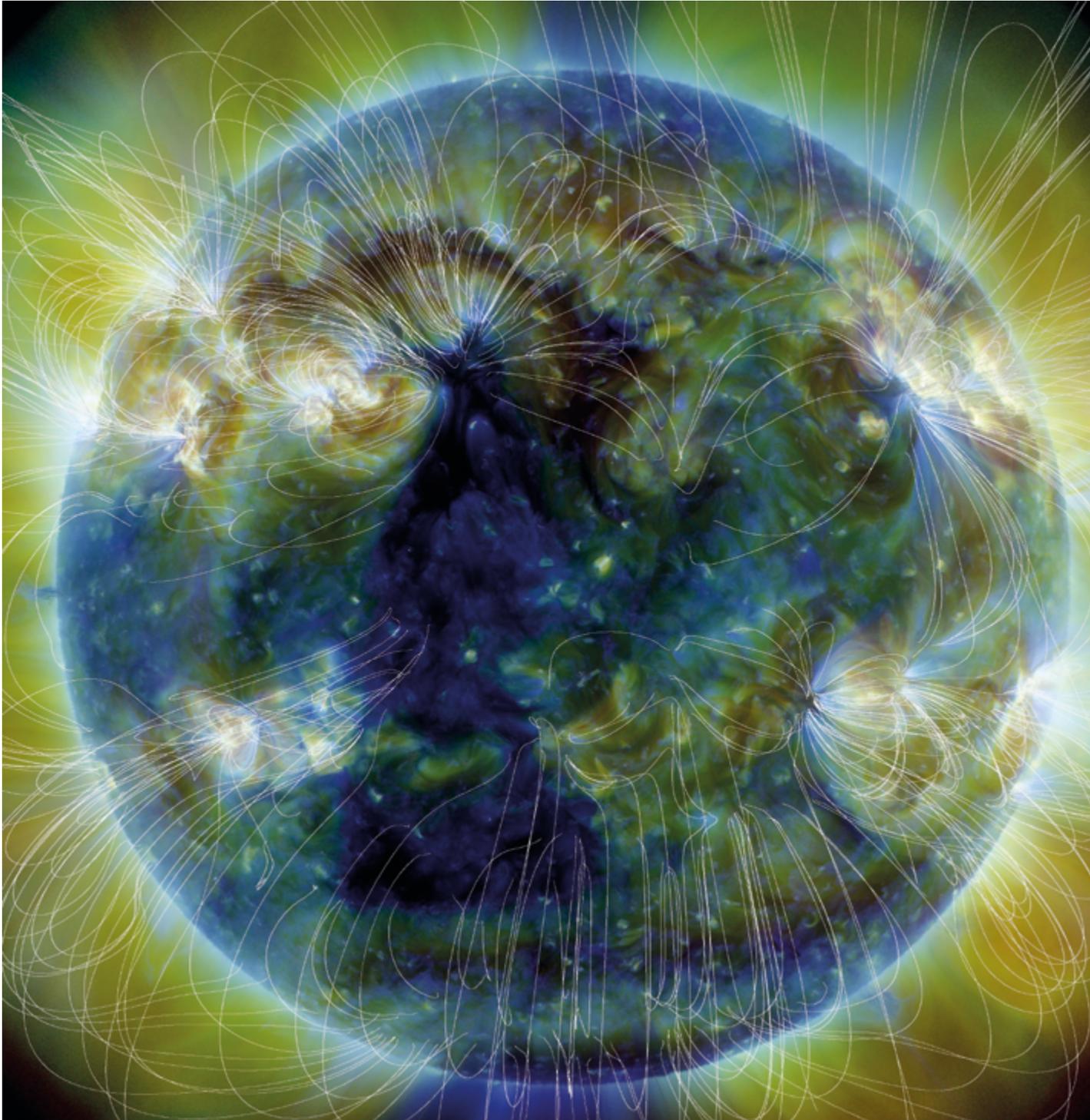
Esa probable realidad implicaría un alto impacto económico. En el 2009, los costos médicos representaron cerca de \$24 000 millones y se pronostica que los gastos aumentarán debido a la incidencia, precios de las terapias y atención.

“La novedad del proyecto es que, en lugar de buscar un tratamiento específico contra una forma de cáncer, busca entender un aspecto de la biología celular que facilita la proliferación de células con un daño tóxico debido al tratamiento y que, por lo tanto, facilita el desarrollo de la multirresistencia. Esto aplica en cualquier tipo de cáncer”, destacó Quirós.

El especialista indicó que a mediano plazo se podrían optimizar los tratamientos que ya están siendo utilizados, con el objetivo de dirigir estas células cancerosas hacia la muerte celular y evitar la resistencia.

Para el análisis, los investigadores utilizarán una variedad de herramientas, entre ellas la bioinformática. José Molina Mora es el microbiólogo a cargo y su trabajo será vital para relacionar la información genética con el fenotipo, con la ayuda de las imágenes celulares que tomará el grupo del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), el Centro Nacional de Alta Tecnología (Cenat) y la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la UCR.

Con la relación ya hecha, se identificarán los genes que potencialmente modularían la respuesta a la quimioterapia en beneficio del paciente. ■



Combinación de imágenes de la atmósfera solar realizada por el instrumento Atmospheric Imaging Assembly (AIA) a bordo del Solar Dynamics Observatory (SDO), un telescopio espacial (imagen cortesía de Heidy Gutiérrez).

Astrofísica:

¡Sí se puede estudiar ciencia en Costa Rica!



**“El nivel académico del país es similar al de otras naciones”,
Heidy Gutiérrez.**

Paula Umaña González
paula.umana@ucr.ac.cr

Heidy Gutiérrez Garro es astrofísica. Quiso serlo desde la primera vez que vio la serie documental *Cosmos: un viaje personal*, del científico Carl Sagan y la productora Ann Druyan.

Algunos años después, cumplió su sueño en la Universidad de Costa Rica (UCR), donde obtuvo su Bachillerato, Maestría y, recientemente, su Doctorado en Astrofísica, para el cual realizó una pasantía en la Universidad de Wisconsin, Estados

Unidos. Ella es la primera mujer que realiza los tres grados académicos en el área de la Física en la UCR.

Además, es profesora de la Escuela de Física e investigadora del Centro de Investigaciones Espaciales (Cinespa) de esa misma institución. La especialista estudia la atmósfera solar, tema en el que ha realizado diversas investigaciones con sello internacional, como parte de su doctorado.

Desde sus labores de docencia, Gutiérrez desea que los más jóvenes comprendan que la posibilidad de estudiar carreras científicas en el país es real. “Existe la necesidad de visibilizar que en Costa Rica se puede estudiar profesiones de ciencia, tecnología, ingenierías y matemáticas –las denominadas carreras STEM, por sus siglas en inglés (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*)–”, afirmó.

De acuerdo con sus declaraciones, en el territorio nacional se puede optar por grados académicos con la misma calidad que en otros países. “No solo va a ser un doctorado de la UCR, por ejemplo, si no que es un doctorado que se puede dar de golpes con cualquier otro sistema doctoral, muchas veces es más exigente el de aquí. Por ejemplo, nuestro doctorado en Física pide tres publicaciones de alto impacto”, manifestó.

Sin embargo, la académica es consciente de que a las universidades nacionales les falta camino por recorrer para alcanzar el nivel de otros países. “Las universidades tienen programas de doctorados y posdoctorados amplios. La UCR tiene 75 años y los doctorados que ofrece son muy pocos”, señaló.

“Hay personas dentro de la Universidad que están muy abiertas a la idea de que aquí se puede investigar y se puede crecer, por supuesto que hay otra corriente que sigue creyendo que la gente se tiene que ir, obtener su doctorado en el extranjero y volver”, agregó.

Igualmente, aseguró que el país es capaz de realizar investigaciones de alto nivel y que le gustaría que más investigadores, investigadoras y estudiantes de otras universidades internacionales ingresen a la UCR a trabajar en este campo.

Para ella, los estudiantes deben “tener muy claro lo que desean hacer”, trabajar en sus objetivos y perseverar. Aunque Gutiérrez siempre quiso ser astrofísica, fue después de un curso brindado por la Dra. Lela Taliashvili que supo que quería enfocarse en la investigación solar.

Todo lo que le suceda al Sol, directa o indirectamente nos afecta. Hace un siglo, su estudio tal vez no parecía tan importante, porque no dependíamos de la electrónica y de los satélites.

Pasión por el Sol

El Sol, objeto de estudio de Gutiérrez, es un astro vital para la supervivencia del ser humano y el entorno que le rodea. Por esto, es importante analizar los sucesos que tengan lugar en esta gran estrella, ya que podrían afectar directamente a la Tierra.

“Nosotros tenemos una gran ventaja, tenemos una estrella a la par de nosotros. Es nuestro laboratorio privado. Mucho acerca de la evolución del Sol es la evolución estelar. Entonces, si nosotros entendemos los cambios del primero, estamos captando parte del comportamiento del desarrollo de las estrellas en general y, por ende, comprendemos la evolución de nuestro entorno como tal”, indicó.

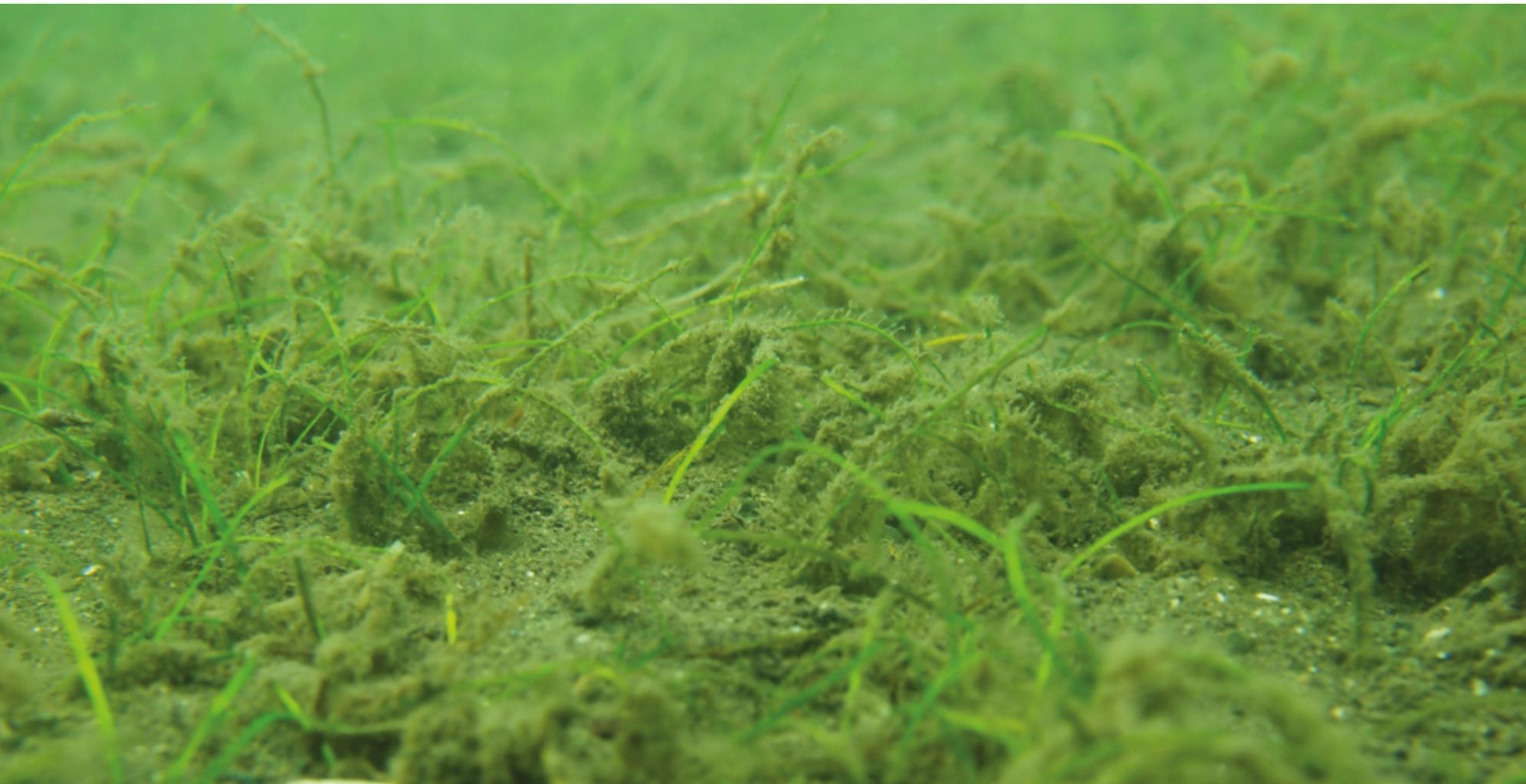
Como parte de su doctorado, la astrofísica analizó miles de datos acerca de la atmósfera solar y los cambios topológicos de agujeros coronales con eyecciones de masa coronal o CME (por sus siglas en inglés –*Coronal Mass Ejection*–), una onda de radiación y viento solar que se desprende del Sol.

“En el doctorado hubo resultados interesantes. Descubrimos que actividades desarrolladas en escalas espacio-temporales muy cortas en el Sol pueden estar relacionadas con la evolución de su campo magnético global. Algunas de las perturbaciones del campo magnético de la Tierra se relacionan con la evolución de las actividades solares”, expresó.

“Tuvimos un evento en el que analizamos por casi dos meses datos que nos permitieron observar el Sol casi completo y tuvimos una cadena de eventos que al final resultó que estaban asociados con los cambios del campo magnético global del Sol”, dijo.

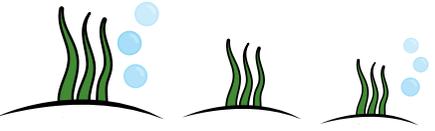
Algunas de estas actividades se relacionan con las tormentas geomagnéticas o tormentas solares, una perturbación que podría interrumpir el funcionamiento de aparatos electrónicos, satélites y las telecomunicaciones.

Además de los múltiples estudios solares que Gutiérrez ha realizado, sus investigaciones se han centrado también en la física teórica, enfoque que le dio a su tesis de maestría *Renormalización en teoría de campos usando distribuciones*. ■



En el mar se forman pastizales subacuáticos que están adheridos a los sedimentos (foto cortesía de Jimena Samper).

Los pastos marinos: un mundo bajo el agua por conocer



En el mar, existe un ecosistema casi ignoto que ofrece múltiples servicios a los seres vivos.

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

Los pastos marinos son las únicas plantas que habitan el océano. De ellos se alimentan animales como las tortugas, los manatíes, los erizos y los peces. También contribuyen a la protección de las zonas marino costeras y a mitigar los efectos del cambio climático.

Sin embargo, sabemos poco de ellos y podríamos asemejarlos a los pastos terrestres, pero son diferentes. Como el resto de las plantas, los pastos marinos tienen distintos componentes o estructuras (véase la infografía), lo cual les permite realizar el proceso de fotosíntesis, gracias a la energía que aporta la luz. Para esto, absorben el CO₂ procedente de la atmósfera, que está disuelto en el agua.

Las algas también realizan la fotosíntesis en el mar, pero son organismos mucho más sencillos y no tienen los mismos componentes que las plantas.

En el fondo del océano se forman pastizales subacuáticos denominados praderas, que se adhieren a los sedimentos. Algunas veces quedan expuestas cerca de la costa, cuando la marea baja, y se observan como una gran alfombra

verde que cubre el suelo marino.

En Costa Rica se han identificado siete especies de plantas bajo el mar, en las costas del Pacífico y del Caribe. Su estudio se ha iniciado de manera sistemática por el Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (Cimar), de la Universidad de Costa Rica (UCR), ante el vacío de conocimiento acerca del tema.

“En Costa Rica, los pastos marinos han sido menos estudiados que otros ecosistemas, como los manglares o los arrecifes de coral. Estamos tratando de cambiar eso y de generar más conciencia acerca de su importancia”, expresó Jimena Samper Villarreal, investigadora del Cimar y especialista en el tema.

Antes de 1960, no existían publicaciones científicas en el país. Es a partir del 2010 cuando se empezaron a realizar estudios en el Golfo Dulce, en el sur del territorio, con la participación de estudiantes de la carrera de Biología de la UCR.

“Nosotros analizamos el tipo de investigaciones realizadas aquí. Casi todas son reportes de cuáles especies se encuentran y en dónde. Es menor el porcentaje que aborda aspectos ecológicos, como la fauna asociada”, comentó la experta.

Las primeras indagaciones se concentraron solo en los pastos marinos del Caribe, gracias a un proyecto que funciona en toda esa región, el cual desde 1999 monitorea estos ecosistemas. También se le da seguimiento a los manglares y a los arrecifes de coral.

En el 2017, el Cimar logró iniciar un proyecto de monitoreo de los pastos en el Pacífico, especialmente en el Golfo Dulce. Ahí se encuentra la pradera de pastos marinos más extensa de la costa pacífica.

Especies más comunes

En el Caribe Sur de Costa Rica, que comprende Cahuita, Manzanillo y Gandoca, crecen las principales praderas de pastos marinos. “En todas estas zonas, detrás del arrecife, donde hay lagunas y es más tranquilo, se desarrollan praderas extensas de especies de gran tamaño y muy persistentes”, explicó Samper.

En esta costa, la especie dominante es *Thalassia testudinum*, que es la más común y la favorita de la tortuga. Luego, le sigue *Syringodium filiforme*, la cual tiene una forma tubular, como un espagueti, y es alimento del manatí. Ambas solo se encuentran en el Caribe a nivel mundial.

Con respecto a los pastos del Pacífico, hay bastantes vacíos de información sobre los sitios donde están presentes. Además de ser especies más pequeñas, son más efímeras y más dinámicas, y crecen muy rápido. Esa es su estrategia de vida, expresó la bióloga.

En la costa pacífica, las especies predominantes son *Halophila baillonis*, *Alodile wrightii* y *Ruppia maritima*. Se desconoce si actualmente existen praderas extensas de *R. maritima*, luego de que en

1996 desapareciera una (de 5000 metros cuadrados de extensión, aproximadamente) en bahía Culebra, Guanacaste, a raíz de una tormenta, tal y como lo documentó el investigador del Cimar, Jorge Cortés Núñez.

El pasto conocido como trébol (*Halophila baillonis*), pues sus hojas tienen la forma de tal planta, se encuentra tanto en el Caribe como en el Pacífico y está clasificado como vulnerable por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Esta es una de las principales especies encontradas en el Pacífico costarricense.

Por su parte, la erosión costera del Caribe, consecuencia del cambio climático, ha afectado a los pastos marinos.

Cambio climático

De acuerdo con los científicos, los pastos marinos ayudan a aplacar los efectos del cambio climático, por medio del secuestro de carbono, función que realizan a través de la fotosíntesis. La tarea que desarrollan es captar el CO₂ en sus tejidos y lo retienen durante cierto tiempo.

“Gran parte del tejido fotosintético y no fotosintético se entierra en el sedimento, donde hay poca descomposición de la materia. El sedimento atrapa el carbono que secuestra por la fotosíntesis y el que viene de la zona terrestre debido a la erosión, y ambos quedan almacenados en



Conozcamos los pastos marinos

Son las únicas plantas que viven completamente sumergidas en el mar. Tienen raíces, rizomas, hojas, flores, frutos y semillas.



Brindan a los seres vivos una serie de servicios ambientales:

<p>Ayudan a limpiar el agua.</p>	<p>Funcionan como guardería para la crianza de numerosas especies.</p>	<p>Sirven de alimento a una serie de organismos, como peces, tortugas, manatíes y erizos.</p>
<p>Contribuyen a la protección de las zonas costeras.</p>	<p>Cumplen un papel importante en la mitigación de los efectos del cambio climático, ya que secuestran carbono a través de la fotosíntesis.</p>	<p>En Costa Rica tenemos siete especies de pastos marinos en las costas del Pacífico y del Caribe.</p>

Fuente: Jimena Samper, investigadora del CIMAR-UCR
Diseño: Rafael Espinoza

la capa de pastos marinos vivos. A esto es lo que llamamos carbono azul, que sirve para mitigar el cambio climático”, detalló la investigadora de la UCR.

En este sentido, no solo hay que proteger las plantas marinas para que sigan secuestrando el carbono –insistió–, sino para que, además, no emitan el que han retenido durante miles de años.

Cabe señalar que esta función del secuestro de carbono es realizada también por los manglares.

Vulnerabilidad

El principal problema que presentan los pastos marinos consiste en que necesitan la luz para realizar el proceso de fotosíntesis y, para ello, dependen de

la claridad del agua. Igualmente, existen otros factores que intervienen, como las alteraciones de la salinidad y la fuerza del oleaje.

Los pastos marinos “son ecosistemas muy vulnerables que están siendo afectados a nivel mundial. Crecen en la zona costera, cerca de donde está el desarrollo humano. Si nosotros erosionamos la cuenca, cae mucho sedimento al mar, o si echamos muchos nutrientes (aguas negras o aguas residuales) se genera gran cantidad de fitoplancton, se hace más turbia el agua y ellos no pueden realizar la fotosíntesis”, explicó Samper.

La falta de información también ha incidido en que muchas veces los pastos marinos pasen inadvertidos; aunque, a la vez, estos son importantes para ciertas comunidades, sobre todo en lugares

donde no hay arrecifes coralinos. Los pescadores, por ejemplo, los confunden con las algas, indicó.

Tampoco se tiene conciencia sobre las relaciones entre los pastos marinos y los organismos que se alimentan de ellos. Por esto, el Cimar organiza talleres en comunidades costeras para informar y sensibilizar a estas poblaciones acerca de la importancia de este recurso marino.

La bióloga concluyó que existen evidencias científicas de que a nivel mundial han disminuido, considerablemente, los pastos marinos, producto de las actividades humanas. Por tanto, insistió en que para lograr conservarlos es clave saber dónde se encuentran y cuáles especies hay. De ahí la necesidad de efectuar mayor investigación. ■

Algunas cifras

En el mundo existen entre **60 y 72** especies de pastos marinos. De ellas, **7** se han identificado en **31** sitios de Costa Rica, la mayoría en la costa del Pacífico.

En nuestro país, estas plantas cubren un área de **133** hectáreas: **97** en el Pacífico y **36** en el Caribe.





Giovanni DH

Búo de anteojos (*Pulsatrix perspicillata*). Observado en Sarapiquí, Heredia.



Giovanni DH

Gavián aludo (*Buteo platypterus*). Guápiles, Pococí.

Aves de Costa Rica

Costa Rica posee una gran variedad de especies de aves, su número sobrepasa las 900. Así, podemos encontrar la avifauna en diversos ecosistemas, como las costas, los páramos, los bosques, los cultivos y hasta en la ciudad, en los pocos parches de vegetación que aún quedan.

La gama de colores de sus plumajes, así como los numerosos y bellos cantos de

estos animales, provocan la admiración del turismo nacional y extranjero. ■

Fotografías cortesía de Giovanni Delgado, miembro de la Asociación Ornitológica de Costa Rica.



Giovanni DH

Tucancillo collarejo (*Pteroglossus torquatus*). San Ramón de Alajuela.



Giovanni DH

Oropéndola cabeza castaña (*Psarocolius wagleri*). Siquirres, Limón.



Giovanni DH

Carpintero carinegro (*Melanerpes pucherani*). Boca Tapada de San Carlos