

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Facultad de Ciencias Exactas y Naturales





Instituto francés de Investigación para el Desarrollo

# 30 54











# Contenido

### Actualidad Científica

- 3 Laboratorio diagnóstico de COVID-19 de la PUCE
  - Por Jaime Costales Cordero Ph. D.
- 7 Mujeres científicas: profundización de las desigualdades por la pandemia de COVID-19
  - Por Dra. Sofía Ocaña-Mayorga, Dra. Ana Lucía Moncayo
- **11** Aplicar Inteligencia Artificial para acelerar la resolución de problemas científicos
  - Por Dra. Lorena Meneses Olmedo, M. Sc. Sebastián Cuesta Hoyos
- 15 La Chonta, el arte de la domesticación (Proyecto CHONTA)
   Por Rommel Montúfar Ph. D., Thomas L.P. Couvreur Ph. D., Michael Ayala Ayala Ph. D., David Romero-Estévez M. Sc., Claudia Segovia-Salcedo Ph. D., Karina Proaño Ph. D., Álvaro Rivera M. Sc., Fernando Rivas Ph. D.
- 21 Magia microbiana
  - Por Ph. D. Diana Astorga García
- **25** Quito, 1566. Cerveza de Monasterio. Te esperamos tanto tiempo...
  - Por Dr. Javier Carvajal Barriga

### Instantáneas

29 Por Jaime A. Costales Ph. D.

### Curiosidades Científicas

- **30** Del calor del aula a la fría pantalla: la educación en ciencias en tiempos de pandemia
  - Por Lic. Álvaro Lara y Dra. Anita G. Villacís
- 34 Los encuentros del arte y la ciencia
  - Por M. Sc. Eliza Jara
- 38 Necrofilia o la práctica de "amar" a los muertos
  - Por Dr. Pol Pintanel, Lic. Gabriela Obando-Moreno, Dr. Andrés Merino-Viteri
- **41** El tesoro oculto en mi jardín
  - Por Lic. Fernanda Salazar-Buenaño
- **45** Cannabis: la biología y la química del CBD y otros cannabinoides
  - Por Máster Omar Vacas Cruz
- **50** En búsqueda de una verdadera Conservación
  - Por Lic. Anaid Simone Paladines

### Gente que hace historia

- **54** Jaime Costales Cordero: un docente e investigador infatigable del CISeAL de la PUCE
  - Por Dr. Alberto B. Rengifo A.

### Noticiencia

- 58 Una visita al Campo de Hielo Sur en la Patagonia chilena
  - Por Jaime A. Costales C. Ph. D.

### PUBLICACIÓN ANUAL. NUESTRA CIENCIA n.º 23

Quito, octubre de 2021

### **DECANO**

Dr. Renato Valencia R.

### **EDITOR**

Dr. Alberto Rengifo A.

### **CONSEJO EDITORIAL Y REVISIÓN DE TEXTOS**

Álvaro Barragán, Santiago Burneo, Alejandra Camacho, Jaime Costales, Verónica Crespo, Lorena Meneses, Andrés Merino, Rommel Montúfar, Hugo Navarrete, Anita Villacís.

### **CORRECTOR DE TEXTOS**

Dr. Alberto Rengifo A.

### **COLABORARON EN ESTE NÚMERO**

Ph. D. Diana Astorga. Ph. D. Michael Ayala, Dr. Javier Carvajal, Ph. D. Jaime A. Costales. Ph. D. Thomas L. P. Couvreur, M. Sc. Sebastián Cuesta, Lic. Álvaro Lara, M. Sc. Eliza Jara, Dra. Lorena Meneses, Dr. Andrés Merino, Dra. Ana Lucía Moncayo, Ph. D. Rommel Montúfar. Dra. Sofía Ocaña, Lic. Gabriela Obando, Lic. Anaid Paladines, Dr. Pol Pintanel, Ph. D. Karina Proaño, Ph. D. Fernando Rivas, M. Sc. Álvaro Rivera, M. Sc. David Romero, Dr. Alberto Rengifo, Lic. Fernanda Salazar. Ph. D. Claudia Segovia, Magíster Omar Vacas, Dra. Anita Villacís.

### **DISEÑO, DIAGRAMACIÓN**

Imprenta Hojas y Signos hojasysignos@gmail.com, 3319298

*NUESTRA CIENCIA*: Revista anual de divulgación científica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la PUCE

NÚMERO 23, OCTUBRE DE 2021

ISSN: 1390-1893

Quito, Ecuador

Revista Nuestra Ciencia n.º 23.

Los artículos publicados son responsabilidad exclusiva de sus autores y no comprometen a la Revista, al editor, ni a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la PUCE.



Por el pasillo central del CISeAL, listos a enfrentar el COVID-19.

# **Editorial**

ensamos que esta pandemia no pasaría de un mes. Luego, predijimos que en unos tres meses despertaríamos de esta pesadilla. Pero no sucedió así, y, más bien, en este año y medio, la muerte cobró sus víctimas y sigue rondando con su guadaña lista y dispuesta a arrebatar más vidas; ante esta adversidad, nos toca refugiarnos "en la memoria del corazón que elimina los malos

recuerdos y magnifica los buenos", como diría Gabriel García Márquez en *El amor en los tiempos del cólera*.

Precisamente, gracias a este artificio de acurrucarnos en la memoria del corazón y desparramar nuestra enorme buena voluntad hemos logrado dar a luz este número 23 de *Nuestra Ciencia*, que constituye el volumen 2 publicado en tiempos de pandemia, porque "es la vida más que la muerte la que no tiene límites". En efecto, en este número, usted amable lector, podrá conocer los pormenores de la lucha sin cuartel que está realizando la PUCE contra el COVID-19 a través del CISeAL con su Laboratorio Diagnóstico de SARS-Cov-2.

Y porque la vida continúa y nos reclama poner nuestros ojos e investigación sobre otros temas urgentes, sin dejarse vencer por el desaliento, un grupo conformado por científicos de la PUCE, UCE, ESPE, ESPOCH e IRD nos comunica que está dedicando su esfuerzo y ciencia a investigar acerca de la Chonta que constituye un alimento clave de la soberanía y seguridad alimentaria para los pueblos indígenas y mestizos de la Costa y Amazonia. Aclara que esta investigación apenas ha empezado y, con esperanza, manifiesta que continuará en esta faena, pues la investigación acerca de la Chonta promete muchos beneficios para el ambiente, para el ser humano y para la ciencia.

También, amigo lector, en este volumen 23 de *Nuestra Ciencia*, leerá temas que le contagiarán las ganas de vivir porque, si bien este "virus nos arrebató a nuestros seres queridos, alteró las rutinas, las interacciones humanas, los trabajos, los sueldos, los estudios, los afectos... los sueños", asimismo nos obligó a rediseñar nuestra vida y a tomar conciencia de optimizar caminos en pos de conservar nuestra casa común a través de prácticas de agricultura orgánica urbana, a resucitar levaduras en pos de crear la cerveza artesanal Quito, 1566. Cerveza de Monasterio, a luchar a brazo partido para que la ética, la educación, la responsabilidad social y ambiental dejen de ser tan solo palabras y se conviertan en hechos de vida que fortalezcan la búsqueda de una verdadera conservación de la naturaleza.

Creo que con el arma de la solidaridad derrotaremos a esta pandemia, y podremos, en algún momento, hacer nuestras las palabras de Jaime Costales: "Me queda la inmensa tranquilidad de que cuando la pandemia haya pasado, podré mirar hacia atrás y saber que fui parte de la solución y no del problema, saber que estuve en el lugar exacto, haciendo con todas las fuerzas aquello que era correcto y necesario".

Hasta pronto, el volumen 24 de Nuestra Ciencia nos espera.

Dr. Alberto B. Rengifo A.

Quito, octubre de 2021

# Laboratorio diagnóstico de COVID-19 de la PUCE

Por Jaime Costales Cordero Ph. D. Centro de Investigación para la Salud en América Latina (CISeAL) Pontificia Universidad Católica del Ecuador (jacostalesc@puce.edu.ec)

### El 2020, un año complejo

1 2020 no empezó bien para mí. El 3 de enero sufrí una luxación acromio-clavicular que requirió una intervención quirúrgica. Mientras me daban de alta del hospital, el 5 de enero, el médico me indicó que requería 30 días de reposo total y que debía esperar tres meses para volver a hacer actividad física. Lo miré con ternura. El pobre doctor no sabía lo loco que estoy. Doce horas más tarde, yo ya estaba en mi laboratorio, haciendo trabajo de escritorio, porque se puede teclear con un brazo en cabestrillo, pero manejar una micropipeta... eso estaba un poco más difícil.

Tres semanas más tarde, con autorización del médico, emprendí un viaje que tenía preparado hacía meses a la Patagonia chilena. Cargar una mochila pesada, armar diariamente una carpa, pasar la noche en saco de dormir y completar un trayecto de cinco días sin conexión al teléfono ni a la red, era todo parte de un muy necesario descanso para desconectarme del ambiente laboral. Pero fue un reto enorme tener que hacerlo solo con el brazo izquierdo.

De regreso, en el aeropuerto, tuve señal de internet para conectarme al mundo nuevamente. Colegas de la PUCE trataban de contactarme para que participara en un foro que se había organizado sobre el SARS-CoV-2. Yo me excusé, había estado desconectado del tema por más de una semana y no creí que era correcto participar

sin estar al tanto de los últimos eventos, que evolucionaban rápidamente. Por ejemplo, recién al llegar a Quito, me enteraba que un paciente de origen chino había llegado al Ecuador y que estaba en vigilancia, con sospecha de COVID-19. Al no estar al tanto de las novedades mundiales, me excusé también de una entrevista en la radio ese día.

### La pandemia llega al país

Poco a poco, las cosas se fueron complicando alrededor del mundo y, como todos, yo seguía atentamente, pero en vilo, las novedades de la pandemia. Se reportó, en Guayaquil, el primer caso el 29 de febrero: una viajera ecuatoriana que llegaba desde Europa. Poco a poco aparecían nuevos casos en Guayaquil, producto de los contagios derivados del caso original, así como de la llegada de otros viajeros que venían al Ecuador desde Europa. La situación se agravaba en todo el planeta y la Organización Mundial de

la Salud declaró a la COVID-19 como pandemia el 11 de marzo.

El Dr. Francisco Pérez, decano de la Facultad de Medicina, me preguntó telefónicamente si el Centro de Investigación para la Salud en América Latina (CISeAL), el cual es parte la Escuela de Biología y se encuentra ubicado en el campus Nayón, tenía la capacidad de realizar análisis de tipo PCR en tiempo real, para diagnóstico de SARS-CoV-2. Le contesté que sí. La PUCE había decidido ya apoyar a la lucha contra la pandemia mediante el diagnóstico. En los siguientes días, se dieron una serie de llamadas y mensajes, con el director del CISeAL, docentes de la facultad de Medicina, el director de investigación de la PUCE y el Sr. Rector, para afinar detalles.

Era obvio para todos que el Ecuador no tenía la capacidad diagnóstica para enfrentar lo que estaba sucediendo en Guayaquil, los laboratorios del estado podían apenas procesar 200 muestras al día. Todos los investigadores de



**Figura 1.** Vista de una sección de los 10 000 m² del CISeAL, el centro de investigación especializado en ciencias biomédicas de la Escuela de Ciencias Biológicas de la PUCE, donde se realiza el diagnóstico molecular de COVID-19.

instituciones de educación superior, quienes entendemos cómo funciona la técnica molecular recomendada para diagnosticar la infección con SARS-CoV-2 y que, además, tenemos conocimientos de bioseguridad y acceso los equipos y laboratorios para llevarla a cabo, nos dimos de cuenta de que era inevitable: las universidades debían involucrarse, para prestar su contingente en el diagnóstico.

### El confinamiento se inicia y la PUCE se activa

Recuerdo comentarles a mis padres que iba a participar en el diagnóstico de SARS-CoV-2, que nos tocaría aislarnos, y que las cosas no mejorarían para fin de año. Mis padres se mostraron preocupados, temían por mi salud, por la exposición al virus. Les expliqué que no tenían de qué preocuparse, que justamente por eso yo había estudiado y para eso habíamos armado en la PUCE un centro de investigación enorme: era una buena oportunidad de servir al país. En el fondo, sin embargo, tenía la sensación de que un reto inmenso se avecinaba.

El 17 de marzo, el médico me revisó y, a pesar de que constató que el hombro operado se recuperaba bien, también confirmó lo que yo sospechaba desde el día de la cirugía: el músculo llamado trapecio, sobre mi hombro izquierdo (¡el del lado "bueno"!) no se contraía, era una parálisis idiopática (de origen no determinado). Debía iniciar fisioterapia para ese hombro también. Salí de la consulta médica y en el auto escuché las noticias: se declaraba el confinamiento en Ecuador. Tanto a nivel personal como para el país, las cosas se complicaban. Pero mi historia personal no sería, ni de lejos, la más difícil de las historias de entre las que algunos ecuatorianos enfrentarían el 2020.

En Guayaquil, la situación se volvió dramática. Los hospitales y las

unidades de terapia intensiva se llenaron. Luego colapsaron las morgues. Veíamos, horrorizados, en los noticieros, como los cadáveres empezaron a aparecer en las calles y nadie se atrevía a recogerlos. Y mientras tanto, solo los laboratorios del Instituto Nacional de Salud Pública e Investigación (INSPI) estaban autorizados para realizar diagnósticos de COVID-19. Analizaban 200 muestras por día. Posteriormente, se permitió a los laboratorios privados empezar a realizar pruebas diagnósticas para COVID-19, y su capacidad también fue rápidamente rebasada por la gran necesidad de pruebas. En las redes, los investigadores de las universidades clamábamos para que se nos deje participar. Había fuerte oposición de los laboratorios privados, que argumentaban que las universidades no estaban preparadas para hacer diagnóstico. Inclusive, delegados de organismos internacionales estaban en contra de la idea. Logré concretar una reunión vía zoom con uno de ellos, para discutir la creación de una red diagnóstica con las universidades. Me dejó plantado.

### El CISeAL de la PUCE se prepara

Finalmente, el gobierno, sobrepasado por la crisis, autorizó a la Agencia de Aseguramiento de la Calidad en los Servicios de Salud (ACESS) a evaluar a los laboratorios de las instituciones de educación superior para realizar diagnóstico molecular de COVID-19. La PUCE estructuró un equipo para participar en este proceso, aprovechando los laboratorios de punta que posee el CISeAL. El Director de Investigación de la PUCE, Dr. Hugo Navarrete, dirigiría los aspectos administrativo-financieros y yo estaría a cargo de coordinar los aspectos técnicos. Sumamos al equipo el valiosísimo apoyo de expertos de la PUCE, como el Dr. Francisco Pérez, decano de la Facultad de Medicina, y la Mgtr.

Dora Rosero directora del DISerLAB de la PUCE (liderando el personal a cargo de la toma de muestras y reporte de resultados al Ministerio de Salud Pública). Se unió, además, el Dr. David de la Torre (virólogo con amplia experiencia de diagnóstico molecular, quien brindaría apoyo técnico), y personal para recepción de muestras y análisis, así como entrega de resultados e ingreso de información a las bases de datos del Ministerio de Salud Pública. Fue invaluable el apoyo de Gabriela Yáñez, experta en calidad del Centro de Estudios aplicados en Química (CESAQ) de la PUCE, para la preparación de la documentación necesaria. Igualmente, del arquitecto Fernando Calle con todo el personal de planta física, quienes apoyaron sobremanera en las adecuaciones del espacio físico y señalética.

Trabajamos muy fuerte y contra reloj, haciendo todo tipo de labores, desde la preparación de documentos técnicos hasta la adecuación del mobiliario y equipo: permanecimos activos a pesar del confinamiento para el resto de la población. Se habilitó el área de bioseguridad nivel III del CI-SeAL, única en el país, para realizar el diagnóstico molecular de COVID-19. La capacidad técnica instalada en la PUCE y, especialmente en el CISeAL, sirvió como la base para el proceso. El apoyo incondicional del decano, Dr. Renato Valencia, del director del CI-SeAL, Dr. Mario Grijalva, así como del Dr. Fernando Ponce, rector de la PUCE, fueron cruciales. Varios colegas de la Escuela de Biología apoyaron poniendo a nuestra disposición equipos (centrífugas refrigeradas, cuantificadores de ácidos nucleicos, refrigeradoras y termocicladores) y reactivos: los doctores Christiana Katti, Marco Neira, Sofía Ocaña, Santiago Ron, Fabián Sáenz, Doris Vela y Anita Villacís, y las Mgtr. Rosita Chiriboga y Myrian Rivera.



**Figura 2.** El manejo de las muestras potencialmente infecciosas que se reciben para el diagnóstico de COVID-19 en la PUCE se realiza bajo estrictas medidas de bioseguridad, en un laboratorio de bioseguridad nivel 3, único en el país.

### La respuesta de la PUCE

El Laboratorio de Diagnóstico Molecular de COVID-19 de la PUCE recibió la autorización por parte del ACESS tanto para analizar como para tomar muestras el 22 de abril del 2020. Originalmente, se procesaron 100 muestras al día, para diagnosticar la infección con SARS-CoV-2 mediante la técnica de reacción en cadena de la polimerasa acoplada a la transcripción reversa (RT-PCR). Este número aumentó gradualmente, superando rutinariamente 1000 muestras diarias en la actualidad. A través de la Dirección de Investigación, se gestionaron fondos externos del fideicomiso Sumar Juntos, para financiar el esfuerzo diagnóstico. A mediados de mayo del 2021, cuando escribo estas líneas, se han procesado más de 100 000 muestras. Nos hemos concentrado en apoyar al personal sanitario y pacientes de hospitales públicos de Quito (Hospital Docente de Calderón, Hospital Pablo Arturo Suárez, Hospital General Enrique Garcés, Hospital Eugenio Espejo, Hospital Julio Endara, entre otros). De la misma manera, se han procesado muestras provenientes de dependencias del Ministerio de Salud en Ambato, Imbabura

(Otavalo y Atuntaqui), Latacunga, Loja, Santo Domingo de los Tsáchilas, además de dos hospitales de la ciudad de Guaranda y varias otras. Se firmó un convenio con el Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Pichincha para analizar 2500 muestras. Adicio-

nalmente, en el mes de noviembre, se firmó otro convenio de cooperación con la Secretaría de Salud del Municipio de Quito para procesar 14 000 muestras adicionales, lo cual ha permitido que la ciudadanía de Quito tenga acceso a pruebas RT-PCR entre los meses de noviembre y febrero. Ambos convenios se han renovado, por un total de 16 000 análisis adicionales. Es sumamente importante mencionar que el laboratorio, desde el año pasado, entrega resultados en 24 horas o menos en promedio, cuando el tiempo de entrega de resultados de otros laboratorios en aquella época podía extenderse hasta dos semanas. Si bien el gobierno emitió regulaciones que obligan a todos los laboratorios del país a reducir los precios de

las pruebas PCR para COVID-19, los precios en la PUCE han estado siempre muy por debajo de otros laboratorios desde el inicio. Además, gracias a los fondos obtenidos del fideicomiso Sumar Juntos, se

ha podido realizar la gran mayoría de las pruebas sin costo alguno o con costos subsidiados.

El servicio se ha concentrado en el personal sanitario, pacientes de hospitales públicos y población vulnerable, incluyendo ancianatos y comunidades indígenas (Quichuas de la sierra, Tsáchilas, Záparos, Waorani, entre otros). Se ha apoyado a miembros de la Policía Nacional y Agencia Nacional de Tránsito, así como del sistema de transporte público (Trolebús). De esta manera, el esfuerzo diagnóstico de la PUCE ha alcanzado a importantes sectores de la población ecuatoriana, con el mayor número de pruebas RT-PCR para SARS-CoV-2 analizado por cualquier institución de educación superior en el Ecuador hasta la fecha y teniendo importantísimos efectos positivos. Por ejemplo, se ha logrado el diagnóstico oportuno de pacientes y el manejo efectivo de cercos epidemiológicos por parte de los hospitales del Sistema Nacional de Salud, aislamiento oportuno de personal sanitario contagiado y su regreso una vez superada la enfermedad, apoyo a sectores desatendidos, soporte a empresas para mantener sus actividades de manera segura, y apoyo a instituciones como la Policía y Agencia Nacional de Tránsito que han debido mantenerse activas durante la pandemia.



**Figura 3.** Termocicladores en el CISeAL. Estos equipos son esenciales para las pruebas RT-PCR que se emplean en el diagnóstico molecular de COVID-19.

La población favorecida valora muchísimo el servicio y la ayuda proporcionados por la PUCE. El CISeAL y la PUCE han recibido varios reconocimientos de distintas instancias del Sistema Nacional de Salud Pública. Tanto comunidades indígenas, como personal del Sistema Nacional de Salud Pública y el público en general, han expresado públicamente sus agradecimientos a la PUCE por este esfuerzo. Evidencia de ello se encuentra en los testimonios recogidos por el video preparado por COMCIENCIA que puede accederse en el siguiente enlace: https://www.youtube.com/ watch?v=8ONF63Wa0A4. Asimismo, el 19 de noviembre de 2020, se realizó en el CISeAL un evento para la presentación del informe de resultados y logros alcanzados, en la que participaron los representantes de la Coordinación Zonal de Salud 9 y los hospitales con los que la PUCE ha interactuado durante la crisis sanitaria. Muestras públicas de agradecimiento hacia la PUCE, sus autoridades y miembros de la Dirección de Investigación y el CISeAL fueron muy evidentes.

### La capacidad científica instalada es crucial

Nada de esto hubiera sido posible si no existiera capacidad científica instalada. En primer lugar, la infraestructura y equipos de los que disponía el CISeAL, provenientes de años de trabajo y del levantamiento de fondos internacionales por parte de los investigadores, así como de inversión de la PUCE. Pero también, del talento humano: todos los técnicos que trabajan directamente en la recepción de muestras e ingreso de datos a los sistemas informáticos (Fernando Marín y Emilio Oviedo, biólogos, y Karla Villacís, microbióloga), así como en la extracción de ácidos nucleicos (Magíteres Camila Cilveti, Jalil Maiguashca, Cristina Guamán, y Francisco Quelal, biólogos, y Michelle del Salto, microbióloga), y PCR (Josué Pinto, biólogo) son graduados de nuestra Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y han recibido su formación en la PUCE. Ellos han realizado un trabajo verdaderamente heroico e incansable, incluyen-

do muchas veces horarios extendidos, trabajo en fines de semana y feriados, actuando bajo estrictas medidas de bioseguridad para apoyar al país a enfrentar la pandemia.

El equipo se completa con personal de toma de muestras (Lcda. Ximena Paredes, y otros miembros del DISerLAB), digitadores, choferes, asistente de sistemas (Tecnólogo Alejandro Gualpa), supervisores de manejo de datos (Mgtr. César Yumiseva, CISeAL), encargados de la logística y toma de citas y entrega de resultados, todos quienes han realizado aportes cruciales, con inmensa dedicación. Se suma también la contribución del personal de limpieza y guardianía del CISeAL, que ha trabajado presencialmente durante toda la pandemia.

### **Escenarios futuros**

La pandemia de COVID-19 sigue poniendo en riesgo a la población mundial. Oficialmente, en el Ecuador se han reportado más de 410 000 casos de COVID-19 y más 19000 muertes por esta enfermedad a mediados de mayo, 2021. Por una parte, vivimos un repunte de casos entre enero y mayo del presente año, derivado de la interacción entre las personas durante las reuniones de diciembre pasado y agravado por las aglomera-



Figura 4. La Lcda. Ximena Paredes del DISerLAB, ataviada con los equipos de protección personal, realiza una toma de muestra para diagnóstico molecular de COVID-19.

ciones durante los feriados. También han llegado al país nuevas variantes del SARS-CoV-2, que incrementan el riesgo de transmisión. Por otro lado, las vacunas representan nuevas esperanzas y nuevos retos. Si se consigue un aumento significativo en la velocidad y cobertura de vacunación de la población, es posible que se logre reducir la dinámica de los contagios en el país antes del 2022. Pero todo depende del éxito de la ambiciosa campaña de vacunación propuesta por el nuevo gobierno.

Es un honor y un privilegio poder aportar a la lucha contra la pandemia desde el CISeAL, mediante el laboratorio diagnóstico de SARS-CoV-2, acompañado de un selecto grupo de profesionales que estudiaron y/o laboran en la PUCE. La vocación institucional de servicio se ha expresado en la capacidad científica instalada, en la respuesta efectiva y en el compromiso profundo de cada uno de los que formamos el equipo de diagnóstico, trabajando incansablemente, con corazón, voluntad y conocimiento para mejorar la situación del país. El lema de la PUCE: «Ser más para servir mejor», se ha puesto de manifiesto en el trabajo arduo de quienes conformamos el laboratorio de diagnóstico molecular de COVID-19.

# Mujeres científicas: profundización de las desigualdades por la pandemia de COVID-19

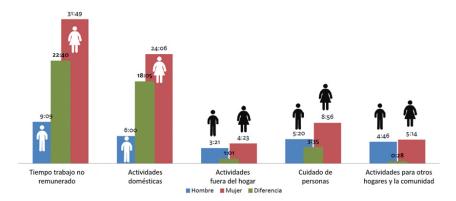
Por Dra. Sofía Ocaña-Mayorga¹, Dra. Ana Lucía Moncayo¹¹Centro de Investigación para la Salud en América Latina (CISeAL) (sbocana@puce.edu.ec), (amoncayo708@puce.edu.ec)

a crisis sanitaria del COVID-19 ha profundizado las desigualdades de género en diversos ámbitos: hogar, trabajo, salud e, incluso, en el político. Datos a nivel mundial muestran que el tiempo que dedican las mujeres a tareas domésticas y de cuidado triplica al empleado por los hombres (Fernández-Luis et al., 2020). El confinamiento ha incrementado la carga de trabajo de las mujeres relacionado con el cuidado de hijos/ as, familiares con enfermedades crónicas o adultos mayores, lo cual podría impactar negativamente en su salud mental, física y en su participación en el mercado laboral o acceso a un empleo de calidad. Esto se ve reflejado en datos de evaluaciones socioeconómicas que demuestran una mayor pérdida de ingresos y empleo en mujeres durante la pandemia (Becerra et al., 2020). Adicionalmente, una de las consecuencias más devastadoras del confinamiento es el aumento de casos de violencia sexual, física y psicológica hacia las mujeres. Sin embargo, es importante señalar que no es la pandemia la que generó estas brechas de género, sino que las acrecentó, y sus efectos están siendo evidentes.

En el año 2012, en Ecuador se realizó una encuesta sobre el uso del tiempo en hombres y mujeres como una herramienta para medir el tiempo destinado al trabajo no

remunerado que se realiza en los hogares. Los datos indican que las mujeres destinan en promedio cuatro veces más tiempo al trabajo no remunerado (trabajo doméstico, de cuidado, para uso propio, para otros actividades comunitarias y voluntarias) que los hombres (Fig. 1). En el área urbana y rural, las mujeres trabajan de una manera no remunerada en promedio 21 y 25 horas más a la semana que los hombres, respectivamente. tendencia se mantiene cuando se analiza a personas que tienen estudios de educación superior e incluso cuando se analiza por estado civil (García y Tello 2012).

artículos científicos) en hombres y mujeres con diferentes roles de cuidado, evidenció que, a pesar de que los hombres académicos también tienen hijos/as y cumplen su rol de cuidado, son las mujeres las que dedican más tiempo a esta actividad, incluso si las tareas en la pareja están aparentemente divididas equitativamente. Este estudio demuestra cómo el nivel de responsabilidad parental es una variable poderosa para explicar diferencias de productividad académica entre hombres y mujeres (Derrick et al., 2019). Otro estudio evidenció que la probabilidad de que las parejas de hombres académicos se dediquen a



**Figura 1.** Diferencia en la cantidad de tiempo empleado en trabajo no remunerado entre hombres y mujeres antes de la pandemia por COVID-19 (García y Tello 2012).

En el ámbito académico y en épocas no pandémicas, los retos que hemos enfrentado las mujeres también han sido bien documentados. Por ejemplo, un análisis de la producción científica (medida por el número de publicaciones de

cuidar a sus hijos/as es cuatro veces mayor que entre las científicas, cuyas parejas generalmente trabajan fuera de casa (Schiebinger *et al.*, 2008). Como consecuencia, se restringe la capacidad de participar plenamente en las demandas de la

academia, influyendo directamente en la productividad científica a corto y a largo plazo. Si bien se ha establecido una importante diferencia en la cantidad de tiempo dedicado al cuidado, hay otros factores que han contribuido en la brecha entre hombres y mujeres en la academia. En febrero del año 2019, con motivo del día de la mujer en la ciencia, la revista Lancet, una de las revistas más reconocidas en temas de medicina y salud global, lanzó una edición especial con publicaciones que analizan las brechas que existen entre hombres y mujeres en temas que van desde la falta de representación en grupos de toma de decisiones institucionales, sesgos en la obtención de financiamiento, acoso sexual en el ambiente laboral y, nuevamente, inequidad en el tiempo dedicado a las responsabilidades familiares.

En cuanto a los sesgos para la obtención de financiamiento para investigaciones, un estudio analizó el éxito de 23 918 aplicaciones provenientes de 7093 investigadores principales de los Institutos Canadienses de Investigación en Salud entre los años 2011 y 2016. Este estudio evidenció que cuando los programas evalúan la calidad del proyecto científico, la probabilidad de éxito fue 0.9 puntos porcentuales más baja para las mujeres aplicantes que para los hombres, mientras que, si la evaluación se enfoca en el investigador, esta brecha se incrementa a 4.0 puntos porcentuales (Witterman et al., 2019). Estos resultados se alinean con un estudio realizado en Estados Unidos, donde las mujeres aplicantes al programa R01 del Instituto Nacional de Salud tuvieron menos probabilidad de ser descritas como líderes, además que las evaluaciones incluyen criterios subjetivos que favorecen a los hombres para

la obtención del financiamiento (Magua *et al.*, 2017).

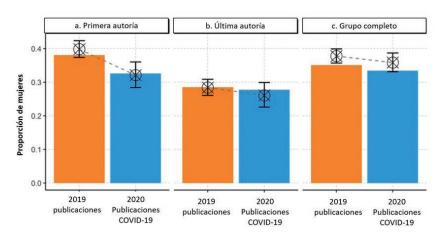
# Efectos de la pandemia en las mujeres científicas en el mundo

A un poco más de un año de la declaración de pandemia por CO-VID-19, los efectos sobre la carrera profesional de mujeres científicas ya pueden evidenciarse. En el ámbito de las ciencias médicas, por ejemplo, el importante aumento evidenciado entre 1994-2014 en el número de publicaciones con mujeres como primer autor (de 27 % a 37 %) (Gabster et al., 2020), se vio afectado durante la pandemia. Un estudio, liderado por la Universidad de Michigan, mostró que, en el 2020, este porcentaje había disminuido en un 14 % comparado con el año 2019 y la diferencia fue mayor en los meses de marzo y abril (23 %) comparado con el mismo periodo en el 2019 (Andersen et al., 2020) (Fig. 2).

cional con respecto a investigadoras de países de ingresos medios.

Otro impacto negativo de la pandemia se ha visto en la baja participación de las mujeres en investigación sobre COVID-19. Un estudio que revisó aproximadamente 1200 artículos científicos, reveló que las mujeres representaban solo el 34 % de todos los autores, sin tomar en cuenta la posición en la autoría. El porcentaje fue más bajo para mujeres como primer o último autor (29 % y 26 %, respectivamente) (Pinho-Gomes et al., 2020). De la misma forma, un estudio realizado por la Universidad de Cambridge demostró que las mujeres constituyen solo un 12 % del número total de autores que están investigando y publicando sobre temas económicos relacionados con la COVID-19 (Amano-Patiño et al., 2020).

Los datos presentados muestran un evidente incremento en la brecha



**Figura 2.** Comparación de la proporción de participación de mujeres en publicaciones durante el año 2019 y 2020 (Andersen *et al.*, 2020).

En este último año se observa un crecimiento en el número de autores hombres, comparado con el de mujeres. A esto se suma que la mayoría de las autorías son de profesionales afiliados a instituciones en países de ingresos altos en Europa y la región de Asia Central (Gabster *et al.*, 2020) creando una brecha adientre hombres y mujeres, y la trayectoria profesional de las mujeres científicas está siendo desproporcionadamente afectada por la pandemia. La afectación en la investigación y en productividad científica ha provocado que la representación de las mujeres en roles de liderazgo también se encuentre infrarrepresentada. Aun-

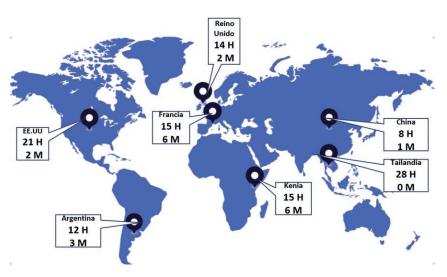
que suene paradójico, a pesar de que aproximadamente el 75 % del personal sanitario de primera línea son mujeres, el Comité de Emergencia de la Organización Mundial de la Salud para COVID-19 solo cuenta con el 24 % de representación femenina (Fernández-Luis et al., 2020) (Fig. 3). Más aún, un estudio que analizó la composición de los comités de expertos en respuesta a la pandemia de varios países, llegó a la conclusión que, en general, la representación de las mujeres es limitada e, incluso, en algunos países, estos comités solo están conformados por hombres (Rajan et al., 2020) (Fig. 4).

# ¿Cuál ha sido el efecto en las mujeres científicas en Ecuador?

Si bien los efectos generales de la pandemia aún no han sido evaluados, existe información que nos permite analizar ciertas tendencias. Por ejemplo, antes de la pandemia, los altos cargos a nivel académico tenían una representación de apenas 18 % de mujeres, con una alta participación en gestión, pero poco en decisión (SENESCYT, 2015). En abril del 2020, la Red Ecuatoriana de Mujeres Científicas realizó un estudio a nivel nacional para comprender el impacto de la cuarentena por COVID-19 en los aspectos personal y laboral de los investigadores (hombres y mujeres) en Ecuador. A pesar de que la diferencia no es tan grande, en esta encuesta se evidencia que un mayor porcentaje de hombres mantenían un contrato fijo a tiempo completo en comparación a las mujeres (76 % vs. 73 %), y un mayor porcentaje de mujeres tiene la percepción de que la situación laboral empeorará después de la crisis (43 % vs 40 %). A nivel de publicaciones, tanto hombres como mujeres han sufrido un impacto similar; sin embargo, se observa un impacto diferente en la investigación. Un mayor



**Figura 3.** Porcentaje de participación de mujeres en respuesta a la pandemia (Fernández-Luis, *et al.* 2020)



**Figura 4.** Representación de hombres (H) y mujeres (M) en grupos de expertos de varios países a cargo de la toma de decisiones durante la pandemia del COVID-19 (Rajan *et al.*, 2020).

porcentaje de mujeres han paralizado sus investigaciones (31 % en mujeres vs. 22 % en hombres), mientras que los hombres han logrado encontrar alternativas para continuar con sus proyectos (REMCI, 2020). ¿Qué podría explicar esta tendencia? Probablemente la respuesta está al analizar la desigualdad en la distribución del tiempo destinado al cuidado y tareas domésticas entre hombres y mujeres. En esta encuesta, las mujeres se encargan de la mayoría de tareas en el hogar. Además, reportan una dedicación de más de 3 horas diarias a los quehaceres domésticos y cuidado de adultos mayores (REMCI, 2020).

Estos datos solo demuestran que, tanto a nivel nacional como internacional, la voz de las mujeres científicas no está siendo escuchada y parecería que estamos perdiendo terreno en un momento clave y en un ámbito en el que nos ha costado mucho abrirnos un espacio. Que

las mujeres estén realizando menos investigación en COVID-19 significa que las decisiones que se están tomando están basadas en visiones parciales y, por lo tanto, las acciones serán menos efectivas. En crisis sanitarias pasadas se ha demostrado que las mujeres aportan con perspectivas distintas y asumen con mayor liderazgo las necesidades diferenciadas de las mujeres. Frente a este problema real, ¿qué medidas han tomado las universidades y centros de investigación a nivel mundial?

### Propuestas de acciones afirmativas para instituciones de educación superior y centros de investigación

Es fundamental que las instituciones de educación superior y los centros de investigación generen políticas institucionales que tomen en cuenta las brechas de género, en especial en tiempos de crisis y que implementen

medidas que intenten reducirlas. Algunas posibles alternativas que podrían ser consideradas son:

- Mantener o incrementar el tiempo destinado a investigación de las mujeres académicas con el objetivo de que no se pierda su voz en tiempos de crisis.
- Crear espacios de opinión y debate con la participación de mujeres expertas en las diferentes áreas de impacto de la crisis.
- Mayor participación de las mujeres en posiciones de toma de decisiones tanto a nivel administrativo como académico.
- Apoyar y llevar a cabo investigaciones, dentro del ámbito universitario, que visibilicen el efecto de la pandemia en la profundización de las brechas de género, de tal manera que la toma de decisiones institucionales considere las características específicas de las mujeres.
- · Considerar las lecciones aprendidas de esta y otras pandemias bajo una perspectiva de género para la formulación de políticas institucionales frente a futuras crisis.
- Flexibilización en el manejo de tiempo en teletrabajo que permita compaginar el cuidado y tareas del hogar con carga de trabajo para que esto no signifique un deterioro de la salud mental y física de las mujeres académicas.
- Tomar en cuenta la perspectiva de género en las evaluaciones a los docentes e investigadores durante la pandemia de modo que las mujeres académicas no se vean perjudicadas al momento de una promoción en su trabajo.
- Apoyo a investigadoras que están iniciando su carrera, con el objetivo de que, en tiempo de crisis, no se pierda una cohorte completa de académicas.

• Incrementar plazas de trabajo para mujeres dentro de las instituciones para reducir el impacto desproporcionado de la pandemia en la situación laboral de las mujeres.

### Literatura consultada

- Amano-Patiño, N., E. Faraglia, C. Giannitsarou and Z. Hasna (2020). The Unequal effects of COVID-19 on economists'research productivitv. C.-I. Institute, Institute for New Economic Thinking, University of Cambridge.
- Andersen, J. P., M. W. Nielsen, N. L. Simone, R. E. Lewiss and R. Jagsi (2020). "COVID-19 medical papers have fewer women first authors than expected." Elife 9.
- Becerra, O., M. Eslava, M. Fernandez, M. Isaacs and D. Perez-Reyna (2020). Empleo femenino durante la crisis del COVID-19. N. M. N. 28, Universidad de los Andes.
- Derrick, G. E., A. Jaeger, P. Y. Chen, C. R. Sugimoto, T. van Leewen and V. Lariviere (2019). Models of parenting and its effect on academic productivity: Preliminary results from an international survey. Proceedings of the 17th International Conference on Scientometrics & Informatics, International Society for Infometrics and Scientometrics: 1670-1676.
- Fernández-Luis, S., E. Marbán Castro, L. Pajín Iraola, B. Saavedra Cervera and S. M. Soto González (2020). COVID-19 y estrategia de respuesta. ¿Qué sabemos del impacto de género en la pandemia de la COVID-19?, Instituto de Salud Global Barcelona
- Gabster, B. P., K. van Daalen, R. Dhatt and M. Barry (2020). "Challenges for the female academic during the COVID-19 pandemic." Lancet 395(10242): 1968-1970.
- García, K. and N. Tello (2012). El Tiempo de Ellas y Ellos: Análisis

- de la Encuesta Específica de Uso de Tiempo 2012, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).
- Magua, W., et al. (2017). "Are Female Applicants Disadvantaged in National Institutes of Health Peer Review? Combining Algorithmic Text Mining and Qualitative Methods to Detect Evaluative Differences in R01 Reviewers' Critiques." J Womens Health (Larchmt) 26(5): 560-570.
- Pinho-Gomes, et al. (2020). "Where are the women? Gender inequalities in COVID-19 research authorship." BMJ Glob Health 5(7).
- Rajan, D., et al. (2020). "Governance of the Covid-19 response: a call for more inclusive and transparent decision-making." BMJ Glob Health 5(5).
- REMCI (2020). Situación de científicos ecuatorianos durante la crisis COVID-19, REMCI-Red Ecuatoriana de Mujeres Científicas https://doi.org/10.6084/ Figure. m9.figshare.12440048
- Schiebinger, L., A. D. Henderson and S. K. Gilmartin (2008). Dual-Carrer Academic Couples: What Universities Need to Know. Standford, USA, The Michelle R. Clayman Institute for Gender Research at Standford University.
- SENESCYT. (2015). "Participación femenina en la Educación Superior." Boletín de prensa Nº 066 Retrieved 09-03, 2020, from https:// www.educacionsuperior.gob.ec/ participacion-femenina-en-la-educacion-superior/.
- Witterman, H. O., M. Hendricks, S. Straus and C. Tannenbaum (2019). "Are gender gaps due to evaluations of the applicant or the science? A natural experiment at a national funding agency." Lancet 393: 531-540.

# Aplicar Inteligencia Artificial para acelerar la resolución de problemas científicos

Por Dra. Lorena Meneses Olmedo, M. Sc. Sebastián Cuesta Hoyos Laboratorio de Química Computacional, Escuela de Ciencias Químicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, PUCE (Immeneses@puce.edu.ec), (sebas\_c89@hotmail.com)

as ciencias básicas, como la química, biología, física y matemática, son áreas que generan una gran cantidad de datos e información compleja, que muchas veces no está bien estructurada y no se ha logrado comprender bien [1]. Gracias a los pasos agigantados (exponenciales) a los que avanza la tecnología, estas ciencias han logrado entender más procesos y lograr un mayor desarrollo en las últimas décadas de lo que se había logrado en cientos de años.

En cuanto a la química, con el uso de computadoras se ha logrado tener un mejor entendimiento de los procesos químicos debido, en primera instancia, a la facilidad de obtener la información, que permiten realizar búsqueda bibliográfica en menor tiempo, pero también al desarrollo de programas computacionales capaces de predecir propiedades físicas y químicas de moléculas, identificar estructuras elucidar mecanismos químicas, de reacción, encontrar estados de transición y sintetizar nuevos catalizadores y medicamentos [1]. Las computadoras han permitido que todos estos avances se puedan realizar en tiempos más cortos y a un costo menor.

Todo esto ha sido posible gracias a la creación de diferentes algoritmos; en especial, los basados en la inteligencia artificial y aprendizaje automático. El aprendizaje automático es una rama de la informática dedicada al desarrollo de algoritmos, capaces de aprender y tomar decisiones sobre datos complejos. El proceso de aprendizaje involucra tareas específicas, clasificándose en aprendizaje supervisado y no supervisado. El aprendizaje supervisado establece una relación ya sea lineal o de otro tipo, entre los datos de entrada y salida, mientras que el aprendizaje no supervisado busca patrones o características ocultas en los datos, sin tener información previa de características o interrelaciones.

Aunque el nacimiento de esta rama se produjo en la década de 1960, su utilización y evolución se ha potenciado en los últimos años. En tan solo 10 años, estudios donde se aplica la inteligencia artificial han aumentado de 100 a 8000 en el 2018 [1].

Adaptar la inteligencia artificial a la química ha permitido descubrir nuevas estructuras, comprender de mejor manera la gran cantidad y complejidad de los datos químicos y repensar cuáles son los siguientes pasos que hay que seguir para resolver preguntas que han estado ahí durante siglos.

### **Modelos QSAR**

Dentro de las aplicaciones más usadas se encuentran la creación de modelos cuantitativos de estructura y actividad (QSAR por sus siglas en inglés), síntesis y diseño racional de moléculas estables con propiedades deseadas para ser usadas como fármacos, minería de datos, predicción de toxicidad de moléculas y exploración guiada del espacio químico, acelerando así los descubrimientos en química orgánica, farmacéutica y medicinal de una manera económica, segura y sostenible.

Los modelos QSAR son ampliamente usados en el proceso de descubrimiento de nuevos medicamentos. Estos miden cómo afectan los diferentes cambios realizados a una molécula en la interacción con su objetivo biológico. De esta manera, se puede obtener la combinación óptima para crear una molécula con las mejores propiedades posibles. Si se conoce cómo interacciona el medicamento con su objetivo biológico, es posible extraer las diferentes características de esta interacción que incluye enlaces de hidrógeno, interacciones hidrofóbicas, puentes salinos, entre otros. Con esto se puede crear modelos de farmacóforos, que permiten hacer el barrido de bases de datos donde se obtendrán compuestos que, aunque estructuralmente pueden ser muy diferentes, sus características hacen posible que exista una interacción con el objetivo biológico.

También se puede realizar un modelo QSAR a partir de una base de datos experimental. Teniendo en

cuenta la estructura molecular y una medición de su efectividad contra cierta enfermedad, se pueden utilizar varios programas computacionales que son capaces de calcular descriptores moleculares tanto de su estructura en 2D como de la 3D. Con esta gran cantidad de datos, los algoritmos de aprendizaje automático con técnicas de regresión lineal y árboles aleatorios pueden reconocer y extraer los descriptores, que son clave para describir el comportamiento experimental encontrado y así crear un modelo que sea lo suficientemente robusto para predecir la afinidad que puedan tener nuevas moléculas. Una vez que se obtiene el modelo, se puede realizar un barrido de las bases de datos conteniendo millones de moléculas, identificando así posibles candidatos que puedan combatir la enfermedad de una manera más eficiente o con menos efectos secundarios.

Estos modelos también han sido utilizados para evaluar la toxicidad de compuestos químicos. La lesión hepática inducida por medicamentos es una de las causas más frecuente del retiro de medicamentos del mercado. Adicionalmente, durante el desarrollo de nuevas moléculas, los problemas de seguridad son la causa principal para que una molécula no llegue al mercado. Técnicas de aprendizaje profundo, otra rama de la inteligencia artificial que usa redes neuronales artificiales, han sido exitosas en crear modelos predictivos, debido a su alta capacidad de aprendizaje automático y toma de decisiones autónoma. En un estudio, Xu y colaboradores crearon un modelo de predicción de compuestos tóxicos [2]. Con esto, solo es necesario correr el modelo en un candidato de fármaco, para saber en pocos minutos si la molécula va a ser tóxica o no, ahorrando tiempo y costos de síntesis de la molécula.

### AlphaGo y su aporte a las ciencias básicas

La empresa Deepmind Technologies, que fue adquirida por el gigante informático Google, fue la creadora del programa AlphaGo. Esta herramienta usa técnicas de inteligencia artificial para jugar el famoso juego asiático de estrategia GO (Figura 1). El algoritmo es tan poderoso, que logró competir y convertirse en Máster, título que es otorgado a grandes jugadores. Ha ganado a los mejores jugadores del mundo, incluido el koreano Lee Sedol, quien solo logró ganarle una partida en los cinco juegos disputados, siendo el único ser humano en ganarle al programa.

AlphaGo Zero fue la segunda generación de este programa, seguido de AlphaZero, que es capaz de jugar otros juegos de mesa como shogi o ajedrez. El algorit-

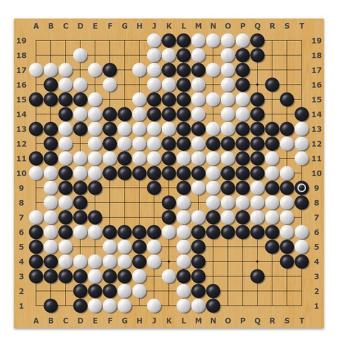


Figura 1. Juego de mesa Go.

mo que usa el programa está basado en un árbol de Monte Carlo, que va tomando decisiones en base a un conocimiento previamente adquirido en la fase de entrenamiento [3]. Por medio de su red neuronal artificial (Figura 2), el programa es capaz de aprender de cada jugada en cada juego y así tomar mejores decisiones a medida que vuelve a jugar.

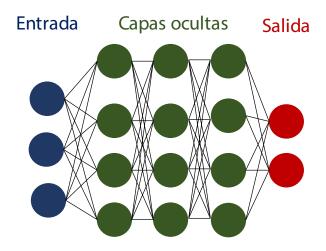


Figura 2. Red neuronal artificial

Este programa ha sido usado para resolver dos grandes problemas en las áreas de química y biología: El primero es en la elaboración de rutas de síntesis de compuestos de interés, y el segundo, en predecir la estructura tridimensional de proteínas.

### Síntesis orgánica

La síntesis de moléculas orgánicas sigue siendo una de las tareas más importantes en química orgánica. Ser capaz de crear una ruta sintética requiere el conocimiento de las reglas básicas, experiencia y sobre todo tiempo. Los químicos a menudo trazan una serie de reacciones químicas complejas, bajo una variedad de condiciones experimentales para formar una molécula. Tal planificación implica mucho ensayo y error, con innumerables horas dedicadas a consultar la literatura, antes incluso de intentar la síntesis. Normalmente, para crear un compuesto, los químicos orgánicos trabajan de forma reversa en un proceso llamado retrosíntesis (Figura 3) [4].

mienta han sido comparadas con reacciones hechas por expertos en la materia. El programa fue entrenado con todas las reacciones orgánicas de un paso conocidas (12,4 millones), con las que toma decisiones de cuál es la mejor ruta que se debe seguir en la síntesis de determinado compuesto [3,5].

Otro software, 3N-MCTS, usó el mismo principio de los árboles de Monte Carlo, para decidir cuál es la mejor ruta sintética de compuestos orgánicos de interés [6]. Al igual que Chematica, las redes neuronales profundas del programa se entrenaron con todas las reacciones orgánicas reportadas hasta la fecha en química orgánica. Este tipo de algoritmo ha demostrado ser 30

jo la misma ruta de síntesis para un benzopirano sustituido estudiado para tratar el Alzheimer, en tan solo 5,4 segundos [3].

### Plegamiento de proteínas

Las proteínas son unas de las biomoléculas más importantes y son esenciales para la vida como la conocemos. Las proteínas son polímeros, donde su unidad funcional es el aminoácido. Todas las proteínas están formadas por una combinación de tan solo 20 aminoácidos. Las proteínas cumplen una infinidad de funciones, entre las que se encuentran catalizar reacciones químicas (enzimas), regular sustancias como la glucosa en el cuerpo, defender al organismo contra agentes

Figura 3. Síntesis de clonazepam.

El uso de inteligencia artificial ha permitido identificar el método de síntesis más adecuado, incluyendo condiciones, así como reactivos de partida, para producir un compuesto específico con el mayor rendimiento posible. Uno de estos programas es la plataforma Chematica, que usa teoría de redes, inteligencia artificial, conocimiento en química orgánica, alta capacidad computacional y una gran base de datos, para facilitar y acelerar el diseño de rutas sintéticas que conducen a nuevas moléculas. Este programa es capaz de examinar millones de reacciones químicas para planificar una síntesis en cuestión de segundos. Las vías que sugiere la herraveces más rápido que algunos de sus predecesores. El programa fue sometido a un ensayo doble ciego, donde 45 alumnos de postgrado en química orgánica en Alemania y China tuvieron que elegir entre dos rutas sintéticas, para llegar a un producto determinado en base a la facilidad de síntesis y su experiencia. El 57 % de las veces, los estudiantes escogieron la ruta diseñada por el programa vs la que se encuentra en la literatura. Adicionalmente, el programa compitió contra químicos orgánicos experimentados para producir rutas sintéticas, donde no se encontró diferencias significativas entre ambas rutas [5,6]. En la última prueba, el algoritmo produpatógenos (anticuerpos), replicación del ADN, funciones estructurales, de transporte, entre otras.

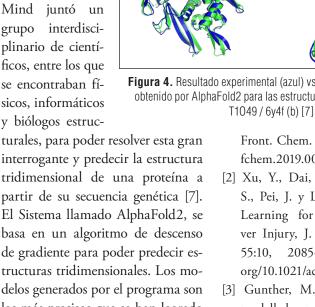
La función de las proteínas depende en gran medida de la estructura tridimensional que forma la secuencia de aminoácidos. El proceso físico de pasar de una cadena lineal de aminoácidos a una estructura tridimensional se conoce como plegamiento de proteínas. Este es un proceso reversible, en el cual una secuencia determinada de aminoácidos forma una estructura tridimensional única, que es consistente y que le permite a la proteína ejercer su función. Por ejemplo, aunque el colágeno y las inmunoglobulinas son formadas por los mismos 20

aminoácidos, la diferencia en su secuencia hace que el uno tenga una forma de cordón que permite crear tensión, mientras que el otro forma una Y que protege a nuestro cuerpo de patógenos. Por lo tanto, el hecho de conocer la secuencia de aminoácidos de una proteína no da información alguna sobre su estructura tridimensional [7].

Entre más grande es una proteína, más complicado se vuelve poder conocer su estructura tridimensional, ya que hay que tomar en cuenta más interacciones entre los aminoácidos. Según la paradoja de Levinthal, si una proteína se plegara al azar, tomando en cuenta todas las configuraciones posibles, el tiempo necesario sería mayor a la edad que tiene el universo conocido. En la vida real, una proteína se pliega en milisegundos

Debido a la gran funcionalidad que tienen las proteínas en el cuerpo, muchas enfermedades están ligadas a estas. Errores en el plegamiento de las proteínas causan la inactivación de la proteína, lo que provoca que no se lleve a cabo el objetivo por el cual fue creada. Entender este proceso puede llevar a comprender la causa de enfermedades degenerativas como el Alzheimer, Parkinson, Creutzfeldt-Jakob, Huntington, Gaucher, entre otras y a crear posibles tratamientos. La estructura tridimensional es tan importante que, con base en esta, se puede predecir su posible función dentro de una célula y así desarrollar fármacos que sean selectivos. Esto también puede ayudar a tener una mayor comprensión del cuerpo humano y de ciertos procesos biológicos. Comprender cuál será la estructura tridimensional que tomará una secuencia de aminoácidos determinada, es una de las preguntas más importantes de la biología estructural en las últimas décadas.

Gracias a los avances en la inteligencia artificial, la empresa Deep Mind juntó un grupo interdisciplinario de científicos, entre los que se encontraban físicos, informáticos y biólogos estruc-



los más precisos que se han logrado obtener en los últimos 40 años, alcanzando un hito en la biología. La red neuronal desarrollada para AlphaFold2 permite predecir distancias y ángulos entre aminoácidos. El sistema fue entrenado con una base de datos que contiene alrededor de 170 mil estructuras proteicas. Las estructuras predichas por AlphaFold2 alcanzaron un puntaje de 90/100 ganando la décimo cuarta edición de la competición de Evaluación crítica de las técnicas para la predicción estructural proteica (CASP por sus siglas en inglés). Alphafold2 alcanzó un puntaje mucho mayor al obtenido por su predecesor, en el CASP13, considerándose una solución para el problema. El error entre la estructura experimental y la calculada se encuentra alrededor de los 1,6 amstrongs (Figura 4).

### Referencias

[1] Cova TFGG and Pais AACC (2019). Deep Learning for Deep Chemistry: Optimizing the Prediction of Chemical Patterns.

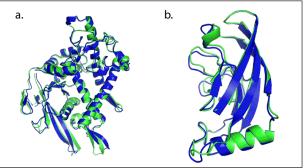


Figura 4. Resultado experimental (azul) vs computacional (verde) obtenido por AlphaFold2 para las estructuras T1037 / 6vr4 (a) y

- Front. Chem. 7:809. doi: 10.3389/ fchem.2019.00809
- [2] Xu, Y., Dai, Z., Chen, F., Gao, S., Pei, J. y Lai, L. (2015). Deep Learning for Drug-Induced Liver Injury, J. Chem. Inf. Model. 55:10, 2085-2093, https://doi. org/10.1021/acs.jcim.5b00238
- [3] Gunther, M. (2017). Algorithm modelled on Google's AlphaGo beats chemists at their own game. Chemistry World, https://www. chemistryworld.com/news/algorithm-modelled-on-googles-alphago-beats-chemists-at-their-owngame/3007895.article
- [4] Franck Peiretti, F. y Brunel, J.M. Artificial Intelligence: (2018).The Future for Organic Chemistry? ACS Omega, 3:10, 13263https://doi.org/10.1021/ 13266, acsomega.8b01773
- [5] Else, H., (2018). Need to make a molecule? Ask this AI for instructions, Nature News, https://doi. org/10.1038/d41586-018-03977-w
- [6] Segler, M., Preuss, M. y Waller, M. (2018). Planning chemical syntheses with deep neural networks and symbolic AI, Nature 555, 604-610, https://doi.org/10.1038/nature25978
- [7] Senior, A., Jumper, J., Hassabis, D. y Kohli, P. (2020). AlphaFold: Using AI for scientific discovery, https://deepmind.com/blog/article/ AlphaFold-Using-AI-for-scientificdiscovery



Por Rommel Montúfar Ph. D.¹, Thomas L.P. Couvreur Ph. D.¹., Michael Ayala Ayala Ph. D.³, David Romero-Estévez M. Sc.¹, Claudia Segovia-Salcedo Ph. D.⁴, Karina Proaño Ph. D.⁴, Álvaro Rivera M. Sc.⁵, Fernando Rivas Ph. D.⁵

¹ Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales / CESAQ, Av. 12 de Octubre 1076 y Roca, Quito.
 ² Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UMR-DIADE, BP 64501, F-34394 Montpellier cedex 5, France.
 ³ Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. Jerónimo Leyton s/n y Gato Zobral. Quito. Apartado 170521
 ⁴ Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura. Av. Rumiñahui s/n
 ⁵ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Recursos Naturales, Panamericana Sur km 1 ½. Riobamba. Código Postal EC060155

(rjmontufar@puce.edu.ec), (thomas.couvreur@ird.fr), (mayalaa@uce.edu.ec), (dfromero@puce.edu.ec), (mcsegovia@espe.edu.ec), (kiproanio@espe.edu.ec), (alvaro.rivera@espoch.edu.ec), (fernando.rivas@espoch.edu.ec)

No soy para ti más que un zorro parecido a otros cien mil zorros.
Pero, si me domesticas, tendremos necesidad uno del otro.
Tú serás para mí único en el mundo...
Yo seré para ti único en el mundo...

¿Qué significa «domesticar»? Es algo demasiado olvidado – dijo el zorro. Significa "crear lazos..."

*El Principito*, Antoine de Saint-Exupéry

l Neotrópico constituye un importante centro de diversificación de palmeras con más de 730 especies en 65 géneros (Henderson et al., 1995; Dransfield et al., 2008). De esta enorme diversidad, apenas una especie de palmera ha sido totalmente domesticada desde los tiempos precolombinos: la chonta o chontaduro (Bactris gasipaes var. gasipaes Kunth;

Clement 1988). La chonta no es, quizá, la especie con la morfología más vistosa dentro de las palmeras americanas, ya que hay especies con mayor significado estético; pero los pueblos ancestrales de las Américas escogieron los frutos de esta palmera, por razones que todavía no hemos terminado de develar, para domesticarla, adaptarla y crear una sorprendente agro-diversidad a lo largo de su área de distribución. La chonta es la más pura expresión

del arte de la domesticación, un ejercicio de paciencia, conocimiento ancestral y lazos culturales que históricamente han desarrollado los pueblos de las Américas.

En la actualidad, la chonta constituye una importante fuente de alimentación en las regiones rurales y urbanas del trópico. Los frutos de esta palma proveen de carbohidratos, lípidos y otros componentes menores, así como de varios servicios ecosistémicos. Destaca entre

ellos su incorporación simbólica en la representación del mundo indígena. Las profundas raíces del colonialismo han desvalorizado a la chonta, llegando a ser llamada despectivamente "frutos de los indios". Esta visión posiblemente haya provocado que la chonta permanezca desplazada de las agendas de investigación, conservación y desarrollo productivo, e inclusive ha llegado a ser considerada por la literatura científica como uno de aquellos cultivos "olvidados o descuidados" (Mora Urpi et al. 1997).

Investigadores de cuatro universidades ecuatorianas (PUCE, UCE, ESPOCH y ESPE) hemos unidos esfuerzos junto al Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo (IRD) para valorizar, a través de la investigación científica multidisciplinar, desde la genómica hasta las ciencias sociales, a este sorprendente recurso vegetal: la chonta.

### Biología general

La chonta es una palma, totalmente, domesticada. Esto implica que su proceso de domesticación se inició de una especie silvestre (pariente silvestre) a partir de la cual se desarrolló un proceso de selección intencional de caracteres, por parte del ser humano. Este proceso seguramente tomó miles de años, hasta generar una amplia diversidad de formas domesticadas (parientes cultivados). En Ecuador podemos encontrar los dos ancestros de la chonta: el pariente silvestre Bactris gasipaes var. chichagui, conocida localmente como chontilla y el pariente cultivado Bactris gasipaes var. gasipaes conocido como chonta o chunda. Ambos, chonta y chontilla son muy parecidos en su morfología: tallos múltiples de 10 a 15 metros de alto, cubiertos de espinas largas; hojas pinnadas también cubiertas por

espinas; inflorescencias péndulas; flores pequeñas (1-2 cm), amarillas y polinizadas por insectos. Sin embargo, la más evidente diferencia entre ambos parientes es el tamaño de sus frutos; característica denominada síndrome de la domesticación. Es así como la chontilla (var. chichagui) tiene frutos pequeños de 1-1.5 cm de diámetro, esféricos, con poca pulpa y de color anaranjado, mientras que la chonta (var. gasipaes) tiene frutos de 3-12 cm de diámetro (Figura 1), mucho más pesados que sus parientes silvestres (hasta 200 veces más) y muy variados en formas y colores (Clement et al. 2021). Adicionalmente, la chontilla crece en la parte central y sur de la costa de Ecuador (regiones menos lluviosas), en remanentes de vegetación; mientras que la chonta (var. gasipaes) crece en lugares de alta precipitación y está presente en el noroccidente y en la región Amazónica de Ecuador donde llega a adaptarse hasta aproximadamente los 1500 m de altitud.

### ¿Cuándo y dónde se inició la domesticación de la chonta?

El proceso de domesticación de la chonta sigue siendo especulativo. Se sugiere que los procesos de domesticación en los neotrópicos surgieron a partir del Holoceno, hace unos 10 000 años antes de la presente (AP); por ejemplo, conocemos que la domesticación del maíz se inició hace 9000 años en Mesoamérica (Clement et al. 2021). Probablemente, el humano inició la domesticación de la chonta más recientemente, ya que las primeras evidencias de suelos antrópicos y policultivos en la Amazonia datan de 2650 AP (Ríos et al. 1998).

Pero ¿dónde inició este proceso? Una hipótesis apoya la ocurrencia de un solo evento de domesticación inicial en el suroeste de la Amazonia y sostiene una dispersión posterior, realizada por humanos en la Amazonia occidental y posiblemente en América Central. Esto permitió eventos de domesticación secundarios, a través de la hibridación con poblaciones silvestres residentes y presiones diferenciales de selección humana, lo que resultó en la diversidad de las variedades locales actuales (Galluzzi et al. 2015).

Durante la domesticación de la chonta se seleccionaron varios caracteres útiles para los humanos. Los

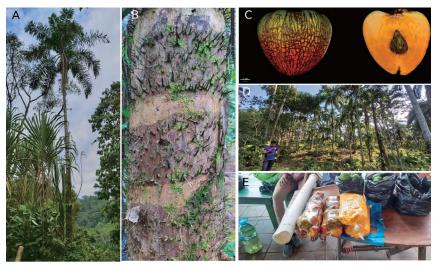


Figura 1. Bactris gasipaes var. gasipaes (chonta). A. Individuo adulto domesticado; B. Tallos recubiertos por espinas, en franjas; C. Fruto; D. Sistema agroforestal con chonta en la Amazonia Ecuatoriana; E. Comercialización en el mercado de El Coca de productos de chonta: palmito, frutos cocinados y harina.

frutos fueron claramente el objetivo primario de la domesticación y en particular, las características como el volumen, la concentración de almidones, de lípidos, y componentes menores. El color del fruto de la chonta potencialmente constituiría también un carácter de domesticación. Los frutos domesticados pueden variar desde el negro, verde, amarillo, rojo, anaranjado, blanco y con múltiples combinaciones; mientras que la chontilla es solamente rojo-anaranjada (Figura 2). También se observan otros caracteres de interés más allá de los frutos; en particular, la ausencia de espinas en los tallos. La mayoría de chontas tiene tallos cubiertos de espinas sólidas; sin embargo, en la amazonía ecuatoriana hemos observado chontas con espinas flexibles y también sin espinas, lo cual constituye una variante domesticada que facilita la cosecha de sus frutos. Otros caracteres que pudieron haber sido priorizados son el tamaño del individuo, su naturaleza multicaule y su adaptación a diferentes suelos y altitudes. Por lo anteriormente expuesto, la domesticación es un proceso biológicamente enigmático que vincula al ser humano con la biodiversidad circundante. ¿Por qué una especie silvestre le entrega al ser humano su destino evolutivo hasta depender de él? Se ha reportado en otros países del neotrópico, que el proceso de domesticación de la chonta llega a ser tan extremo, que existen variedades que ya no producen semillas, dándole la potestad al ser humano a dirigir su reproducción (vía reproducción vegetativa).

# Etnobotánica y Botánica económica de la chonta en Ecuador

Actualmente, la chonta constituye un elemento clave de la soberanía y seguridad alimentaria para





**Figura 2.** Bactris gasipaes var. chichagui (chontilla). A. Comencialización de frutos de chontilla cerca de la localidad de Quevedo; B. Frutos de chontilla son todavía utilizados en la gastronomía local del litoral ecuatoriano.

los pueblos indígenas y mestizos de la Costa y la Amazonia del Ecuador. Los frutos son utilizados de diversas formas, unas veces son cocinados y consumidos directamente, en otras ocasiones son utilizados para la elaboración de la tradicional chicha de chonta, la cual es motivo de importantes celebraciones durante los meses de abundante cosecha (generalmente a mediados de abril, pero varía de acuerdo a la localidad). Los frutos tanto crudos como cocinados son vendidos en los mercados de las ciudades incluidas en este estudio (Tena, Puyo, El Coca, Lago Agrio, Archidona). Generalmente, la chonta fresca se vende en racimo tal como sale de la planta, en tanto que los frutos cocidos se comercializan para consumo inmediato o transformado en una harina húmeda o pasta fermentada que sirve para preparar la chicha. La chicha de chonta, como bebida alcohólica y no alcohólica, constituye una importante fuente de alimentación y un símbolo cultural de abundancia y fertilidad para los indígenas amazónicos. En nuestro estudio fuimos informados sobre variedades específicas de chonta que son más apreciadas para hacer la chicha, por su color intenso, así como también por el sabor y el espesor de la bebida que proviene de tales frutos (Figura 3).

Los agricultores nos reportaron que ellos tumban tallos de chontaduro de individuos maduros para ser utilizados como medios de



**Figura 3.** Diversidad de frutos de *Bactris gasipaes* var. *gasipaes (chonta)*. La Amazonia ecuatoriana alberga una enorme diversidad de frutos de chonta que varían fenotípicamente por su color, volumen, peso, morfología; y en la composición de lípidos, tocoferoles y esteroles.

cultivo para las larvas del coleóptero (Rhynchophorus palmarum). La larva, conocida como chontacuro o mayón o puntish es ampliamente consumida en la región amazónica. De igual forma, miembros de las comunidades de campesinos productores mencionan que eventualmente consumen directamente el palmito de chonta. Es usual la preparación del ayampaco o maito elaborado con palmito picado y pescado de producción local, envuelto en hoja de bijao y cocido sobre carbón. El palmito es un alimento que consiste en las hojas apicales jóvenes de varias palmas, pero en especial de la chonta ("palm heart" en inglés), el cual es un producto de sabor y textura muy agradable y versátil para la preparación de platos, tanto crudo como en conserva. El palmito es un producto que se comercializa ampliamente en el país y que también se exporta. El palmito en conserva generó más de USD 61 millones en exportaciones y más de 30000 toneladas en 2018 (PROECUADOR; https://www. proecuador.gob.ec/monitoreo-deexportaciones/). El agro-negocio del palmito se basa en plantaciones comerciales de la chonta ubicadas en la Costa y Amazonia de Ecuador.

Para Ecuador, la conservación y manejo de la chonta son temas aún más estratégicos. Además del importante rol del chontaduro como fuente de almidones, lípidos y componentes menores en la dieta de los ecuatorianos, la industria de exportación de palmito se desarrolla exitosamente sobre los individuos de chonta. Esta especie, además, se adapta a los complejos diseños agroforestales amazónicos y de las tierras bajas occidentales del Ecuador, en donde contribuye con servicios ambientales importantes al integrarse amablemente con cultivos alimentarios como el plátano, la yuca, el café, el maíz y el fréjol. La importancia de este cultivo va más allá de la alimentación directa para los humanos, pues una mujer de una comunidad amazónica nos relata que la fructificación es tan abundante que alimenta tanto a su familia como a la fauna silvestre. Agrega, además, que, en tiempo de cosecha, los frutos de la chonta atraen animales de caza, por lo tanto, es recomendable plantarla algo cerca del hogar para no tener que ir muy lejos a cazar. Sin embargo, nos advierte que tampoco se debe plantar demasiado cerca porque un fuerte viento podría lanzar la palma sobre el techo de las viviendas. Diversas historias se tejen alrededor de la chonta, historias de abundancia y fecundidad. La presencia de la chonta constituye, con su particular estética, el indicador indiscutible de la presencia humana en medio del bosque.

### Secuenciación del genoma de la chonta

Una etapa importante para estudiar la diversidad y la evolución de la chonta es la secuenciación de su genoma, información que nos permite extraer datos para entender su proceso de domesticación. Hasta la actualidad, no se conocía mucho sobre el genoma de la chonta. Un estudio basado en citometría de flujo cuantificó la masa del ADN (C-values) de la chonta entre 10 y 20 mil millones de pares de bases (Gbp), lo cual constituye una cantidad descomunal de ADN (Gunn et al. 2015). Como referencia, el tamaño del genoma humano es de ~ 3.1 Gpb.

Por este motivo, en nuestro proyecto de investigación procedimos a realizar la secuenciación del genoma de la chonta. Recolectamos el ADN de un individuo cultivado cerca de la localidad de Mashpi (propiedad de Alejandro Solano). El objetivo fue capturar el ADN más fresco posible, lo que se logró a través de la colecta de una hoja muy joven (en estado de palmito), la cual fue colocada en nitrógeno líquido y transportada inmediatamente a la PUCE, donde se inició el proceso de extracción del ADN. El primer análisis con este ADN de alta calidad fue la secuenciación preliminar (plataforma HiSeq) para evaluar el tamaño del genoma. En contraste al estudio de citometría de flujo citado previamente, el tamaño de nuestro individuo estaba en apenas 3.8 Gpb, similar al tamaño del genoma humano. Con la información derivada del secuenciamiento inferimos que el genoma de la chonta no era tan grande como lo anticipamos y que, además, era diploide (cromosomas emparejados). Esta fue una noticia positiva que nos motivó para seguir con un secuenciamiento más detallado de la especie. Un dato llamativo de nuestro análisis fue la existencia de numerosas regiones repetidas del genoma, lo cual puede causar problemas para el ensamblaje final del genoma de la chonta. La próxima etapa es secuenciar el genoma y para ello, más datos ya están en proceso de secuenciación.

### Diversidad genética de la chonta

El conocimiento de la variabilidad genética del chontaduro de las poblaciones del Litoral y Amazonia ecuatoriana nos permitirá comprender la evolución de las poblaciones domesticadas y su relación con las variedades silvestres (Couvreur et al. 2005). De igual manera nos ayudará a conocer los niveles de diversidad alélica, y endogamia de las poblaciones domesticadas (B. gasipaes var. gasipaes), y el flujo génico

con sus congéneres silvestres (B. gasipaes var. chichagui). Adicionalmente, estos datos nos ayudarán a clarificar las relaciones evolutivas de esta especie con sus especies hermanas, B. setulosa, B. macana y B. riparia. Hasta el momento hemos seleccionado a los marcadores moleculares microsatélites (simple sequences repeats, SSRs) desarrollados para especies cercanas evolutivamente a Bactris gasipaes como es el caso de los géneros Elaeis, Phytelephas, y se han realizado análisis de transferabilidad de marcadores. De igual manera, se ha logrado estandarizar el proceso de extracción, cuantificación y amplificación de material genético de las hojas de Bactris con los marcadores seleccionados. El siguiente paso previsto es la realización de un genotipaje, que nos permitirá explorar las bases genéticas de la variabilidad de esta palma.

# Composición lipídica y componentes menores

Las muestras de frutos de la chonta presentaron un gran contenido de grasas, en un rango de 4,3 a 28,4 % (media 12,2 %) en peso; lo cual lo coloca dentro de la clasificación de frutos grasos, ya que comúnmente los frutos tienen

contenidos inferiores al 1 %. Este contenido de grasas es increíblemente variable dentro de una misma especie y explica los diferentes usos que se dan a la chonta (por ejemplo, harina, consumo de fruto cocido, chicha, extracción de aceite, etc.). Estas grasas están conformadas principalmente por ácidos grasos mono insaturados (palmitoleico y oleico), saturados (palmítico y esteárico), ácidos esenciales omega-3 (α-linoleico) y omega-6 (linoleico). La suma de los ácidos mono insaturados y los esenciales presenta una mayor proporción que los saturados (Tabla 1). Estos resultados revelan el potencial, subvalorado, de la chonta en términos de una dieta balanceada. Por otra parte, como componentes minoritarios están los tocoferoles (Vitamina E), los cuales actúan como importantes antioxidantes dentro del cuerpo humano y, por su condición de liposolubles, se encuentran fácilmente disueltos en el contenido de grasas de los frutos de la chonta. La relación aproximada de contenido de los tocoferoles de los compuestos analizados fue de 5:1:1 ( $\alpha$ -tocoferol,  $\beta$ -tocoferol y γ-tocoferol). Teniéndose un valor medio de α-tocoferol de 0,4 mg/

kg (valor mínimo: no detectable; valor máximo: 1,6 mg/kg).

Otros de los compuestos minoritarios importantes son los esteroles, entre estos analizamos la variabilidad de cinco de los principales que pueden ser encontrados en las plantas: sitoesterol,  $\Delta$ -5 avenaesterol, stigmasterol, campesterol y el colesterol, cuya relación aproximada fue de 8:3:2:2:1 respectivamente. El colesterol, siendo el de menor cantidad presente en los frutos analizados, es componente de las lipoproteinas de alta densidad (HDL, por sus siglas en inglés) las cuales poseen varios beneficios para la salud humana y ayudan a la reducción del colesterol total en el organismo. Los demás esteroles vegetales (fitoesteroles), mono y polinsaturados, que para el caso de los frutos de chonta analizados se encuentran en mayor proporción, resultan ser beneficiosos para la salud cuando reemplazan a los ácidos grasos saturados, al impedir su absorción de las grasas en el intestino.

Adicionalmente el fruto de la chonta posee un valor promedio (n=80) de 4.66 % de proteína bruta, 1.19 % de fibra, 0.53 % de potasio, 0.14 % de calcio y 0.12 % de fósforo, además de manganeso, azufre y sodio.

Tabla 1. Proporciones de ácidos grasos, tocoferoles y esteroles analizados en las muestras de mesocarpo de frutos de chonta (n=52).

Perfil lipídico		
Ácido graso	Media (mín-máx) [%]	
Palmítico	32,3 (12,4-49,8)	
Palmitoléico	6,4 (2,1-12,4)	
Esteárico	1,7 (0,5-7,4)	
Oléico	42,3 (3,9-71,5)	
Linoléico	14,4 (3,7-28,9)	
α-Linoléico	2,9 (0,7-7.2)	

Perfil de tocoferoles		
Tocoferol	Media (mín-máx) [%]	
lpha-Tocoferol	68,6 (29,3-97,9)	
β-Tocoferol	13,6 (2,1-62,4)	
γ-Tocoferol	18,6 (3,8-45,9)	

Perfil de esteroles		
Esterol	Media (mín-máx) [%]	
Colesterol	7,0 (0,5-17,4)	
Campesterol	11,0 (5,7-21,5)	
Stigmaesterol	10,7 (1,9-20,2)	
Sitoesterol	54,0 (40,1-74,6)	
Δ5-Avenaesterol	20,9 (7,5-36,9)	

### Microbioma del fruto de la chonta

El fruto de la chonta se caracteriza por una abundante pulpa rica en nutrientes, pero altamente apetecible por los microorganismos; los cuales comprometen su calidad y manejo de postcosecha. En nuestro estudio se aislaron y caracterizaron morfológicamente "in vitro" principales microrganismos asociados a las muestras de frutos colectadas en la Amazonia.

Se aplicaron dos tipos de aislamiento: transferencia del micelio de los frutos colonizados a medios de cultivo in vitro, y aislamiento de segmentos de los frutos colonizados, lavados y desinfectados, y posteriormente transferidos a medios de cultivo. Los resultados preliminares muestran una gran diversidad del microbioma asociado al fruto, con un total de 17 morfotipos. Entre los géneros identificados hasta el momento están Thielaviopsis spp, Cladosporium spp, Fusarium spp, Mucor spp, Peniclillium spp y Trichoderma spp.

### **Perspectivas**

Nuestros hallazgos permiten anticipar nuevas contribuciones de la chonta a la nutrición humana y a los sistemas alimentarios amazónicos y del litoral, robusteciéndolos y enriqueciéndolos. Además, la incorporación de esta especie a través de los sistemas agroforestales coadyuva a la construcción de resiliencia en el contexto ambiental, social y económico de las comunidades donde la chonta constituye un símbolo de fertilidad y abundancia. Esta palma presenta asociaciones positivas con los procesos de adaptación a los impactos del cambio climático y nos impone nuevos retos en la investigación para determinar los enfoques más idóneos a nivel local y regional.

Nuestros hallazgos permiten anticipar nuevas contribuciones de la chonta a la nutrición humana y a los sistemas alimentarios amazónicos y del litoral, robusteciéndolos y enriqueciéndolos.

La presencia de la chonta en el paisaje agrario facilita la alimentación y la construcción de hábitats para la fauna silvestre, aspecto que requiere una investigación más profunda a propósito de la alarmante pérdida de biodiversidad en el trópico. Finalmente, los estudios genéticos y fenotípicos nos permiten entender la lógica de la domesticación y reconocer las habilidades de nuestros antepasados en este ámbito. Por lo tanto, la investigación de la chonta apenas ha empezado y promete muchos beneficios para el ambiente, para el ser humano y para la ciencia. Parafraseando a Antoine de Saint-Exupéry en El Principito, "chonta y ser humano ahora tienen necesidad el uno del otro". Y al final, siempre nos quedará la duda: ¿quién domesticó a quién?

Agradecimiento: El proyecto CHONTA fue financiado por el programa CEPRA XIII-2019 (CE-DIA), PUCE, UCE, ESPOCH, ESPE y el Laboratorio Mixto Internacional Bio Inca (IRD, PUCE, UNIANDES-Bogotá).

### Literatura consultada

Clement, C. R. (1988). Domestication of the Pejibaye Palm (Bactris gasipaes): Past and Present. Advances in Economic Botany, 6, 155-174.

Clement, C. R., et al. (2021) Disentangling Domestication from Food Production Systems in the Neotropics. Quaternary, 4(1), 4. https://doi. org/10.3390/quat4010004

Couvreur, T. L. P.; Billotte, N.; A.-M., R.; Lara, C.; Vigouroux, Y.; Ludeña, B.; Pham, J.-L.; Pintaud, J.-C. Close Genetic Proximity between Cultivated and Wild Bactris Gasipaes Kunth. Revealed by Microsatellite Markers in Western Ecuador. Genetic Resources and Crop Evolution 2006, 53 (7), 1361-1373.

Dransfield, J.; Uhl, N. W.; Asmussen, C. B.; Baker, W. J.; Harley, M. M.; Lewis, C. E. Genera Palmarum: The Evolution and Classification of Palms; Kew Publishing: Kew, 2008.

Galluzzi, G., et al. (2015). An Integrated Hypothesis on the Domestication of Bactris gasipaes. PLOS ONE, 10(12), e0144644. https://doi.org/10.1371/journal. pone.0144644

Gunn, B. F., et al. (2015). Ploidy and domestication are associated with genome size variation in Palms. American Journal of Botany, 102(10), 1625-1633. https://doi. org/10.3732/ajb.1500164

Henderson, A., Galeano, G., & Bernal, R. (2019). Field Guide to the Palms of the Americas. Princeton University Press.

Mora-Urpí, J., Weber, J. C., & Clement, C. R. (1997). Peach palm: Bactris gasipaes Kunth. Peach Palm: Bactris Gasipaes Kunth. https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19981608177

Ríos, G. M., et al. (1998). Las palmas entre los grupos cazadores-recolectores de la Amazonia Colombiana. Caldasia, 20(1), 57-74.

# Magia microbiana

Por Ph. D. Diana Astorga García Grupo de Investigación en Ecología Microbiana y Microbiología Aplicada (GEMA), Carrera de Microbiología (dastorga199@puce.edu.ec)

### Magia al rescate

on tiempos difíci-Atravesamos una pandemia sin precedentes. Son más de 2,8 millones de fallecidos y se superan los 130,6 millones de personas infectadas en el mundo. Cuatro países latinoamericanos aparecen ya entre los 20 con más muertes diarias por COVID-19 por cada 100 000 habitantes. Brasil se lleva la medalla de plata y México, la de bronce. A la carrera se suman Colombia, en décimo primer puesto; Argentina, en décimo tercero; y Perú en décimo sexta posición[1]. Las cifras en Ecuador también son espeluznantes, con 328 755 casos confirmados y 11 977 fallecidos[2], hospitales al 150 % de su capacidad e irresponsabilidad ciudadana. Muchos países han vuelto al confinamiento estricto, entre ellos Chile, a pesar de que ha roto records de vacunación masiva.

Son momentos caóticos, invadidos por esa "nueva normalidad" que de cotidianidad tiene poco. Se han alterado las rutinas, las interacciones humanas, los trabajos, los sueldos, los estudios, los afectos... los sueños. Pocos tenemos la suerte de no haber atravesado por situaciones difíciles a nivel personal o familiar. Muchos conocemos de cerca varios casos. ¿Y los niños? Solo desean volver a encontrarse, tocarse, quitarse de una vez por todas el tapabocas

y que el sol vuelva a enrojecer sus mejillas. Ellos lo expresan físicamente, al atrapar rayitos de sol a través de una ventana abierta. Lo verbalizan, a través de anhelos de regresar al parque, de correr, saltar, trepar... Lo sueñan en largas pesadillas llenas de sudor y asfixia. Ya no basta con celebrar cumpleaños de muñecas, cocinar manjares en familia, ver películas, bailar entre paredes, adoptar mascotas. Los niños necesitan libertad y contacto. ¿Los adultos? Lo callamos, pero cruzamos los dedos porque el día del fin esté cerca. Se nos acorta la paciencia y nos volvernos más irritables e insufribles. Y pensar que el responsable es un virus minúsculo, el SARS-CoV-2.

Justamente, en la búsqueda de alternativas que hagan soportable el semi confinamiento de la nueva normalidad, se me ocurrió acudir a una pequeña de nueve años. Como siempre, sus palabras sencillas estuvieron cargadas de verdad y sensatez. ¿Qué podemos hacer para que esta vida de encierro sea más simpática y menos repetitiva? ¿Cómo perder esa sensación de angustia y ese delirio de persecución al tener que pasar unos juntos a otros manteniendo nuestra distancia de seguridad, con el corazón a punto de salírsenos por los poros? Ella me contestó como quien no quiere la cosa: "Con magia, mamá". Cuánta razón en esas tres palabras... No por nada conmovieron hasta las lágrimas a padres y profesores y a 34

niños y niñas que pedían al únisono a Papá Noel, a los Reyes Magos o las energías del universo que terminara el COVID-19. Magia...

Pero, ¿qué es la magia? El diccionario de la Real Academia Española habla de un arte o una ciencia oculta con la que se pretende producir resultados contrarios a las leyes naturales, valiéndose de actos, palabras o con la intervención de seres imaginables. Pero también se menciona el encanto, el hechizo o el atractivo de alguien o algo. La magia blanca, en cambio, es la que obra efectos que parecen sobrenaturales por medios naturales. En palabras infantiles, la magia es algo sorprendente, extraordinario y maravilloso, que te hace ver las cosas mucho más impresionantes de lo que parecen a simple vista. Sin embargo, al hablar de microbios, pocos podemos librarnos de la connotación negativa que poseen y sacarnos de la cabeza su relación con la enfermedad. ¡Peor con el SARS-CoV-2 invadiéndonos mente y corazón y minándonos las fuerzas por más de un año consecutivo!

# Microbios, microorganismos y el papel de la magia

Comencemos por microbios y microorganismos. La palabra microbio es mal comprendida, pues se la suele asociar con gérmenes. Los gérmenes agrupan bacterias, virus, hongos y protozoos que provocan infecciones y enfermedades. Pero si buscamos una definición neutra

y recurrimos al diccionario, nos encontramos con que un microbio es un organismo unicelular visible únicamente a través de un microscopio. Si lo que buscamos es microorganismo, se nos devuelve a la definición de microbio. Es decir, microbio y microorganismo son sinónimos, siempre que descartemos la predisposición innata a asociar al primero con la capacidad de inducir enfermedad.

Los microorganismos son los seres más antiguos del planeta y se desarrollan, complejizan y cambian con su entorno desde hace 4000 millones de años. Hasta 2017, se reportaban alrededor de 70 000 especies de hongos, 45 000 de bacterias, 30 800 de protozoarios y 100 quintillones de virus [3] (10 seguido por 32 ceros). Son números escalofriantes, pero las especies nocivas están lejos de ser mayoría. Quedan relegadas a un mísero 1 %. Para poner números más cercanos a nosotros y entender magnitudes, utilicemos al cuerpo humano y su carga microbiana (Fig. 1).

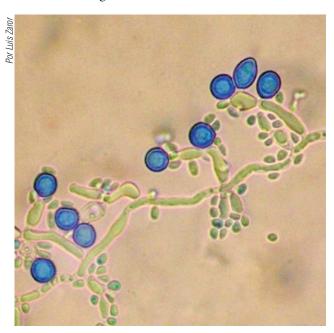


Figura 1. Candida albicans. Un hongo dimórfico comensal que habita en el tubo digestivo humano.

En nuestro cuerpo existen cerca de 10 billones de células y cada billón es un 1 seguido por 12 ceros. A la vez, alberga entre 100 y 1000 billones de microorganismos. Entonces, ¡hay muchísimas más células microbianas que células humanas en nuestro cuerpo! Si reducimos el espectro a bacterias únicamente, cerca del 99 % no hacen daño. Por el contrario, pueden resultarnos útiles en la fabricación de alimentos (queso, yogurt, mantequilla...), probióticos y productos fermentados (sidra, vino, cerveza...), biofertilizantes, antibióticos, alcohol, suplementos alimenticios, biocombustibles y otros muchos productos interesantes [4]. Aquí es donde entra la magia y no como una ciencia oculta, sino como magia blanca: aquella con efectos aparentemente sobrenaturales con medios naturales. Y nada más lejos de seres imaginables: son seres invisibles a simple vista, sí, pero tan reales como tú o yo: los microbios. Y tienen mucho de encanto, sorpresa y maravilla (Fig. 2). Dejemos atrás la enfermedad, el dolor y la paranoia, para adentrarnos en el plano de lo extraordinario...



Figura 2. Bipolaris. Hongo microscópico que afecta a cultivos de ce-

### **Abracadabra**

Muchos trucos de magia involucran actos de "ahora lo ves y ahora no lo ves". Es uno de los muchos papeles que cumplen los microorganismos considerados benéficos en la naturaleza, más todavía de cara al deterioro ambiental que se hizo especialmente palpable durante el confinamiento inicial de la pandemia. El mismo hecho de impedir la circulación vehicular visibilizó la capa contaminante de la atmósfera de las urbes. La necesidad de lidiar con la acumulación de desechos sólidos al interior de las viviendas durante el encierro nos hizo caer en cuenta del impacto ambiental de la basura. Tomamos conciencia de las consecuencias de los residuos plásticos, mineros y contaminantes, en general; las tendencias depredadoras de nuestro consumo; y lo imperioso de velar por nuestras fuentes de agua. Por otro lado, las penurias económicas derivadas de la emergencia sanitaria nos hicieron volver a la tierra, a través de prácticas de agricultura orgánica urbana. Parecería mentira, pero mucha de la contaminación mundial actual y de las prácticas de soberanía, seguridad alimentaria y acondicionamiento de suelos, si bien no tienen solución inmediata, sí pueden palearse mediante intervención de la magia microbiana.

Resulta alarmante saber que el 92 % de la población mundial vive en regiones donde los niveles de materia particulada y gases contaminantes (ozono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre) no respetan los límites permitidos por la Organización Mundial de la Salud [5]. Los principales gases de efecto invernadero, responsables del calentamiento global, son el óxido nítrico, el metano y el dióxido de carbono. Se trata de compuestos destructivos para la atmósfera, con impacto dramático sobre la capa de ozono y el ambiente del planeta Tierra. ¿Dónde entra la magia microbiana para desaparecer? Pues en el balance ecológico que aseguran los microorganismos al generar o consumir esos mismos gases y convertirlos en componentes celulares esenciales, inmovilizando elementos, reciclando otros o transformándolos en nuevos compuestos y poniéndolos a disposición de organismos más complejos: los famosos servicios ambientales microbianos.

El óxido nítrico es 300 veces más potente que otros gases de efecto invernadero y aumenta en la atmósfera por la ganadería, el pastoreo y la quema de combustibles fósiles. Géneros bacterianos desnitrificantes como *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Paracoccus* se encargan de desaparecer el peligroso óxido nítrico y transformarlo en inofensivo nitrógeno gaseoso en suelos, con la enzima NosZ como barita mágica [6].

El acto de desaparición del metano no se queda atrás. En importancia, es el segundo gas de efecto invernadero y contribuye en 18 % al calentamiento global. Se produce naturalmente en ambientes desprovistos de oxígeno, a través de la degradación microbiana de materia orgánica. Además, un 20 % del metano global es producido por el ganado rumiante. ¡Básicamente nos comemos la atmósfera por nuestras preferencias carnívoras! A este gas de nuestra carne andante se suman 45 000 a 75 000 millones de kilogramos de metano que no son producto de actividad biológica, sino que provienen de emisiones y áreas geotermales. Los magos aquí son las bacterias metanotróficas aeróbicas, que transforman el metano en dióxido de carbono en un abrir y cerrar de ojos. Pero una bacteria extraordinaria del filo Verrucomicrobia, subterránea, tan extrema que puede vivir en ambientes hiperácidos e hipercálidos, puede hacer desaparecer en un acto de magia hasta 11 kilogramos de metano por año. ¡Un aplauso efusivo para Methylacidiphilum infernorum! [6].

El tercer número lo protagonizan cianobacterias unicelulares sorprendentes como *Prochlorococcus* y *Synechococcus*. Hablamos de organismos unicelulares microscópicos que realizan fotosíntesis con igual o más eficiencia que las plantas superiores. Son los más abundantes de los océanos y pueden encargarse de esfumar hasta 10 000 millones de toneladas de dióxido de carbono del aire [6] . Visto, no visto. ¡Magia en todo su esplendor!

Así que estos magos microscópicos dejan detrás el ilusionismo para alumbrar caminos reales para frenar sustentablemente la contaminación atmosférica causada por la actividad humana. Los ecosistemas están siendo llevados a su límite. Pero, al trabajar con microorganismos, abrimos caminos inexplorados y sorprendentes, que nos vuelven a inyectar esperanza y el dominio de lo invisible se vuelve mágico, electrizante y vivificante.

### Aparecen como por encanto

Del otro lado del espectro, están los actos de "nada por aquí, nada por acá y sinsalabín". Aquí entran contaminaciones ambientales tenaces como las que afectan a la Amazonía ecuatoriana. Sus suelos arcillosos son una trampa para los hidrocarburos producto de derrames de petróleo y sus derivados, consecuencia de la dependencia económica del país en estos combustibles fósiles y prácticas de extracción poco adecuadas. Según cifras del Banco Central del Ecuador, hasta 2019, el petróleo representaba el 40 % de las exportaciones totales del país y, solo de la concesión Chevron-Texaco, un aproximado mínimo de 5 millones de metros cúbicos de tierra se contaminaron gravemente, de acuerdo al Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana.

Las partículas de arcilla son tan menuditas que no alcanzan las 20 millonésimas partes de un metro. Eso hace que los espacios entre partículas también sean muy reducidos y que tanto gases como agua dentro del suelo se disputen esos microespacios. Si a eso sumamos sustancias viscosas como el petróleo y torrentes de lluvia por el clima tropical de la Amazonía, conseguimos una masa compacta, imposible de biorremediar, a pesar de la buena voluntad y los esfuerzos de instancias públicas y privadas. Hay muchos microorganismos mágicos abracadabra que pueden hacer desa-

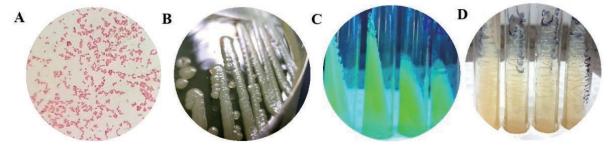


Figura 3. Caracterización fenotípica de los aislados de bacterias Pseudomonas fluorecentes productoras de exopolisacáridos. A) Visualización microscópica a 100X, B) Morfología macroscópica de la colonia en agar King B, C) Fluorescencia bajo luz UV en agar King B, y D) Ausencia de piocinanina en agar King A. (Esquema de Jacqueline González, Proyecto Petroamazonas).

parecer este tipo de contaminantes, siempre y cuando tengan suficiente oxígeno para crecer, multiplicarse y alimentarse de esos hidrocarburos. Sin embargo, deben creárseles los espacios necesarios y la atmósfera de suelo adecuada para que puedan hacer su magia. ¿Y entonces? Se llama a prestidigitadores que mejoren la estructura de suelo (Fig. 3).

Salen a escena bacterias de suelo como Pseudomonas fluorescentes, Rhizobium, Azotobacter y Bacillus o cianobacterias como Nostoc y Anabaena, que crean espacios donde no los hay. Son microorganismos intrigantes, pues secretan sustancias extracelulares cuando se encuentran expuestos a ambientes hostiles como aquellos en los que han sido vertidos contaminantes, contra los que no cualquier ser microscópico puede combatir. Se trata de azúcares especiales, bastante pegajosas, que no solo ejercen funciones biológicas esenciales, sino que facilitan la adherencia a superficies inertes, fomentan la adhesión entre organismos y proporcionan protección contra amenazas externas, compuestos tóxicos y condiciones ambientales extremas. Al crear espacios en suelos contaminados, facilitan su aireación y aceleran los procesos microbianos de recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos. ¡Son extraordinarios!

Hay otros muchos magos microbianos que pueden sumarse a la actuación. No obstante, nos queda corto el espacio, pero grande la esperanza. En este punto, únicamente quedan conjuros por lanzar: "Sapo, sapito, que este año nos vaya mejorcito." "Caldero, calderito, que no nos falte el dinerito." y "Ojos de sapo, patas de rana, ¡que el CO-VID-19 no te encuentre cruzado de brazos en la cama". La magia estará siempre para rescatarnos de la nada...

### Literatura consultada

- [1] Radio y Televisión Española (2021). Mapa del coronavirus en el mundo: casos, muertes y últimos datos de su evolución. Recuperado de https:// www.rtve.es/noticias/20210404/ mapa-mundial-del-coronavirus/1998143.shtml
- [2] Gobierno del Ecuador (2021). Actualización de casos de coronavirus en Ecuador. Recuperado de https://www.salud.gob.ec/actualizacion-de-casos-de-coronavirusen-ecuador/#:~:text=35.920%20 casos % 20 con % 20 alta % 20 hospitalaria.&text=1.113%20 hospitalizados%20estables.,760-.328%20casos%20fueron%20descartados.
- [3] Sánchez Contreras, González Flores, Ayora Talavera, Evangelista Martínez y Pacheco López (2017).

- ¿Qué son los microbios? Ciencia, 68(2), 10-17. Recuperado de https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/68\_2/PDF/ QueSonMicrobios.pdf
- [4] Baron, S. (Ed.) (1996). Medical Microbiology (4th ed.). Galveston, Estados Unidos: University of Texas Medical Branch at Galveston; 1996. Recuperado de https:// www.ncbi.nlm.nih.gov/books/ NBK7627/
- [5] Kirby, T. (2016). WHO: 92% of the world's population breathe polluted air. Lancet Respiratory Medicine, 4(11), 862.
- [6] Mozaffari, M., Atri, R., Ahmadi, M. R., Kumnar, V. v Cojandaraj, L. (2020). Ozone layer depletion and efficacy of microorganisms on it. European Journal of Molecular & Clinical Medicine, 7(7), 2217-2222.

### **Agradecimientos**

Un agradecimiento fraterno a los microbiólogos Dr. Luis Zaror de la Escuela de Tecnología Médica de la Universidad Mayor de Temuco y Dr. Heriberto Fernández del Instituto de Microbiología Clínica de la Universidad Austral de Chile por su constante incentivo a la escritura y a la divulgación de conocimientos en un lenguaje sencillo, vivencial y en primera persona. Son una verdadera inspiración poética y narrativa.

# Quito, 1566. Cerveza de Monasterio. Te esperamos tanto tiempo...

Por Dr. Javier Carvajal Barriga Centro Neotropical para la Investigación de la Biomasa (CINB) (ejcarvajal@puce.edu.ec)

A veces, lo más preciado se esconde en los repliegues del alma y de la computadora<sup>1</sup>

1 Dr. Javier Carvajal, después de algunos años de investigación y tenaz persistencia, con su grupo de investigación Centro Neotropical para la Investigación de la Biomasa (CNIB), consiguió resucitar levaduras en dormancia y rescatar la receta de una antigua cerveza ya perdida en el tiempo, y con todo el entusiasmo que significa crear algo nuevo y antiguo a la vez, elaboró una cerveza respetando las técnicas artesanales que utilizó Fray Jodoco Ricke y sus hermanos franciscanos, y en diciembre del 2018, en la Feria de la Economía Popular y Solidaria, la presentó ante la comunidad universitaria de la PUCE y público en general con el nombre sugestivo de Quito, 1566. Cerveza de Monasterio.

Javier, uno de los frecuentes articulistas de *Nuestra Ciencia*, mucho antes de la presentación de esta cerveza, que tuve la suerte de saborear, me envío el borrador de su artículo en el que relataba, con ternura y amor, el último adiós de su abuela y sus recuerdos felices de su niñez quiteña; pero también con honda

El título de este artículo hace referencia a la frase alegremente pronunciada por una estudiante de la PUCE, cuando degustaba la cerveza Quito, 1566, en su lanzamiento durante la Feria de la Economía Popular y Solidaria, en diciembre del año 2018.

emoción daba la bienvenida a esta cerveza y escribía que "Degustar una Quito, 1566 es un viaje en el tiempo, pero también es un viaje interior hacia nuestras raíces, cultura y costumbres. Una cerveza que no necesita interpretación para sentirse deliciosa en un paladar ecuatoriano, porque es hecha con los mismos sabores que archivamos en la memoria desde nuestra infancia".

Con mucho pesar, confieso que la "tecnología" me jugó una mala pasada: simplemente, este magnífico y emotivo artículo se me "traspapeló" y se escondió en algún repliegue de los tantos y tantos materiales que se van acumulando en nuestra computadora. Hasta que un bendito día lo encontré, lo leí con el corazón en la mano y, sin vacilar ni un ins-

tante, escribí a Javier pidiéndole me permita publicarlo en este número 23 de Nuestra Ciencia. Carvajal me contestó que "no era oportuno, que la producción de esta cerveza había quedado en "stand by", que...". Pero yo insistí e insistí. Hasta que logré que mi amigo Javier Carvajal Barriga me diera la autorización. Y con mucha satisfacción pongo ahora a su disposición. Al término de su lectura, seguramente querido lector usted podrá hacer suyas las palabras de Javier: "Te esperamos tanto tiempo... pero no sabíamos que vendrías. Nos hacías falta en la mesa... pero nunca estuviste en el menú. Fuiste uno de los secretos mejor guardados de nuestra historia, secreto que ahora se despliega en nuestras papilas gustativas, haciendo una verdadera fiesta en nuestra boca. ... Resucitarte es reivindicar a nuestros muertos, a nuestros ancestros y también, por qué no, resucitar nuestra propia historia: personal, familiar y nacional. Y para la PUCE, es dejar huellas muy profundas en la comunidad a la que se debe".

### Frente a la inevitable muerte

Mis labios formaron profundas comisuras, como las de una melancólica inspiración de Bernardo de Legarda. Algo así como una triste sonrisa que resumía la vida, la historia, la muerte. A través de aquella ventanilla solo se veía su ya deshi-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Aclaración del Editor.

dratada y arrugada máscara—con sendos algodones insertos en sus fosas nasales—, ella yacía entre sedas blancas y encajes. Su generosidad, su bondad, su ingenuidad y su natural sabiduría habían quedado flotando en el ambiente, como alas desprendidas de una virgen mestiza, suspendidas en el tiempo. Heredándonoslas a todos los que nos acercábamos a verla por última vez a través del cristal. Sus casi centenarias arrugas y su piel ya se veían ásperas, grumosas, quebradizas... se podía intuir que en ese momento sus células se estaban secando. Y secando. Y secando.

Aquel día, por primera vez me enfrentaba cara a cara con un ser amado a quien nunca más volvería a ver vivo. Había sido muy afortunado de no perder hasta bien entrados mis treinta a ningún miembro de mi familia nuclear. Ella, la matriarca, la primogénita, la madre de mi madre, la llamada a ser refugio de todos; simplemente había cesado sus funciones vitales; su cuerpo, ayudado por un experto en formolización, se convertía irremediablemente en materia inerte: célula por célula... tejido por tejido. Yo, esbozando una mueca de impotencia, quería imaginarla en dormancia, con el secreto y potente deseo interior de que, en un futuro, algún núcleo de vitalidad que haya escapado al formol, se active, volviéndola a la vida: célula por célula. Mas, ¿quién fuese capaz de semejante prodigio? Mi anhelo era verla germinar como si fuese una semilla seca que después de cientos de años activa sus mecanismos celulares al contacto con el agua. En ese mismo momento, yo adoptaba la urgencia interior de inventar, de alguna manera, un elíxir para reconstruir, rehidratar, reactivar Su vida. La vida. En fin... ;alguna vida!

### Un paseo por los intrincados caminos de la vida celular

Los estadios del ciclo celular; los biomateriales que componen las paredes, membranas y otras estructuras celulares; las piezas moleculares que integran los mecanismos que rigen la división, la señalización y el metabolismo celular, todos juntos son un complejo rompecabezas difícil de sincronizar. Es claro que mientras haya mitosis, hay vida y hay esperanza. Entonces había que entender a la célula como una máquina, antes que como una maravilla del diseño inteligente. Estudiar procesos intrincados y aún no completamente entendidos por la teoría de la evolución molecular. Imaginando en los ensueños el cómo las piezas nanoscópicas se dieron cita e interactuaron en un caldo primigenio, para finalmente componer las primeras estructuras similares a células con capacidad de auto replicación.

Estos pensamientos ocupaban y ocupan hasta hoy mi mente en los momentos que puedo darme el lujo de hacerlo.

¿Y cómo un profesor de ciencias podía trascender las clases teóricas, llegando a demostrara su manera—aquellas complejas suertes bioquímicas que describen los libros de texto? Mecanismos prebióticos en los que la mayoría acuerda en el hecho de que la aparición de la primera célula en la Tierra fue fruto de una especie de azar afortunado, pero inexorable. Un compendio científico que pocos realmente llegan a entender; mientras que muchos no tienen más remedio que adoptarlo si quieren ir por la vía de la ciencia; sin olvidar a los que prefieren obviar la explicación compleja, fruto de la ciencia, y optan por creer en articulados más simplistas.

En ese escenario de ciencia, de vida y muerte, y, en medio de un conglomerado académico-universitario dedicado y extasiado en conservar la vida, yo, como heredero de aquellas alas virginales de mi abuela, de manera póstuma, quería ir a la esencia: reanimar lo que pudiese ser resucitado.

### El Quito de mi infancia

Mi abuela, esa casi centenaria mujer que se había apagado para siempre, me alimentaba con máchica mezclada con chocolate de Ambato (para la fuerza), alfeñiques de Baños o agua de canela con panela. Ella me llevaba al Café Chapineros a saciar mi apetito con humitas de maíz tierno y a caminar admirando los balcones de la calle Junín de San Marcos. Me conducía a la Compañía para intentar domar mis "malos instintos" mostrándome el Infierno y el Paraíso colgados de las paredes de esta singular iglesia o me indicaba al Jesús del Gran Poder en San Francisco. Esa mujer me llevaba a comprar las telas, cintas y botones donde la Señorita Aída Gaibor, a un lado de la Plaza del Teatro, y, luego, como un premio a mi compañía, me invitaba a una suculenta pasta de chocolate "ahí donde el Meneses" en plena calle Chile, frente a San Agustín. Ella no se cansaba de llevarme a ver las vitrinas de la juguetería El Chico en la Venezuela, y, cuando cobraba su pensión jubilar, me consentía con unas frutillas en almíbar con crema o con un rico dulce de higos que servían magistralmente en un cafetín, en la calle Flores, diagonal al teatro Bolívar. Con ella conocí el Quito colonial y la gastronomía criolla entre iglesias, mendigos, comercios y buses destartalados.

No obstante, algo que ni la abuela, vieja ciudadana capitalina, conocía, era que en pleno convento de San Francisco existía una joya histórica que, inclusive hoy, pocos conocen. La cervecería de Fray Jodoco. Ahí, aquel niño, ya convertido en obsesivo biólogo a inicios del siglo que transcurre, encontró una razón más para reivindicar esa poderosa necesidad por volver a la vida, aunque sea una célula, como un tributo a las viejas y secas células de la difunta abuela.



Foto antigua de la iglesia de San Francisco y su plaza.

# Resucitar levaduras, el primer paso para recrear la historia

Pasado el tiempo, mi obsesión se concentró en resucitar células de levaduras antiguas... lo hacía con tanto compromiso, como si cada una de ellas fuese una de las células inertes del cuerpo de mi abuela. Así, pudimos recuperar decenas de levaduras que fermentaron las bebidas ancestrales de los pueblos preincaicos, y también la levadura con la que se fermentó la cerveza franciscana de Quito. Pero, ¿cómo es que en Quito, un verdadero potrero hacia el 1535, se pensó en hacer cerveza, con utensilios y herramientas traídas desde Flandes?

Las personas viven a través de sus obras: de aquellas que las hicieron intencionalmente y también de las consecuencias colaterales de las mismas. Fray Jodoco es un ejemplo patente de lo dicho. Este franciscano de origen flamenco estudió y se formó con iguales privilegios que su pariente, el que en su momento llegaría a ser el emperador Carlos V. Ricke, hombre consagrado a la Iglesia Católica con un hambre incontenible de evangelización, encuentra la tierra de las oportunidades en el Nuevo Mundo, de donde llegaban noticias de otro franciscano, Pedro de Gante, quien en México bautizaba indígenas por centenares y miles. Jodoco emprende un viaje sin retorno a tierras americanas, llegando a Quito en el año 1535, y, junto con Fray Pedro Gocial, se encarga de la construcción y establecimiento del ícono quiteño: el Convento de San Francisco.

¿Quito, ciudad franciscana? Sí, pero también pagana... donde los indígenas eran gente "amable y no poseían ídolos en sus casas, sino solamente adoraban al sol", en honor del cual preparaban una bebida fermentada hecha con base de maíz, llamada Ashua. La que en palabras del mismo Fray Jodoco Ricke "era suave, de sabor agradable y similar a nuestra cerveza". Indudablemente, Jodoco ya tenía en 1535 al menos el esbozo de un plan de evangelización que consistía en operar un sincretismo inteligente y maravilloso que culminaría en el diseño y la producción de la primera cerveza del nuevo mundo en 1566; cerveza que amalgama los granos cristianos como el trigo y la cebada (cultivados en la primitiva plaza de San Francisco), junto con el maíz, fruto del dios sol y de la tierra americana. Entonces aparece la primera cerveza mestiza, tal como la escuela quiteña, como la máchica, como el dulce de higos, el alfeñique de azúcar de caña y el chocolate dulce... o como la virgen alada. Mestiza como la misma nacionalidad ecuatoriana. Sabores que se imprimieron en muchos alimentos que conforman el patrimonio intangible de nuestra cultura, el paladar del quiteño y, por qué no decirlo, del ecuatoriano.



Monumento a Jodoco Ricke productor de la primera cerveza del nuevo mundo en 1566.

Una cerveza mestiza que se adapta a la cultura local, la del maíz, de los dulces, del paladar blando. Dista mucho de los estilos anglosajones o centroeuropeos. Es, inclusive, diferente a sus ancestros europeos como las cervezas de Flandes, específicamente de Malinas, ciudad de nacimiento de Jodoco Ricke. Es la delicia fruto del equilibrio en la mezcla de los granos, el azúcar caramelo, el agua quiteña y los sabores complejos impresos por la levadura local. Levadura que fue domesticada por Jodoco y otros cerveceros franciscanos que produjeron este prodigio andino a lo largo de 400 años, hasta el año 1967, en la Cervecería del Convento de San Francisco; actualmente, conocida como el Museo de la Cerveza.

### La PUCE y sus científicos recuperan la cerveza de Fray Jodoco

En el año 2008, los investigadores de la PUCE llegan a rescatar el microorganismo responsable de las fermentaciones. Células secas, deshidratadas y arrugadas por los años de dormancia dentro de los poros de

la madera de los toneles de fermentación de Jodoco, fueron reanimadas por un método desarrollado en los laboratorios del Centro Neotropical para la Investigación de la Biomasa. La receta de Jodoco fue encontrada en un antiguo documento publicado en el año 1966 en The Brewer's Digest, revista especializada en cerveza. Historiadores, abogados, administradores de empresas, artistas, biotecnólogos, ingenieros, un joyero, microbiólogos, catadores y un maestro cervecero coadyuvaron en llegar a la receta y sabor que se ajuste al que obtenían Jodoco y sus cerveceros sucesores.

A continuación, la descripción textual del Presidente de la Asociación de Catadores Profesionales del Ecuador, Pablo Conselmo, quien además de psicólogo es una de las personas con las papilas gustativas mejor educadas en el país (Fig. 1).



Figura 1. Pablo Conselmo catando la Cerveza, 1566.

"Se trata de una cerveza que en su aspecto presenta una coloración roja intensa con matices yodados, anaranjados, muy profunda; que tiene una espuma abundante, cremosa, con buena retención, de un color beige con destellos dorados; es una cerveza limpia, nítida. En

nariz es limpia, presenta un carácter maltoso, con énfasis en los tonos de caramelo, malta, chocolate; con una moderada intensidad de frutos negros como higos, ciruelas pasas y unos destellos de especias dulces como clavo de olor, algo de canela y regaliz. En boca es intensa, amplia, llena la boca con un cuerpo medio a medio pleno; con un ataque suave dulce que evoluciona a seco, con amargor moderado en el final de boca, que sostiene la persistencia; una cerveza orientada a la malta con destellos de ésteres frutales, de una muy buena persistencia y muy bebible".

### La cerveza de la PUCE



Figura 2. La Quito, 1566.

Quito, 1566... un nombre que encierra historia, ciencia, tecnología, gastronomía, arte, mestizaje, pasión y mucho más (Fig. 2).

Pero, sobre todo, es un símbolo de lo que la Academia puede lograr en trabajos multidisciplinarios. Recuperar la historia perdida, la identidad oculta, la fantasía de ser quiteños, mestizos y diferentes. Poseedores de patrimonios tangibles e intangibles que el mundo admira y respeta. Degustar una Quito, 1566 es un viaje en el tiempo, pero también es un viaje interior hacia nuestras raíces, cultura y costumbres. Una cerveza que no necesita interpretación para sentirse deliciosa en un paladar ecuatoriano, porque es hecha con los mismos sabores que archivamos en la memoria desde nuestra infancia. No es cultura exótica que hay que aprender a apreciar. Es el regreso de un ícono que nos identifica tan pronto la probamos



Figura 3. Javier departiendo con Charlie Pa-

Te esperamos tanto tiempo... pero no sabíamos que vendrías. Te echábamos de menos... pero no sabíamos que existías. Nos hacías falta en la mesa... pero nunca estuviste en el menú (Fig. 3). Fuiste uno de los secretos mejor guardados de nuestra historia, secreto que ahora se despliega en nuestras papilas gustativas, haciendo una verdadera fiesta en nuestra boca. Una fiesta de rondadores y guitarras, de ponchos y botas, de escuela europea mezclada con miles de años de cultura americana. Resucitarte es reivindicar a nuestros muertos, a nuestros ancestros y también, por qué no, resucitar nuestra propia historia: personal, familiar y nacional. Y para la PUCE, es dejar huellas muy profundas en la comunidad a la que se debe.

Por Jaime A. Costales Ph. D.



Vista aérea de los glaciares de la Patagonia chilena. El alma se sobrecoge, pero el cuerpo todavía está calientito en la cabina del avión.



El cuerpo ya siente el ambiente gélido de la Patagonia chilena, pero el corazón salta de alegría al contemplar tanta belleza apacible.

Instantáneas 29

# Del calor del aula a la fría pantalla: la educación en ciencias en tiempos de pandemia

Por Lic. Álvaro Lara y Dra. Anita G. Villacís Centro de Investigación para la Salud en América Latina (CISeal) (baru7279@gmail.com), (agvillacis@puce.edu.ec)

### ¿Éramos felices y no lo sabíamos?: el sistema educativo antes de la pandemia

or mucho tiempo nos hemos acostumbrado, tanto estudiantes como docentes, a una educación presencial, una educación a la que hemos considerado como la "mejor opción", sin reproches y sin miramientos. Llámase educación presencial o convencional a aquella que requiere o exige la presencia obligatoria de los estudiantes en un aula y donde el aprendizaje es dirigido por un docente, cuya función (vista desde su perspectiva más tradicional) es explicar, aclarar y comunicar ideas y experiencias (INGENIO LEARNING, 2021).

El lenguaje corporal, los gestos, las miradas; es decir, la interacción entre docentes y estudiantes, esa necesidad de socializar del ser humano, es lo que aporta información valiosa cuando estudiamos presencialmente. Si el clima que se logra transmitir es positivo, los beneficios que se obtienen son excelentes; pues, existe una mayor implicación emocional por parte de los estudiantes y, por tanto, la motivación nos empuja a seguir adelante.

Sin embargo, la presencialidad presenta varias desventajas, algunas evidentes, otras casi invisibles. Si nos enfocamos en el aspecto logístico, cuestiones como el hecho



Figura 1. Australia antes de la pandemia. Biblioteca de la universidad La Trobe.

de que un alumno deba asistir físicamente a una institución u obtener fotocopias de los libros a fin de estudiar (que en la virtualidad no son necesarias) pueden resultar en verdaderas odiseas para algunos. Por otro lado, los gastos personales de aquellos que necesitan invertir grandes cantidades de dinero para el desplazamiento, alquiler, manutención, entre otras cosas, ya que viven en otras provincias, evidencian una limitante económica. Finalmente, los horarios estrictos y la inflexibilidad en la entrega de las tareas muestran la problemática en su faceta operativa.

Es entonces que nos preguntamos: ¿Acaso nos acostumbramos y caímos en una zona de confort, ignorando las tribulaciones que experimentaban las personas para

educarse en una modalidad absolutamente presencial? Ese es precisamente el camino que ha seguido la academia desde siempre, generación tras generación. Y nunca se había pensado siquiera en replantearla, porque, como dice el dicho, "si no está roto, no lo arregles". Sin embargo, con la llegada de la pandemia, la educación cambió de dirección drásticamente, obligándonos a tomar nuevos caminos y enfocar de diferente manera el proceso de enseñanza-aprendizaje.

### Un ave en medio de la tormenta: la fragilidad de la educación

El impacto que ha tenido la pandemia en la educación es comparable al colapso sistémico de un cuerpo que sufre un desmayo; hay una pequeña ventana de tiempo en

la que el cerebro aún es consciente y se aferra con todas sus fuerzas a la vida, un momento que demuestra nuestra desesperación por continuar en este mundo.

Cuando la crisis sanitaria golpeó con sus primeras restricciones, muchos pensamos que duraría un par de semanas o, en el peor de los casos, algunos meses. En este contexto, el sistema educativo encendió un generador de respaldo que sigue funcionando hasta la presente fecha: la educación virtual.

Los programas para videoconferencias y las aulas virtuales ya eran herramientas populares antes de la pandemia, íntimamente ligadas a la idea de que la educación del siglo XXI debía caminar de la mano con la tecnología. Lastimosamente, esta gran propuesta era más un discurso que una realidad; algo utópico, pues en su nombre se organizaban charlas motivadoras que inspiraban profundas reflexiones y reunían a personas tan diversas como interesantes, pero, a fin de cuentas, gran parte se quedaba en buenas intenciones.

Pese a no ser la solución ideal, resultaría irracional afirmar que la virtualidad no salvó a la educación formal. Pero eso no es sorpresa si reconocemos que el género humano, con todas sus creaciones bajo el brazo, siempre encuentra la forma de sobreponerse a la adversidad. No obstante, la presencialidad es connatural a nuestra condición como seres eminentemente sociales, y su repentina desaparición no pasaría desapercibida.

### La revolución educativa en tiempos de pandemia: ¿a marchas forzadas?

Pese a los avances tecnológicos, la diversidad de plataformas, los MOOC (Massive Online Open Courses, por sus siglas en inglés) y la presentación de un sinnúmero de oportunidades online, la educación a distancia a nivel universitario ha sido históricamente considerada "el patito feo" en nuestro país, ya que no era reconocida, y se prefería la modalidad presencial a cualquier costo. Hoy, el aprendizaje online en todas sus expresiones (virtual, semipresencial y remoto) se ha convertido en la opción preferida por millones de personas debido a su flexibilidad, eliminación de las barreras geográficas y por proporcionar acceso a una oferta educativa más variada.

¿Podría esta transición forzada hacia el aprendizaje virtual ser el catalizador para crear un nuevo método de enseñanza-aprendizaje? ¿Y aún más importante, ser efectivo para educar a nuestros estudiantes? Mientras que algunos temen que la naturaleza apresurada del proceso pueda haber obstaculizado este objetivo, otros creen que el aprendizaje virtual pudo haber llegado a ser parte de la «nueva normalidad»; así, en lugar de ser un problema, posiblemente se haya transformado en una oportunidad.

¿Qué nos motiva a perseverar cuando todo parece estar perdido? La respuesta a esta pregunta es tanto biológica como psicológica. Por un lado, está el instinto de conservación, un comportamiento tan primario que se puede rastrear hasta el común denominador de todos los seres vivos: la molécula de ADN, capaz de activar un mecanismo que la repara cuando ha sido dañada por los peligrosos rayos de la luz ultravioleta, como si de esa forma expresara su necesidad de sobrevivir (Barlev & Sen, 2018). Por otro lado, está la esperanza, esa sensación persistente que nos convence de que las cosas estarán bien y hace las veces

de un motor, empujándonos constantemente hacia el futuro.

Se dice que en las crisis estos dos actores colaboran de manera más óptima. En consecuencia, así como las crudas condiciones de la guerra impulsaron los mayores avances tecnológicos de nuestra historia, la educación en tiempos de pandemia se reinventó y, tomando todas esas herramientas que antes había dejado en un rincón, se vio obligada a trabajar a marchas forzadas.



**Figura 2.** Estudiante que asiste a clases online desde casa (arriba) / Estudiante que asiste a clases online desde un árbol (abajo)

### Entre la vocación y la desesperación: la pandemia vista desde la docencia

La pandemia del coronavirus (COVID-19) ha paralizado la vida a nivel mundial; el cierre de las escuelas, colegios y universidades se convirtió en una realidad difícil de aceptar y la alteración del proceso de enseñanza-aprendizaje se hizo notorio. La vocación de muchos docentes entró en crisis; caímos en una interminable espiral de ansiedad y angustia que fue consumiendo nuestra cotidianeidad.

Ver cómo el funcionamiento de las clases, las dinámicas y el trabajo colaborativo que habíamos prepara-

Curiosidades Científicas 31

do con tanto esfuerzo a lo largo de los años quedaba obsoleto... y pensar que este hecho podría repercutir en el futuro profesional de nuestros alumnos resultaron en un duro golpe que llegó a cuestionar nuestra vocación profesional. La desesperación convenció a muchos docentes de optar por seguir cursos virtuales enfocados a la docencia en línea; estábamos incursionando en un mundo nuevo y no sabíamos qué esperar.

La tarea de enseñar pasó de ser un ejercicio conocido a tornarse en un proceso doloroso, todo por la cantidad de horas necesarias para capacitarse y el tiempo que debíamos invertir para poner en práctica lo aprendido en el transcurso de los días y las clases. Abruptamente, nos convertimos en soldados sin armas en una tierra desconocida, luchando una guerra que no podíamos perder. La utilización de manera eficiente de las tecnologías de la información y la comunicación (TICs) y la creación de actividades dinámicas en las aulas virtuales, para que resultaran más llamativas e interesantes, fueron nuestra salvación en tiempos de pandemia, ayudándonos a motivar a los estudiantes para que realizaran sus tareas, y así salvar al proceso de enseñanza-aprendizaje de su agonía.

### Tan cerca y tan lejos: la desigualdad y la brecha digital

Aparentemente, la globalización nos lleva hacia una suerte de homogeneización cultural; a un punto sin retorno en el cual todos estamos conectados, compartimos ciertos valores universales y donde el conocimiento es la única llave hacia el futuro. No obstante, la crisis sanitaria ha demostrado que esto es cierto solo para el 59 % de la población mundial (Clement, 2020), aquella que puede disponer de los medios

tecnológicos para acceder a Internet, la biblioteca de Alejandría de nuestros tiempos.

El concepto "brecha digital" explica este fenómeno y hace alusión a la distancia que hay entre las personas con respecto a su capacidad para utilizar o acceder a la tecnología. Pero la palabra "brecha" no basta para definir la magnitud del problema, pues lo que en realidad existe es un abismo (casi insalvable) entre individuos de distintas latitudes, edades y/o recursos económicos.

Esta grieta afecta aproximadamente al 52 % de las mujeres y al den atravesar ese puente digital. Así, crece el aislamiento y se acentúan las diferencias sociales y generacionales que, antes de la pandemia, ya eran bastante grandes.

Preocupa que la situación se asemeje cada vez más a una obra de ciencia ficción distópica en la que los hijos enseñan a sus padres cómo comunicarse, trabajar y entretenerse. Para algunos, los papeles se han volteado y ya no hay cómo volver a las referencias del pasado; para otros, el tiempo pasa y su existencia parece haberse estancado en el tiempo, sin mejores días a la vista.

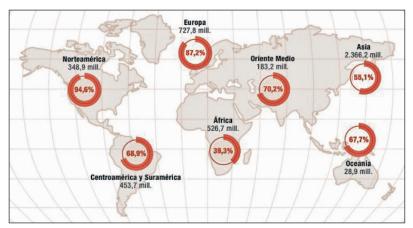


Figura 3. Mapa mundial del Internet. El número de usuarios y la utilización del Internet en el mundo (IBERDROLA, 2020). Fuente: Internet World Stats.

42 % de los hombres en el planeta, y se dibuja más profunda cuanto más amplia es nuestra visión del mundo. En Centroamérica y Sudamérica, solo el 68,9 % de sus habitantes se encuentran conectados, frente al 82,2 % de los europeos y el 94,6 % de los norteamericanos (IBERDRO-LA 2020). Tales datos evidencian el precipicio tecnológico que separa unos continentes de otros, unos países de otros, a las ciudades del campo, a fin de cuentas, a las personas de otras personas. No importa si la brecha es de acceso, de uso o calidad de uso, la discriminación tecnológica es real y, por tanto, promueve la exclusión social de aquellos que no pue-

### "El virus no es real": la importancia de comunicar la ciencia

Quienes enseñamos y comunicamos ciencia sentimos que le hemos fallado al mundo; es el pesar de la comunidad científica, que afirma estar decepcionada de cómo, por ejemplo, una porción importante de la población se niega a creer en la existencia del virus, tachando a la pandemia de ser un invento cuidadosamente elaborado por los grupos de poder para establecer "un nuevo orden mundial".

En la sociedad orwelliana de hoy, la ignorancia definitivamente es fuerza. Las redes sociales han revolucionado la comunicación, dándole a cada individuo la voz para expresar al mundo lo que siente y piensa. Lastimosamente, en este dominio virtual la razón no la tiene el

profesional que se ha esforzado tanto estudiando y trabajando durante décadas, sino el charlatán que apela a los sentimientos antes que a la racionalidad, el que cuenta la mejor mentira, el que va "en contra del sistema".

Si en vez de guardar el conocimiento científico en la caja fuerte de las revistas especializadas (escondiendo la llave detrás de una terminología técnica para que solo un grupo selecto tenga acceso a ella) lo hubiésemos distribuido a la humanidad con la misma pasión con la que tratamos de descubrir la próxima especie, probablemente habríamos enfrentado un panorama menos desolador. Somos conscientes de nuestros errores y tenemos la voluntad de cambiar.

También somos humanos y entendemos la desesperación de las personas por prosperar. Es equivalente a la desesperación que tiene una planta por germinar hasta en el concreto, a la de un pingüino atravesando cientos de kilómetros en la gélida Antártida para alimentar a sus crías, a la de una gacela tratando de escapar de las garras de un león: es la desesperación de la vida por vivir, y es natural.

Pero no es natural que ignoremos los hechos, que acusemos a los expertos de mentirosos, que creamos que la muerte es un juego en el que podemos ganar con la "viveza criolla" (marca registrada del ecuatoriano), que veamos a la ciencia como el enemigo público número uno y no como la mayor aliada que hemos tenido en toda nuestra historia. Por lo tanto, la ciencia debe volver al lugar que le corresponde y retomar su papel de faro del género humano, algo que solo se logrará si todos hacemos de ella nuestra causa común.



**Figura 4.** Marcha del movimiento antivacunas (arriba) / Hospital temporal de emergencia para atender casos de COVID-19 en Madrid (abajo).

# ¿Hacia un futuro incierto?: cambio, aprendizaje y evolución

Debido a la pandemia, la educación se encuentra en un proceso de transición que nos ha cogido desprevenidos, obligándonos a modificar nuestro accionar. Como mencionamos al inicio de este texto, ;consideramos todo este proceso un obstáculo o es una oportunidad de cambiar? ;Será esta realidad nuestra nueva normalidad? Eso es algo que no sabremos a ciencia cierta en un futuro próximo, pero sí podemos decir, sin temor a equivocarnos, que ha sido una época de aprendizaje personal y profesional, que nos ha sacado de nuestra burbuja y nos ha permitido incursionar en terrenos desconocidos.

Lo que antes era importante dejó de serlo. Nos hemos unido en familia y hemos aprovechado cada momento porque en una pandemia no tenemos certeza del mañana. Por este motivo, y a manera de conclusión, si las nuevas generaciones buscan ser emprendedoras, creati-

vas, partícipes de la innovación tecnológica y desean trabajar a la vez que realizan sus estudios, la modalidad virtual es una opción. Si, por el contrario, el contacto personal entre docentes y estudiantes y la añoranza de volver al calor de las aulas es fundamental para comprometerse con la adquisición de conocimientos, optar por la formación presencial es otra. ¿Cómo encontrar ese equilibrio entre lo que fue y lo que será? Lo único que podemos hacer es especular y perseverar, pues las guerras las ganan los soldados y la Historia la escriben los ganadores.

### Literatura consultada

Barley, A., & Sen, D. (2018). DNA's Encounter with Ultraviolet Light: An Instinct for Self-Preservation?. Accounts Of Chemical Research, 51(2), 526-533.

Clement, J. (2020). Worldwide digital population as of October 2020. Recuperado de: https://www.statista.com/statistics/617136/digital-population-worldwide/ (Fecha de acceso: 25 de enero de 2021).

IBERDROLA (2020). La brecha digital en el mundo y por qué provoca desigualdad. Recuperado de: https://www.iberdrola.com/compromiso-social/que-es-brecha-digital (Fecha de acceso: 27 de febrero de 2021).

INGENIO LEARNING (2021). Educación presencial vs. Educación a distancia. ¿Cuál es la mejor?. Recuperado de: https://ingenio.edu.pe/educacion-presencial-vs-educacion-virtual/ (Fecha de acceso: 27 de febrero de 2021).

Curiosidades Científicas 33

# Los encuentros del arte y la ciencia

Por M. Sc. Eliza Jara Escuela de Ciencias Químicas (enjara@puce.edu.ec)

ace un par de años conocí a un colega entusiasta divulgala científica, apasionado arte y docto en los misterios de la Química, al punto que, a primera vista, puede evidenciar la ciencia involucrada en un cuadro de Caravaggio. Él conjuga todo esto a través de textos que circulan en redes sociales y en la web general. Este artículo se basa mayormente en lo que he aprendido leyendo su blog, que sobra decir, es de lo más fascinante, así que les invito a echarle un ojo: kimikArte en Cuaderno de Cultura Científica.

### ¿Qué es arte?

Es una excelente pregunta; ha sido planteada repetidas veces desde la antigüedad y, por tanto, goza de múltiples respuestas. La Real Academia Española define al arte como una actividad que tiene como fin la creación de obras culturales. Si se entiende la cultura como un conjunto de conocimientos que permiten desarrollar el juicio crítico, entonces, "arte" tiene un significado demasiado amplio (y discutible), de ahí que, actividades tan polémicas como la tauromaquia sean consideradas por algunos "todo un arte". Desde el punto de vista filosófico, existen planteamientos de si vale la pena definir el concepto de arte [1].

En todo caso, el arte generalmente se asocia a la expresión estética de la emoción humana, y por

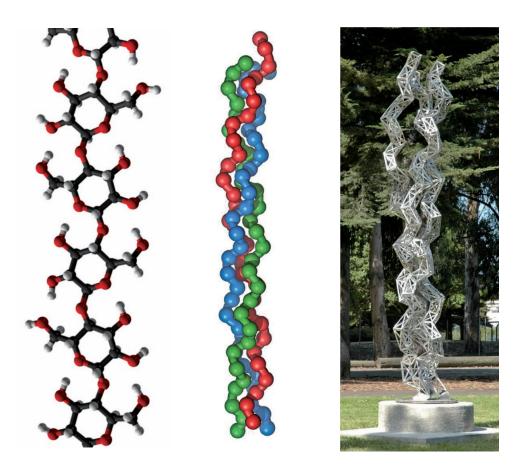
ello, la mayoría de nosotros relaciona el arte con la belleza. Muchos nos hemos conmovido y maravillado ante las obras de famosos exponentes de cada una de las ramas artísticas tradicionales: Gaudí y su monumental templo de la Sagrada Familia en Barcelona (todavía inconcluso), Miguel Ángel y su escultura de David, la Mona Lisa de Da Vinci, Beethoven con su Novena Sinfonía, García Márquez y sus Cien Años de Soledad, Shakespeare y su famoso "ser o no ser..." en Hamlet, y no olvidemos al séptimo arte, donde me permito destacar a Francis Ford Coppola con El Padrino. Sin duda, una o más de estas obras son lo suficientemente evocativas para el lector.

Resulta que el arte, a la vez que representa emociones, también las produce en sus espectadores. Existen autores, como Ellen Dissanayake, que afirman que, por esta razón, el arte ha cumplido un rol en el proceso evolutivo, y que también puede ser aprovechado como una forma válida de terapia sicológica en ciertos casos [2]. Y si bien este sería mi primer enunciado de la relación arte-ciencia, el motivo de este escrito es diferente, porque para generar estas emociones, muchas formas de arte necesitan un poco de Química.

### El arte con una mirada científica

Como señalé anteriormente, tradicionalmente, se consideran siete ramas del arte: Arquitectura, Escultura, Pintura, Música, Literatura, Teatro, Cine. En todos los casos, se requiere un material inicial que luego será o contendrá el objeto artístico, lo cual resulta evidente para construcciones, esculturas y pinturas, pero recordemos que las composiciones musicales, literarias y teatrales se escriben para asegurar su permanencia en el tiempo; el material en esos casos puede ser de variada naturaleza, siendo los más importantes históricamente el pergamino y el papel. El primero se fabricaba con pieles de animales por lo que su componente principal es el colágeno (una proteína), mientras que el segundo tiene un origen vegetal y está hecho con fibras de celulosa, una sustancia formada por miles de moléculas de glucosa, el azúcar que tenemos en la sangre (Fig. 1).

Por otra parte, todos los instrumentos musicales están hechos de diferentes tipos de materiales, y por tanto, involucran a varias sustancias químicas: la madera de un violín del siglo XV está formada por celulosa, sus cuerdas pueden haber sido obtenidas de los intestinos de un animal, en cuyo caso contienen, entre otras cosas, colágeno, molécula que también se usaba como pega para unir las diferentes piezas de madera. Hoy en día se emplean otros materiales en cuerdas, pero se continúa con la búsqueda de algo que tenga las mismas propiedades sonoras que los intestinos de los animales; existe un nylon especial, denominado nylgut que aparentemente hace eso. Interesante también saber que midiendo con alta exactitud la anchu-



**Figura 1.** De izquierda a derecha: Estructuras químicas tridimensionales de la celulosa y del colágeno, materiales constituyentes del papel y pergamino, respectivamente. Escultura de Julian Voss-Andreae basada en la estructura del colágeno. Imágenes de Wikimedia Commons.

ra de los anillos se puede localizar la procedencia y la edad de la madera, y con ello, establecer la antigüedad del material de un instrumento musical, aspecto importante cuando se trata por ejemplo de un violín Stradivarius. [3]

Con relación al cine, inicialmente ocurría algo similar, en el sentido que los fotogramas que componen una película debían reposar sobre un soporte para luego ser proyectados en las salas. La sustancia que más se empleó con este propósito es el celuloide hecho a base de nitrocelulosa primero, y acetato de celulosa a partir de los años 50. Como el lector puede intuir, es una molécula parecida a la celulosa de la Figura 1, pero en lugar de los grupos -OH en las moléculas de glucosa (esferas rojas unidas a esferas blan-

cas), se tienen otros grupos de átomos. La nitrocelulosa es una sustancia altamente inflamable, por lo cual fue reemplazada con el acetato de celulosa; sin embargo, esta propiedad da lugar a una interesante escena en la película Bastardos sin gloria de Quentin Tarantino, donde se origina un incendio en un cine y este se propaga fácilmente debido a los rollos de nitrocelulosa que estaban embodegados de las proyecciones anteriores. Hoy en día, muchas proyecciones se realizan con sistemas digitales, y la idea de Shoshana (personaje de la película de Tarantino) no sería posible realizar. Vale también mencionar una película que se estrenó en 2018 y fue realizada con la colaboración de muchos más artistas de lo usual, puesto que prácticamente cada fotograma

constituye una pintura individual. Esta es la obra tributo a Van Gogh: Loving Vincent. Si bien también participaron actores y se hace uso de varias técnicas de efectos visuales (que tienen un fuerte componente de ciencia de datos, matemáticas y física), se realizaron 64 000 pinturas al óleo para recrear el estilo único del pintor holandés. Esta increíble hazaña artística es la que me lleva a mi siguiente sección, puesto que, como verán a continuación, es en la pintura donde más química encontramos.

En el artículo "El dilema de la pintora vegana" [3] tenemos un vistazo general de las moléculas que componen los distintos insumos que se usan en pintura, y por supuesto, la información de su origen animal o vegetal. Lo más ilus-

trativo es pensar en los pigmentos y tintes, sustancias encargadas de dar color a la imagen del cuadro y que históricamente provienen de minerales (blanco de plomo = carbonato básico de plomo) o, en menor medida de plantas (azul índigo = indigotina) o animales (rojo carmín = ácido carmínico o ácido 3,5,6,8-tetrahidroxi-1-metil-9,10dioxo-7-[(2S,3R,4R,5S,6R)-3,4,5trihidroxi-6-(hidroximetil)oxan-2il]antracen-2-carboxílico, para los amigos químicos). A partir del siglo XIX, se empezó a trabajar con sustancias sintéticas obtenidas con los avances de las investigaciones químicas de la época (índigo, alizarina), lo que supuso una reducción de costos y una mayor disponibilidad.

Sabemos cuáles son las moléculas en todos estos casos gracias al uso de técnicas de análisis que permiten identificar todo aquello que se ha utilizado en un cuadro, y que, además de satisfacer nuestra curiosidad, ayudan a establecer la autenticidad de las obras de arte y a entender mejor sus transformaciones. Técnicas como el estudio de radioisótopos han logrado poner al descubierto el uso de materiales que no corresponden a la época en obras falsificadas, por ejemplo, el uso de azul cobalto en un cuadro atribuido a Vermeer que logró engañar a los nazis en su saqueo de obras de arte durante la Segunda Guerra Mundial; por su parte, el uso de la difracción de rayos X logró desmentir una leyenda urbana que involucra heces de pájaros y el famoso cuadro "El grito" de Edward Munch. Ambas historias son contadas de forma amena en kimikArte [3]. Además, las técnicas de análisis químico ayudan a fundamentar el conocido pedido de los museos de no utilizar flash al tomar fotos de las obras artísticas, ya que existen algunos pigmentos muy sensibles a la luz que pueden degradarse con cada interacción. En este sentido, vale destacar el caso del cromato de plomo, estudiado con una variedad de técnicas en la pintura "Los Girasoles" de Van Gogh [4] para encontrar que la luz ha afectado al cambio del estado de oxidación del cromo de 6+ (amarillo) a 3+ (marrón), lo cual hace que actualmente veamos unas flores casi marchitas, contrario a la vivacidad del cuadro original.

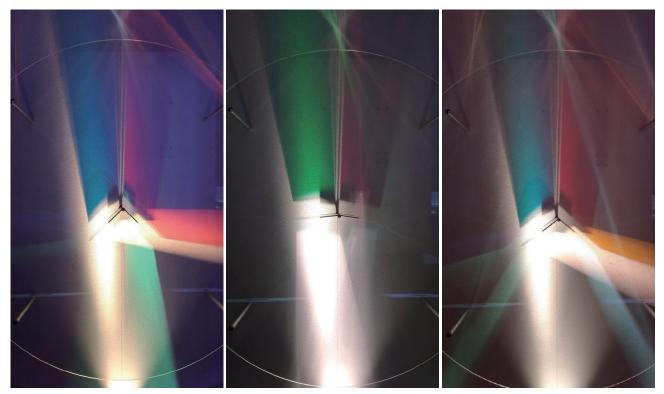
#### La ciencia con una mirada artística

Todos quienes hacemos ciencia nos sentimos fascinados por las diversas facetas que surgen al momento de adentrarnos en el conocimiento de cada área. Sin embargo, no todos somos capaces de condensar esa sensación en una imagen u objeto que pueda transmitir efectivamente nuestra emoción. Es aquí donde la colaboración con artistas resulta útil. Por ejemplo, el programa de residencias ofertado por SciArt Initative localizado en Boston, Estados Unidos, que busca emparejar a artistas y/o científicos para explorar, experimentar y realizar proyectos artísticos con enfoque científico [5]. Como producto tangible de esta iniciativa se tiene la revista SciArt (SciArt magazine), que también tiene presencia en redes sociales. El CERN en Suiza tiene también un programa de residencias para artistas, con varias convocatorias anuales.

Los resultados de estas y otras experiencias colaborativas usualmente se exhiben en espacios abiertos, como museos de ciencia y festivales. De estos últimos vale mencionar a El Aleph en Ciudad de México, que este año centra su programa en la pandemia del coronavirus, bajo el título "Las Fronteras de la Medicina". En estos espacios el arte se torna un instrumento de divulgación científica, de modo que se despierte la curiosidad del público general, al tiempo que se motiva al aprendizaje de cosas nuevas, sobre todo para los más pequeños. Para ello, es común observar instalaciones u obras de arte particularmente llamativas, como las esculturas de vidrio de microorganismos del artista Luke Jerram [6], hechas con una gran exactitud y guardando la escala de cada estructura, de forma que el resultado es fascinante, digno de ser contemplado atentamente. Otra estrategia es la interactividad con objetos que ilustran algún aspecto científico, lo cual es muy común en museos de ciencia (Figura 2), como el que tenemos en Quito, y que justamente, lleva el nombre Museo Interactivo de Ciencia.

Por otra parte, existen variadas iniciativas para que los científicos despierten su lado creativo y participen de concursos que vinculan la ciencia y el arte. A destacar aquellos organizados periódicamente por Materials Research Society (EEUU), International Society for Computational Biology, Biocon & Seoulin Bioscience (Corea del Sur), Biophysical Society (EEUU), American Society for Microbiology (EEUU), FEYCYT y CSIC (España). En estos eventos se premia generalmente imágenes evocativas de algún tema o disciplina. Las páginas web de todas las instituciones mencionadas tienen un repositorio de los ganadores de cada edición del concurso, que vale visitar para inspirarse e inspirar a los demás, si nos animamos a compartirlo.

Finalmente, pero no menos importante, es la disciplina de ilus-



**Figura 2.** Instalación en el Museo de Ciencia e Industria en Chicago (EEUU). Las placas en el centro son de un material dicroico, que absorbe una parte de la luz, y deja pasar otra, al incidir luz en distintos ángulos se pueden ver diferentes colores. La imagen muestra capturas en 3 distintos momentos del movimiento de las placas centrales. Pregunta para el lector: ¿es arte?

tración científica que se encarga de representar de forma exacta pero también atractiva conceptos científicos, especies de plantas, animales o microorganismos, e incluso procesos biológicos o tecnológicos (a través de animaciones). Recordemos que un prolífico ilustrador científico fue Alexander Von Humboldt, y que en 2019 la PUCE tuvo una exposición dedicada a su vida, viajes y obras, que incluían justamente ilustraciones de la biodiversidad de nuestro país. Al pensar en otros científicos-ilustradores muchos recordarán a Charles Darwin y Santiago Ramón y Cajal, pero seguro a casi nadie le suena Sarah Ann Drake o Anna Maria Hussey, mujeres de importancia histórica en el avance de las ciencias [7].

Esta época multi e interdisciplinaria es una especie de nuevo renacimiento, una oportunidad para ser más versátiles en nuestro ser y quehacer. Los límites entre disciplinas se hacen más borrosos; esto ya pasa en muchas áreas entre biología y química o entre la química y la física, y las relaciones entre ciencia y arte son una evidencia más de este fenómeno. Es muy interesante ver lo que estas nuevas relaciones nos traerán.

#### Literatura consultada

- [1] Stanford Encyclopedia of Philosophy. (2018). The Definition of Art. https://plato.stanford.edu/entries/ art-definition/#Con
- [2] Malchiodi, C. (2011). What is art for?. https://www.psychologytoday.com/us/blog/arts-and-health/201107/what-is-art
- [3] González, O. (2016-2018) Kimikarte. Cuaderno de Cultura Científica. https://culturacientifica. com/categoria/kimikarte/

- [4] Monico, L., Van der Snickt, G., Janssens, K., De Nolf, W., Miliani, C., Verbeeck, J., Tian, H., Tan, H., Dik, J., Radepont, M., & Cotte, M. (2011). Degradation Process of Lead Chromate in Paintings by Vincent van Gogh Studied by Means of Synchrotron X-ray Spectromicroscopy and Related Methods. 1. Artificially Aged Model Samples. Analytical Chemistry, 83(4), 1214–1223. https://doi.org/10.1021/ac102424h
- [5] SciArt Initiative. (2019). Residency. http://www.sciartinitiative.org/ the-bridge.html
- [6] Jerram, L. (2020). Glass Microbiology. Glass Microbiology. https:// www.lukejerram.com/glass/
- [7] Prego, C. (2018, May 14). Las ilustradoras que convirtieron la ciencia en arte. Hipertextual. https://hipertextual.com/2018/05/ciencia-arte-ilustracion-cientifica-mujeres

# Necrofilia o la práctica de "amar" a los muertos

Por Dr. Pol Pintanel<sup>1,2</sup>, Lic. Gabriela Obando-Moreno<sup>2</sup>, Dr. Andrés Merino-Viteri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ecología Evolutiva, Estación Biológica Doñana, Sevilla España, <sup>2</sup>Laboratorio de Ecofisiología, Escuela de Ciencias Biológicas, PUCE

(polpintanel@gmail.com), (ggom\_95@hotmail.com), (armerino@puce.edu.ec)

#### Introducción

a conciencia de la muerte en los seres humanos se remonta a la prehistoria. La aparición de rituales mortuorios se ha asociado al aumento de la capacidad cerebral, lo que permite procesar pensamientos más complejos, ligados a la vida en comunidad. Más allá de ser eventos llenos de tristeza, en algunas sociedades han evolucionado hasta convertirse en un "festejo" de la vida compartida con el muerto. Algunos de estos festejos se mantienen hasta la actualidad; por ejemplo, en algunas culturas africanas la muerte se festeja con música, cantos, comida y ataúdes con formas atípicas; en Nueva Orleans (Estados Unidos de Norte América) se pueden ver funerales festejados con bandas de jazz.

Esta capacidad de lidiar con la muerte no es única de nuestra especie. Otros homínidos, como por ejemplo los Neandertales, han dejado evidencias que el ritual mortuorio era mucho más que una acción de sanidad para proteger al grupo social del proceso de descomposición corporal (así, intuitivamente, protegerse de enfermedades), sino un conjunto de comportamientos que lo muestran como un evento

importante en la comunidad. Esto se evidencia en la colocación del cuerpo en posiciones específicas o la preparación de tumbas con flores o pigmentos especiales. Aunque no sabemos si estos eventos tenían una connotación de tristeza, representan una especie de final.

Más allá de esta visión antropogénica de la muerte, algunos autores han propuesto que otras especies animales también presentan comportamientos ligados a la muerte de sus conespecíficos. Se ha registrado el comportamiento de una madre orca llevando a flote a su bebé muerto por varios días y kilómetros. Asimismo, se han registrado comportamientos singulares en elefantes africanos, donde los grupos familiares se mantienen juntos alrededor de individuos muertos mostrando "respeto y tristeza". Estos eventos también representan, de alguna manera, una especie de final.

## Una visión diferente de la muerte

¿Quién no conoce el "beso de amor verdadero" que otorga el príncipe a la bella durmiente? Tal vez sea uno de los cuentos más conocidos en el que se incluye una fantasía ligada a muerte: la necrofilia. En el mencionado cuento, una joven princesa vuelve a la vida después de tener un contacto sexual con el príncipe encantado¹. No es el único. Muchos han considerado a Hamlet de Shakespeare, en la escena de Yorick con la calavera (entre otros), como un alegato de su amor a la necrofilia. Ni los dioses se salvan de la necrofilia en la mitología. Se dice, por ejemplo, que Horus, el dios egipcio del cielo fue concebido por la diosa Isis después de que su consorte Osiris fuera asesinado y cortado en trocitos.

Pero, ¿qué es exactamente la necrofilia? El término deriva de las palabras griegas nekros ("cadáver" o "muerto") y filia ("amor o "atracción"). En sí, se podría definir como la atracción sexual hacia los muertos. Existen varios casos reales reportados a lo largo de la historia. Probablemente el más famoso es el que presuntamente se cometió con el cadáver de Marilyn Monroe o Eva Perón y que ha inspirado a películas como El Cadáver de Anna Fritz (2015, H. Hernández Vicens). Se ha sugerido que ciertos ritos funerarios, como la cremación de los muertos o el entierro profundo o en tumbas de granito sólido y mármol, son para prevenir el comportamiento necrófilo. Algunos deudos egipcios, por ejemplo, esperaban más de tres días para entregar los cadáveres

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>La versión original del cuento, "Talía, Sol y Luna", escrito en 1634, es más perverso e incluye también canibalismo.

de mujeres a los embalsamadores, con el fin de evitar que estos desearan mantener relaciones sexuales con ellas. Incluso, se ha insinuado que el mito de las maldiciones de las tumbas de los faraones se creó para evitar, no solo el saqueo de tumbas, sino también el comportamiento necrófilo.

La práctica sexual con muertos es considerada en humanos como uno de los hechos más extraños, anormales y perversos. Sin embargo, en otros grupos biológicos, esta práctica podría ser más bien parte de una estrategia para producir nueva vida.

# Por Carling Brown Brown

**Figura 1.** *Amplexus* o abrazo nupcial en anuros. El macho de menor tamaño abrazando a una hembra (*Pristimantis achatinus*).

#### ¿Vida nueva desde la "muerte"?

Los anfibios son un grupo de organismos con más de 7000 especies formalmente conocidas para la ciencia. La mayoría de especies tienen fecundación externa, esto implica que el macho y la hembra sueltan sus gametos, los cuales se fecundan fuera de sus cuerpos para generar los nuevos individuos que los reemplazarán en la siguiente generación. La reproducción, especialmente en ranas y sapos, implica la existencia de un abrazo nupcial conocido como *amplexus* en el cual el macho, de menor tamaño en muchas especies, se ubica a la espalda de la hembra (Fig. 1). Este abrazo, a más de garantizar haber encontrado una pareja para reproducirse, puede ayudar a estimular físicamente a la hembra para el depósito de los huevos en un sitio adecuado (ríos, lagos, charcas, bajo un tronco, en un nido, etc.).

Contra toda lógica biológica se han registrado casos de necrofilia en este grupo de animales. Recientemente, se ha publicado en la revista Neotropical Biodiversity una revisión bibliográfica de la necrofilia en el grupo de los anfibios (Pintanel et al., 2021). Están reportados al menos 33 casos de necrofilia en este grupo, de los cuales se ha comprobado que dos casos pueden tener funcionalidad, sugiriendo que esta práctica podría ser de utilidad reproductiva; es decir, permitiría que tanto la hembra muerta como el macho necrófilo tuvieran descendencia. Por lo tanto, dicha práctica podría no ser anormal en este grupo; más bien tendría una finalidad evolutiva. En los dos casos funcionales en los que este comportamiento podría llevar a descendencia viable, los machos aprietan el abdomen de las hembras para poder liberar los ovocitos y así poder fecundarlos.

A pesar de esta intrigante y riesgosa estrategia reproductiva, en la mayoría de casos, la cópula con hembras muertas se debe principalmente a dos motivos: la falta

de un correcto reconocimiento por parte de los machos o la muerte accidental por ahogamiento durante el *amplexus*. La gran competencia sexual entre los machos suele ser la responsable en ambos casos. La gran mayoría de anfibios dependen del agua para sobrevivir y reproducirse, por lo que las primeras lluvias de la temporada desencadenan un frenesí reproductor en muchas especies. Cientos o hasta unos pocos miles de machos pueden reunirse en una pequeña charca para tratar de encontrar una hembra con la que aparearse. En algunas especies, el ratio de hembras es considerablemente menor al de los machos, por lo que ser lento en encontrar pareja puede dejar a un macho sin reproducirse ese año. ¡El tiempo es oro!

Algunas especies llegan a aparearse con cualquier cosa que se asemeje a una hembra, tanto hembras muertas de su misma especie, como con otras especies (Fig. 2), plantas, barro o incluso las botas de algún pobre herpetólogo. Eso también causa que algunas hem-



**Figura 2.** Un macho de sapo corredor (*Epidalea calamita*) abraza un individuo de sapillo pintojo mediterráneo (*Discoglossus pictus*).

bras sean amplexadas por más de un macho, lo que muchas veces acarrea tristes resultados. Charles Darwin va comenta en su libro The descent of man and selection in relation to sex (1871, pág. 26): "El Dr. Günther me informa que varias veces ha encontrado una desafortunada sapo muerta y asfixiada por haber sido amplexada [so closely embraced] por tres o cuatro machos". Lo mismo podríamos intuir que podría haber pasado con nuestro propio Jambato Negro (Atelopus ignescens Cornalia, 1849) de acuerdo con las descripciones del zoólogo y naturalista español Marcos Jiménez de la Espada (1875), quien cuenta: "Veíamos sus individuos a millares por los meses de noviembre, diciembre y enero en los prados herbosos y húmedos, cerca de los arroyos, charcas o lagunas. A orillas de la nombrada de la Mica, en el Antisana, comenzando el año de 1865, los sorprendí en la época de sus amores, y cuando los machos buscan a las hembras para ayudarlas al desove o fecundar los huevos. Perseguíanlas por los tremedales inmediatos al agua con actividad e insistencia, y tan ciegos, que, luchando por conseguirlas, al alcanzarlas, rodaban en pelotones, revueltos unos con otros".

Este parece también el caso de una pobre hembra de la especie recién descrita de rana de lluvia Tsachila (Scinax tsachila Ron, Duellman, Caminer, y Pazmiño, 2018) encontrada en la localidad de Mindo (Pichincha, Ecuador). Durante una visita de trabajo del Laboratorio de Ecofisiología de nuestra escuela, encontramos a dos machos de esta especie amplexados a una hembra recientemente fallecida (Fig. 3).

Existen otros casos de formas peculiares de reproducción en anfi-



Figura 3. Una hembra muerta de la ranita de Iluvia Tsachila (Scinax tsachila) es abrazada por dos machos en la localidad de Mindo (Pichincha, Ecuador).

bios. Los machos de la rana bermeja (Rana temporaria Linnaeus, 1758) presentan un comportamiento "pirata" (Vieites et al., 2004). Estos machos "pirata" buscan puestas recientes, con las que se aparean como si se tratara de una hembra, para fertilizar los huevos que no fueron fecundados previamente durante la cópula. La ausencia de cuidado parental como estrategia mayoritaria en anfibios, permite que estrategias reproductivas viables tan singulares como estas puedan ocurrir.

Volviendo a nuestra especie y pensando que este comportamiento de generar vida desde la muerte es lejano, debemos decir que puede no ser así. La tecnología actual podría permitir la reproducción después de la muerte en humanos. Por ejemplo, las técnicas de inseminación artificial, en este caso postmortem, pueden permitir a una viuda tener hijos de su difunto esposo incluso años después de la muerte. ¿Qué más nos deparará el futuro? ¿Se puede "amar" hasta después de la muerte? Preguntas, que en un futuro quizá no muy lejano se podrían responder.

#### Literatura consultada

Aggrawal, A. (2011): Necrophilia. Forensic and medico-legal aspects. CRC Press. Boca Raton, FL.

Darwin, C. (1871): The descent of man, and selection in relation to sex. Vol. II. Calle Albemarle, Londres: John Murray.

Jimenez de la Espada, M. (1875): Batracios. Vertebrados del viaje al Pacífico. Calle de Campomanes, Madrid: Imprenta de Miguel Ginesta.

Pintanel, P., Obando-Moreno, G., Merino-Viteri, A. (2021): Necrophiliac behaviour in the recently described species Scinax tsachila (Anura: Hylidae), with a review of necrophilia in amphibians. Neotropical Biodiversity 7(1): 53-56.

Vieites, D. R., Nieto-Román, S., Barluenga, M., Palanca, A., Vences, M., y Meyer, A. (2004): Post-mating clutch piracy in an amphibian. Nature, 431(7006): 305-308.

# El tesoro oculto en mi jardín

Por Lic. Fernanda Salazar-Buenaño Museo de Zoología, QCAZ, Sección invertebrados PUCE (mfsalazar@puce.edu.ec)

> "Los malos tiempos tienen un valor científico. Son ocasiones que un buen aprendiz no debe desaprovecharlas". (Ralph Waldo Emerson)

#### Marzo del 2020

as alarmas se cendieron en Ecuador; pues, los primeros casos coronavirus (Covid-19) se reportaban en nuestro país. Para detener la transmisión masiva de la enfermedad se decretó el Estado de Excepción y el toque de queda. Es así que el 16 de marzo de 2021, a medio día, las autoridades de la PUCE dispusieron el cierre de las instalaciones. Desconcertados y un poco asustados recogimos nuestras cosas de la oficina, guardamos lo indispensable y nos retiramos a nuestras casas.

Nos dijeron: volveremos en 15 días, y pensamos... ese tiempo pasa volando; de buen ánimo nos aprovisionamos de algunos víveres. En pocas horas, las calles estaban desiertas, la gente miraba desde las ventanas sin poder comprender ¿cómo habíamos llegado a esta situación? Y los 15 días pasaron, pero no volvimos, y las restricciones para salir de la casa se mantenían. La "cuarentena" se convirtió en un mes... varios meses, y hace poco cumplimos un año.

#### La transformación vista desde la ventana

La vida cambió totalmente. Los primeros síntomas podían palparse a nuestro alrededor: la desaparición del smog en el cielo, el bullicio del tráfico vehicular había cesado y en parques, veredas y jardines crecían las plantas sin distinción, como si reclamaran un espacio que les per-

Nuestro jardín no fue la excepción: junto a algunas plantas ornamentales y frutales empezaron a crecer las llamadas "mala hierba". Decenas de flores de color amarillo del taraxaco, flores moradas y blancas del trébol y las infaltables plantas de amores secos, llamadas así porque los frutos de forma alargada y espinosa se adhieren a la ropa. La madreselva, la buganvilla y el árbol de higos crecieron a su antojo, sus ramas se estiraron lo más que pudieron, como si despertaran de una

siesta, y sus frutos y flores celebraban su pertinaz presencia

Yo, como testigo de esta transformación, me aparecía todos los días a la ventana para descubrir algo nuevo y recargarme de la esperanza que te da ver la vida crecer. Y aunque para el resto de mi familia no era más que un lugar horrible y abandonado, para mí se constituyó en el refugio de vida más hermoso.

#### **Descubriendo los tesoros**

Con las plantas empezaron a venir pajaritos; los frutos maduros del árbol de higos son los preferidos de los sinsontes y mirlos. Las flores de la madreselva, cuyo olor es delicioso, atrajo a los colibríes para tomar el néctar. Gorriones y tórtolas paseaban entre la hierba más corta en

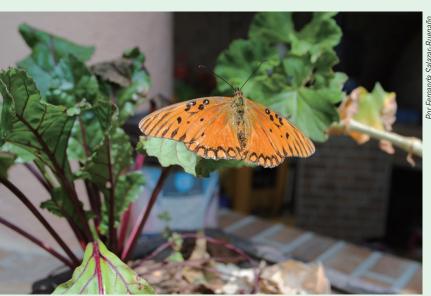


Figura 1. Agraulis vanillae (Linnaeus 1758). Mariposa espejito sobre una planta de remolacha.



Figura 2. El colibrí visitante asiduo del jardín.

busca de semillas. El sinsonte no se cansaba de cantar maravillosamente. Pero lo que a mí más me llamó la atención fue la cantidad de invertebrados que pude encontrar.

Si bien es cierto, que los invertebrados son el grupo más grande y biodiverso del planeta, son capaces de vivir en zonas extremas y han logrado colonizar el aire, la tierra, el agua y a otros seres vivos (Salazar & Donoso 2014). ¿Quién hubiese pensado que en ese pequeño espacio de tierra y en plena urbe encontraría tal diversidad?

Varias especies de arañas, escarabajos, moscas, hormigas, libélulas, cigarras, saltamontes, grillos, lan-

Por Fernanda Salazar-Buenaño

Figura 3. Argiope argentata (Fabricius 1775). Araña plateada de jardín.

gostas, zancudos, lombrices, loritas, abejorros, abejas, chinches, avispas y abundantes mil pies, cien pies, pececitos de plata, chanchitos de la humedad y tijeretas son algunos de los invertebrados que conforman la lista que detallamos a continuación:

#### Phylum Arthropoda

Clase Arachnida (Arañas): Familias Salticidae; Araneidae; Tetragnathidae

Clase Diplopoda (mil pies)

Clase Chilopoda (cien pies)

Clase Malacostraca: Orden Isopoda: (Chanchito de la humedad)

#### Clase Insecta:

Orden Coleoptera (escarabajos): Familias: Chrysomelidae, Curculionidae, Coccinelidae, Cerambycidae, Scarabaeidae, Lycidae, Staphylinidae

Orden Dermaptera (tijeretas)

Orden Diptera (moscas y zancudos): Familias Tipulidae, Tachinidae, Culicidae, Muscidae, Drosophilidae, Syrphidae

Orden Hemiptera (cigarras y chinches): Familias Aetalionidae, Coreidae, Cercopidae,

Orden Hymenoptera (abejas, hormigas, avispas y abejorros): Familias: Apidae, Megachilidae, Formicidae, Ichneumonidae, Scoliidae, Anthophoridae

Orden Odonata (libélulas)

Orden Orthoptera (saltamontes): Familias Tettigonidae, Acrididae, Gryllidae

Orden Lepidoptera (mariposas y polillas): Familias: Nymphalidae, Pieridae, Hesperiidae, Geometridae, Noctuidae, Pyralidae, Arctiidae

Orden Neuroptera: Familia Chrysopidae (loritas) Orden Thysanoptera: Familia Thrypidae (trips) Orden Thysanura (peces de plata)

#### Phylum Annelida

Clase: Clitellata (lombriz de tierra)

No solo descubrí la presencia de estos animalitos, sino que también pude tomar conciencia del rol que tienen dentro de este ecosistema. Pude ver a las mariquitas en acción: son voraces consumidoras de pulgones y ácaros, el eficaz control biológico que ejercen nos ayuda a tener frutos y plantas saludables.

Pude ver cómo las abnegadas mamás cigarras (Aetalionidae) cuidan sus puestas de huevos; permanecen sentadas sobre ellos y ahuyentan a los depredadores con un movimiento de patas frenético. También la relación de mutualismo entre las hormigas y las ninfas de cigarras que reciben protección a cambio de las gotas de miel producidas por las ninfas.

Una guardería para unos chinches rojos supervisados por un adulto. Orugas de mariposa de todos los tamaños comiendo tranquilas las hojas del taxo.

Unas abejas con sus patas llenas de polen que trabajan agenciosas chupando el néctar de las flores. Los chanchitos de la humedad ayudando a degradar la materia orgánica y a eliminar los metales pesados del suelo. Cada uno en su nicho, haciendo su trabajo, manteniendo el equilibrio de la comunidad.

#### Los jardines y parques agroecológicos en las zonas urbanas

En los últimos años la visión de un jardín agrícola en plena urbe ha vuelto a tomar fuerza; pasó de ser un lugar exclusivo de plantas ornamentales para convertirse en un ecosistema agroecológico, que conjuga la idea principal de un espacio verde con la producción de alimentos y la integración de flora y fauna en equilibrio.

Esta visión de una ciudad jardín no es nueva, recuerdo la casa de mis abuelos en el centro de la ciudad con un pequeño huerto de hortalizas, árboles frutales y plantas medicinales para el autoconsumo.

Los motivos que impulsan esta idea vienen del derecho de consumir productos saludables y libres de pesticidas, el cuidado y conservación de la biodiversidad que se ve amenazada por la pérdida de hábitats en las ciudades y, sin lugar a dudas, también es una oportunidad para mejorar la situación económica de familias que viven en situación de pobreza.

Con la pandemia los espacios verdes pasaron a ser los lugares de



Figura 4. Aetalion reticulatum (Linnaeus 1758). Cigarra de la higuera.



Figura 5. Aeshna sp. Cortapelos.



Figura 6. Cheilomenes sexmaculata (Fabricius 1781). Mariquita

descanso y recreación. Cada minuto al aire libre en contacto con la naturaleza nos ayudan a sobrellevar el encierro. Este es el momento perfecto para implementar tu propio jardín; pues, cualquier lugar es propicio: las azoteas de los edificios, las áreas comunales y hasta los balcones pueden servir, así que manos a la obra.

# Algunos cambios para mejorar mi jardín

Para aumentar la biodiversidad en mi jardín comprendí que debía ser tolerante con las "malas hierbas", ya que ellas cubren las necesidades de alimentación y refugios de los polinizadores y de insectos controladores de plagas (abejas, mariposas, avispas, moscas y abejorros).

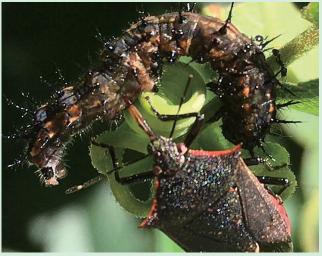
Implementé el reciclaje de desechos orgánicos que funcionan para mejorar la calidad del suelo en lugar de fertilizantes químicos. Y por último, diversifiqué los cultivos con algunas plantas medicinales y hortalizas.

El virus nos arrebató a nuestros seres queridos y nos obligó a rediseñar nuestra vida; pero al mismo tiempo, nos ha brindado la posibilidad de tomar caminos diferentes en pos de conservar nuestra casa común. Es tan corto nuestro paso por el mundo que tenemos que hacer que cada día de vida valga la pena vivirlo. ¡Es hora de empezar a descubrir el tesoro escondido de nuestros jardines!

#### Literatura consultada

Salazar F. & Donoso D. 2014. Viviendo con los invertebrados: en busca del número total de especies del Ecuador. *Nuestra Ciencia* 16.

Meehan A. 2019. Agroecología: otra mirada aplicada a parques y jardines. Revista Economía & Viveros 2019.



**Figura 7.** Control biológico: un chinche alimentándose de una la larva de mariposa del taxo.



Figura 8. El sinsonte tropical (Mimus gilvus), un ave con un bello canto.



Figura 9. Tomate riñón (Solanum lycopersicum).

# Cannabis: la biología y la química del CBD y otros cannabinoides

Por Máster Omar Vacas Cruz (omarvacas@yahoo.com)

Se está produciendo un cambio cultural importante en relación con los usos del cannabis según se van comprendiendo en mayor medida sus numerosos beneficios. Con la reaparición de variedades en las que el contenido de CBD es predominante y la mayor disponibilidad en el mercado de remedios de calidad, esta planta estigmatizada durante siglos se está abriendo camino hacia un lugar prominente en la farmacopea mundial.

Leinow & Birnbaum<sup>1</sup>

# El resurgimiento del CBD y otros cannabinoides como remedios

l cannabinol<sup>2</sup> (CBN) fue el primero de los fitocannabinoides en ser aislado, a finales del siglo XX. Investigaciones actuales demuestran que el CBN se forma a partir del THC durante el almacenamiento postcosecha del cannabis (Fig. 1). R. S. Cahn ilustró su estructura a principios de la década de los treinta, y su síntesis química se logró por primera vez en 1940 en los laboratorios de R. Adams en Estados Unidos y A. R. Todd en el Reino Unido. Este mismo año, Adams y sus colegas obtuvieron un segundo componente del cannabis, el cannabidiol (CBD). En 1942,

Figura 1. Transformación bioquímica de THC a CBN.

Wollner, Matchett, Levine y Loewe extrajeron por primera vez el THC del cannabis. Las formas ácidas THCa y CBDa están presentes en el cannabis, perdiendo esta cualidad química por acción del calor, transformándose en THC y CBD (componentes activos del cannabis medicinal) en un proceso conocido como descarboxilación.

Fue en Israel, en 1963, en el laboratorio del doctor Raphael Mechoulan, donde se descubrieron la estructura y las propiedades estereoquímicas del CBD, y en este mismo laboratorio, al año siguiente, se aisló el THC puro.

Al principio, la investigación se centró en el THC (Fig. 2), ya que se creía en ese entonces que el CBD era un precursor no activo del THC. El CBD es el fitocan-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Leonard Leinow: fundador de Synergy Wellness, colectivo de cannabis medicinal en California & Juliana Birnbaum: antropóloga cultural, fundó Voices in Solidarity.

 $<sup>^2</sup>$  El CBN es un producto de la degradación del THC; su fórmula química es  $C_{21}H_{26}O_2$  y su peso molecular es de 310,43 g/mol. La molécula inestable del THC, cuya fórmula es  $C_{21}H_{30}O_2$ , pierde cuatro átomos de hidrógeno para formar CBN. Este proceso se ve favorecido por el calor y la luz, y no requiere la acción de enzimas.

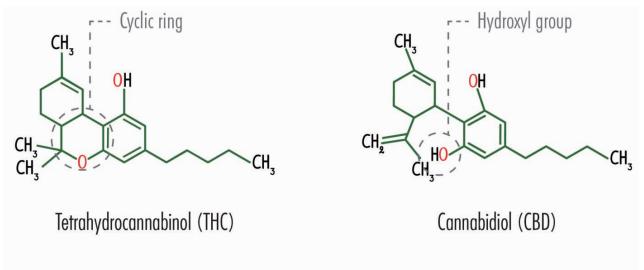


Figura 2. Fórmulas estructurales del tetrahidrocannabinol (THC) y del cannabidiol (CBD)

nabinoide más abundante que se encuentra en todas las variedades de cannabis, incluido el cáñamo, y sus efectos medicinales inmediatos son más sutiles que el THC. En las décadas de 1970 y 1980, Mechoulan y sus colegas encabezaron numerosos estudios que demostraron la eficacia tanto del THC como del CBD en el tratamiento de los trastornos convulsivos y otros problemas de salud.

En 1998, el Gobierno Británico contrató a la empresa GW Pharmaceuticals para cultivar cannabis destinado a ensayos clínicos. El doctor Geoffrey Guy, cofundador de GW, creía que a partir de las variedades ricas en CBD podría crearse un fármaco efectivo para el tratamiento de numerosos problemas de salud sin que se produjesen efectos psicoactivos relevantes. Su investigación fue presentada ante la Sociedad Internacional de Investigación en Cannabinoides, demostrando que el CBD no solo contrarrestaba la psicoactividad del THC, sino que también aportaba beneficios propios y merecía ser investigado para determinar su efecto en una larga lista de enfermedades y dolencias.

En 2009, hubo laboratorios analíticos que empezaron a evaluar el contenido en CBD del cannabis. Se evidenció muestras de aceites con base a cannabinoides que contenían una cantidad significativa de CBD. Por este motivo, Project CBD³, definió que una variedad era "rica en CBD" si este componente constituía al menos el 4 % de su peso en seco.

En los últimos años, a medida que se han ido divulgando las investigaciones del CBD, este se ha hecho más conocido y ha ido teniendo mayor aceptación en todo el mundo. A pesar de las dificultades legales que siguen aún rodeando a los cannabinoides, actualmente hay más acceso a los productos de CBD a escala mundial, incluido el Ecuador.

#### Para comprender la forma en que actúa la planta de cannabis en el cerebro y el organismo en general debemos acudir a la neurociencia

En 1970, se otorgó el Premio Nobel de Medicina y Fisiología a Julius Axelrod (Estados Unidos), Ulf von Euler (Suecia) y Bernard Katz (Reino Unido) que habían efectuado descubrimientos importantes en cuanto a los neurotransmisores. Este premio fue la fase inicial de investigación centrada en los mensajeros químicos utilizados por el cerebro para comunicar información a través del cuerpo. Estos mensajeros, llamados neurotransmisores, envían señales entre las células nerviosas (neuronas) para regular los principales sistemas del organismo. En otras palabras, los neurotransmisores son los mensajeros que transmiten la información entre las neuronas de todo el sistema nervioso (autónomo, central y periférico), y se unen a varios tipos de receptores presentes en la piel hasta la médula espinal y el propio cerebro.

En 1992, el doctor Raphael Mechoulam descubrió que los organismos de animales y seres humanos producen de forma natural lo que se denominó endocannabinoides (compuestos químicos similares a los fitocannabinoides vegetales presentes en el cáñamo y el cannabis).

Los dos principales receptores son el CB1 y el CB2 (Fig. 3); actualmente, se ha descrito el hete-

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Organización sin fines de lucro con sede en California que se dedica a promover y publicitar la investigación acerca de los usos medicinales del cannabidiol (CBD) y otros componentes de la planta de cannabis.

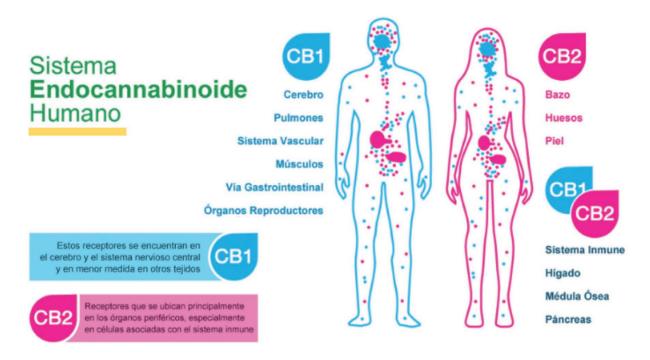


Figura 3. Sistema endocannabinoide y sus dos principales receptores CB1 y CB2

rómero del receptor CB1, con el que se especula podría ser el futuro receptor CB3; estos responden de manera similar tanto a los endocannabinoides producidos por el organismo como a los fitocannabinoides cuando son consumidos, por ejemplo, en forma de aceites cannabicos medicinales. Las células receptoras forman parte de una compleja red de mensajeros químicos del cerebro. Otros sistemas receptores de este tipo utilizan otros tipos de neurotransmisores, como la serotonina, la dopamina, el ácido gamma-aminobutírico (GABA), la histamina o las endorfinas de tipo narcótico. Descritos como una llave que se ajusta a una cerradura, los cannabinoides encajan en los receptores y activan el sistema endocannabinoide.

#### Química y cannabis: un recorrido por los principales compuestos activos de la planta

El CBD tiene una acción indirecta sobre los receptores CB1 y CB2 ya que estimula el sistema endocannabinoide mediante la inhibición de la enzima FFAH, responsable de descomponer en el organismo la anandamida. Cuando más anandamida está presente, el CB1 está más activo y el sistema endocannabinoide cuenta con mayor vitalidad. El CBD también se une a varios otros receptores del cerebro, como la serotonina 5HT1A (contribuye a un efecto antidepresivo), el TRPV1 (contribuye a un efecto antipsicoactivo), al receptor nuclear PPARy (que regula la expresión de los genes) y al receptor huérfano GPR55 (contribuye a sus efectos anticancerígenos y osteoprotectores), entre otros.

Actualmente, se han identificado más de 111 fitocannabinoides. Sin embargo, solo conocemos efectos farmacológicos del 10 % de estos. PudMed<sup>4</sup> contiene alrededor de 30 000 artículos revisados por pares sobre fitocannabinoides (THC, CBD, CBN, CBG, etc.) y endo-

cannabinoides (CB1, CB2, PPARy, TRPV1, GPR18, GPR119, GPR55, y las moléculas de señalización, entre las que tenemos AEA, 2-AG, 2-AGE, entre otros).

El THC (en concentraciones menos del 1%) presenta beneficios terapéuticos; por ejemplo, los aceites medicinales con contenido de THC han sido eficaces para tratar los efectos secundarios de la quimioterapia; entre ellos, el dolor de los nervios periféricos, la inflamación y los vómitos; pero, así mismo y en algunos pacientes psiquiátricos, aumenta la ansiedad y la paranoia. Un ajuste correcto de la dosis en los aceites con contenido de THC, la planificación de la vía de administración del remedio y el cronograma, la personalización del tratamiento y el equilibrio de los fitocannabinoides son un reto para la investigación moderna en esta área.

Otra característica de los fitocannabinoides es que funcionan mejor en la planta entera o como

<sup>4</sup> PubMed es una base de datos, de acceso libre y especializada en ciencias de la salud, con más de 19 millones de referencias bibliográficas.

extractos full-spectrum<sup>5</sup>, que como productos aislados, refinados o sintetizados. El THC puro tiene efectos psicoactivos que se ven parcialmente modificados y significativamente reducidos si hay unos niveles altos de CBD. Por ejemplo, en el tratamiento de la espasticidad de la esclerosis múltiple, la misma proporción de CBD y THC fue más efectiva que el THC puro o el CBD puro. En un estudio, un alto nivel de THC en un extracto de planta revirtió la progresión de la esclerosis múltiple, mientras que el CBD en un extracto de la misma planta no lo hizo.

En un meticuloso estudio realizado en Israel en 2015 se comprobó que el CBD puro tenía un intervalo de dosificación muy estrecho (ventana terapéutica), dentro del cual aliviaba el dolor y la inflamación. El extracto de toda la planta enriquecido con CBD, con niveles muy bajos de THC, cannabicromeno (CBC), cannabigerol (CBG), cannabinol (CBN) y cannabidivarina

(CBDV), favorece como analgésico y antiinflamatorio a medida que aumentaba la dosis y se mostró mucho más efectivo que el CBD puro. En efecto, el THC actúa como un catalizador que hace que el CBD funcione mejor.

# Los terpenos y su capacidad para modificar la acción farmacológica de los cannabinoides.

Además de los cannabinoides, hay otras moléculas biológicamente activas en la planta de cannabis. Estas moléculas aportan efectos terapéuticos; pero, además, proporcionan sensaciones de olor y sabor. Los terpenos son compuestos químicos muy habituales en las plantas, animales y microorganismos, que actúan como importantes mensajeros celulares biosintéticos. Muchas hormonas, como los estrógenos, tienen la misma estructura química orgánica básica que los terpenos.

Los terpenos (Figura 4) son aceites secretados por los pelos glandu-

lares que se encuentran con mayor densidad en las hojas florales y las flores femeninas. Su sabor y olor permiten identificar la variedad de la planta, y cada variedad tiene determinados efectos sobre la salud. Algunas variedades de la planta de cannabis son asociadas con el olor o sabor del pino, el pomelo, el limón, el mango o la lavanda. A continuación, vamos a realizar la descripción de tres terpenos diferentes:

#### El mirceno

El terpeno más común producido por el cannabis es el β-mirceno. En algunas variedades de cannabis, constituye hasta el 60 % de los aceites esenciales. Las variedades *indica* que tienen unos niveles de mirceno superiores al 0,5 % pueden tener un efecto sedante. El aroma del mirceno se ha descrito como almizclado, terroso y herbáceo, algo similar al del clavo de olor.

El mirceno tiene determinadas propiedades medicinales: Actúa como relajante muscular y sedante.

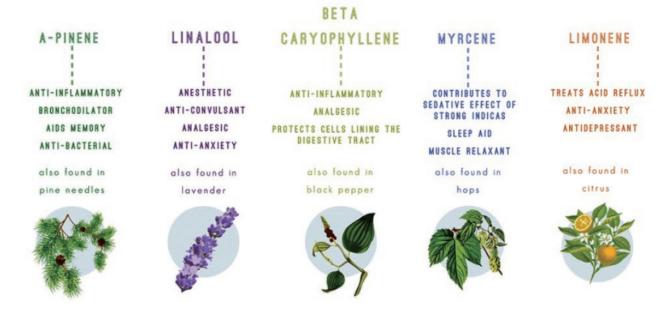


Figura 4. Algunos terpenos y su actividad farmacológica.

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Es un extracto de cannabis que contiene todos los componentes encontrados en la planta, es decir, todos los cannabinoides, terpenos, flavonoides y ácidos grasos.

Reduce las resistencias en el paso por la barrera hematoencefálica. Es un potente analgésico, antiinflamatorio, antibiótico y antimutagénico, además inhibe la acción del citocromo P450 y otros carcinógenos promutagénicos. En 2014, un estudio reveló que actúa como inhibidor de las úlceras gástricas y duodenales y sugería ser útil para prevenir la úlcera péptica.

#### El limoneno

Las variedades de cannabis con alto contenido de limoneno tienen un fuerte olor a cítrico y promueven una mejoría general del estado de ánimo y la actitud. El limoneno es un monoterpeno monocíclico. Se caracteriza porque se absorbe rápidamente en el torrente sanguíneo; asimismo, es un agente antifúngico e insecticida natural con una toxicidad baja y pocos efectos adversos.

#### El betacariofileno

Es el único terpeno conocido que interactúa con el sistema endocannabinoide. Los estudios muestran que se une selectivamente al receptor CB2 y que es un agonista funcional de este mismo receptor. El betacariofileno es un ligando funcional no psicoactivo del receptor CB2 en los alimentos y un cannabinoide antiinflamatorio macrocíclico en el cannabis.

En 2012, investigaciones mencionan que el betacariofileno es un excelente agente terapéutico para prevenir la nefrotoxicidad causada por medicamentos de quimioterapia. Adicionalmente, se ha mostrado que la combinación de CBD y betacariofileno, administrada por vía oral, constituye un tratamiento eficaz para el dolor crónico.

#### Resultados de diversos estudios sobre el efecto del cannabis en la calidad de vida

El CBD y otros remedios basados en el cannabis tienen el potencial de ser herramientas importantes en la lucha contra el problema de salud actual, en la que se da abuso y sobredosis de fármacos. Se han empleado con éxito como sustitutos de los fármacos basados en opioides para aliviar el dolor. En la edición de junio de 2016 de The Journal of Pain, los investigadores Boehnke, Litinas y Clauw mostraron que el consumo de cannabis medicinal estaba asociado con una disminución del 64 % del consumo de opioides en pacientes con dolor crónico.

Los países con programas de cannabis medicinal o que tienen legalizado el cannabis con fines médicos son una fuente muy interesante de obtención de información sustentada en la realidad de los pacientes.

Los países con programas de cannabis medicinal o que tienen legalizado el cannabis con fines médicos son una fuente muy interesante de obtención de información sustentada en la realidad de los pacientes.

En un estudio publicado en 2011, basado en una encuesta realizada a más de 1700 pacientes pertenecientes a nueve dispensarios de California, se descubrió que las principales razones por las que los pacientes utilizaban cannabis eran para aliviar el dolor, los espasmos musculares, los dolores de cabeza, la ansiedad y la depresión; para mejorar principalmente su calidad de sueño, así como el apetito y la concentración y para prevenir los efectos secundarios de las medicinas de prescripción.

#### Literatura consultada

Backes. M. 2015. La farmacia cannábica: guía práctica para el uso de la marihuana medicinal. Pampa Books. Argentina.

Bouso, J.C. 2019. Cannabis Medicinal. De droga prohibida a solución terapéutica. Editorial Amat. España.

De la Fuente, J.R., Álvarez-Icaza, D., Rodríguez-Carranza, R., Ramos-Lira, L., Próspero-García, O., Mesa-Ríos, F., Zabicky-Sirot, G. & M. Melgar-Adalid. 2016. *Marihuana y salud*. Fondo de Cultura Económica. Academia Nacional de Medicina. Universidad Autónoma de México. México.

Earleywine, M. 2005. Entender la Marihuana: reconsiderando la evidencia científica. Editorial MASSON, S.A., Elsevier. España.

Leinow, L. & J. Birnbaum. 2017. CBD: el cannabis medicinal. Guía para el paciente. Editorial Sirio, S.A. España

Riera, E. 2014. Cómo cura el cannabis.

Descubre sus propiedades y aplicaciones terapéuticos y nutritivas. RBA
Libros S.A. España.

# En búsqueda de una verdadera Conservación

Por Lic. Anaid Simone Paladines A. Museo de Mastozoología de la PUCE (anaid.simone@yahoo.com)

> "Lo que hace que algo sea imposible, no es nuestro miedo, sino, nuestra indiferencia".

#### Introducción

onservación es una palabra muy compleja, no por falta de definición sino por falta de ejecución. En efecto, de la mano de personas que admiro aprendí que el camino para llegar a la Conservación es la "Educación", la "Investigación" y la "Acción". Si no se las aplica en conjunto no se logra la "Protección". Sin embargo, por experiencia propia también aprendí que estas no bastan, ya que dependen de aspectos culturales, sociales, burocracias y políticas de los gobiernos de turno. Entonces, surge la pregunta del millón: ¿Cómo se hace realidad una verdadera Conservación?

#### La cruel realidad que impide una verdadera Conservación

En el año 2018, estuve a cargo del estudio de las comunidades de delfines costeros Tursiops truncatus o también conocidos como delfines nariz de botella, en el estuario (río que en su desembocadura se encuentra con el mar) interior del golfo de Guayaquil, sector de El Morro y Posorja. Estos mamíferos marinos presentan amplia distribución en zonas tropicales y templadas alrededor del mundo y gran flexibilidad ecológica para adaptarse a diferentes ambientes incluyendo cos-

tas, aguas profundas y estuarios (Natoli et al., 2005). Exhiben patrones de distribución variables, ya que algunas poblaciones o subespecies son residentes en áreas de unas pocas decenas de kilómetros cuadrados; otras son migratorias y otras parecen ser nómadas (Wells et al., 1987). Esta variabilidad sugiere que no en todas las poblaciones de delfines es posible predecir los patrones de distribución; por esto, la mayoría de estudios sobre los patrones de movimiento de Tursiops hasta la fecha se han concentrado en poblaciones costeras. Lamentablemente, existen pocos estudios que evalúan los límites de distribución y cómo la especie utiliza las diferentes áreas dentro de su ámbito hogareño (área utilizada regularmente por un individuo o grupo en el curso de sus actividades diarias), junto con los factores que afectan

los patrones espaciales y temporales de distribución y abundancia. En hábitats abiertos es común encontrar grupos grandes, con baja fidelidad al sitio y amplios ámbitos hogareños. Las poblaciones costeras, en cambio, suelen ser más reducidas, al igual que su ámbito hogareño; además, presentan alta fidelidad al sitio, por lo que son más propensas a tener contacto con actividades humanas que pueden poner en riesgo su supervivencia (Martínez-Serrano et al., 2011).

La necesidad de identificar los hábitats críticos y las áreas de conservación prioritarias para los mamíferos marinos costeros se ha acelerado en los últimos tiempos debido al aumento de las actividades humanas en las zonas costeras. El impacto acumulativo de amenazas antropogénicas a lo largo del tiempo puede provocar el despla-

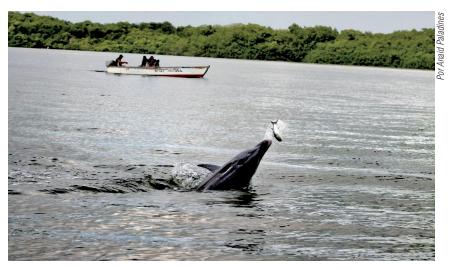


Figura 1. Delfín alimentándose cerca al canal de El Morro.

zamiento de delfines de un área o la disminución de la población. Por esta razón, fue importante incrementar el conocimiento sobre las dos comunidades de delfines costeros de El Morro y Posorja en aspectos demográficos, ecológicos y comportamentales.

#### La huella del comercio mundial

Actualmente, existen alrededor de siete mil puertos marítimos en el mundo; puesto que más del 90 % de la mercancía comercializada en nuestra sociedad es movilizada por barcos, lo cual demuestra su gran importancia en la economía mundial. El tráfico marítimo puede ocasionar desviaciones en el comportamiento de la fauna marina, produciendo timidez, evasión y desplazamiento de la zona afectada (Richardson et al., 2013). Estas desviaciones de los patrones naturales de comportamiento tienen efectos sobre la salud de la especie, ya que influyen en su reproducción, crianza, búsqueda de alimento y descanso. Los puertos generan gran impacto ambiental sobre poblaciones de delfines al tener que modificar la zona costera y marina advacente para crear nuevas infraestructuras; también, por la creciente contaminación acústica que puede enmascarar sonidos utilizados por la especie, dificultan la alimentación, socialización e incluso afectan la capacidad auditiva de los delfines, lo cual aumenta el riesgo de colisiones. Además, la búsqueda de alimento impulsa a los delfines a recorrer distancias más grandes, afectando así la distribución costera de esta especie.

#### Una población condenada

En Ecuador esta especie se distribuye cerca a la costa y en las islas Galápagos. Se identifican dos ecotipos: uno oceánico (en zonas pelágicas) y otro costero (en zonas estuarinas y cercanas a la costa) según sus características morfológicas y ecoló-

gicas (Félix *et al.*, 2017). A pesar de que la UICN registra a *T. truncatus* como una especie de preocupación

de los delfines y cómo estas se verán afectadas por las diferentes actividades humanas en la zona.



**Figura 2.** Grupo de delfines alejándose de Posorja (No se han realizado estudios de su distribución en la noche).

menor a nivel mundial, el Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador lo categoriza como Vulnerable bajo el criterio A3ace (este término se refiere a la disminución evidente de más del 50 % de su población en los últimos diez años). Investigaciones han demostrado que la población de delfines en el Golfo de Guayaquil ha experimentado un decrecimiento del 50 % en los últimos 25 años. En Posorja había 115 delfines en 1990; 55, en 2015, y 19 en 2018; este decrecimiento posiblemente está relacionado con el incremento de las actividades humanas. Las principales amenazas que afectan este ecosistema son las siguientes: la degradación del hábitat por destrucción de manglar para la construcción de camaroneras, el uso sin control de redes agalleras, el incremento del tráfico marítimo y la contaminación marina, sin olvidar la construcción del Puerto de Aguas Profundas. Para abordar esta problemática, fue necesario calcular rangos de distribución para identificar las áreas centrales y representativas según el estado comportamental, y de esta manera evaluar la importancia y la función ecológica de las áreas de alta incidencia

# Potenciales impactos del Puerto de Aquas Profundas

El Puerto de Guayaquil es el principal del país; por este se moviliza el 70 % del comercio exterior. Sin embargo, por sus características, no podía captar barcos de gran calado, por lo que surgió la necesidad de construir un Puerto de Aguas Profundas con capacidad para recibir embarcaciones grandes en la zona de Posorja. La construcción de este puerto va a ocasionar el mayor impacto al que estas comunidades de delfines se han enfrentado, debido a la alteración del fondo estuarino y columna de agua por las actividades de dragado, potenciales derrames de contaminantes y colisiones con barcos. También podría impulsar a los delfines a buscar nuevas áreas de alimentación, junto a zonas adecuadas para descanso y socialización. Seguramente, la estructura social de estos delfines se vería afectada si los grupos de individuos se dispersan, lo cual incrementaría el riesgo de depredación o competencia con otras poblaciones.

#### **Entre delfines y comuneros**

Esta experiencia de vida e investigación me ha permitido también des-

cubrir la existencia de otros mamíferos, aves y reptiles en la isla Puná; de igual forma, he captado la presencia de bioluminiscencia en sus playas y esteros. A pesar de esta riqueza en biodiversidad, falta realizar investiga-

ciones que permitan la conservación de especies en la isla. Si no conocemos lo que tenemos, ¿cómo podemos protegerlo?

El propósito de este trabajo fue darles voz a quienes no tienen voz; creí que se trataba solo de animales; pero, conocí realidades que consideré ajenas a nuestro

país. El tiempo de estudio me hizo comprender que en pleno siglo XXI, aún hay personas sin voz. Está claro que por el descuido que han sufrido las áreas de salud y educación, hoy todos pagamos las consecuencias. Y esto se hace más evidente en los sitios olvidados del país, como es el caso de las comunas de la Isla Puná, Parroquia de Guayaguil, Provincia del Guayas. Localidades que carecen del principal servicio básico, agua potable y no pueden acceder a una atención médica de emergencia. Esta situación se evidenció más en estos tiempos; mientras la atención mundial se centró en la pandemia del Covid-19, en Ecuador el dengue siguió cobrando vidas. Por falta de hidratación y atención médica, niños que vi crecer por 5 años murieron con dengue hemorrágico.

Esta tragedia dio paso a la creación de la iniciativa S.O.S Puná, la cual permitió llegar con ayuda humanitaria y equipo de fumigación a 10 comunas, a 2500 personas aproximadamente. Esto me demostró que cuando todos asumimos una responsabilidad social y nos comprometemos con una causa

en común podemos lograr lo inimaginable. Llegamos a personas que no tienen acceso ni siquiera a una canasta básica, por lo cual el producto donado fue considerado un "producto de lujo" en sus mesas.



Figura 3. Estibador con su gata rescatada, con la que compartía sus 50 ctvs. (ganancia diaria).

#### El basurero de Guayaquil

Ni la falta de agua, alimento o salud, les afecta tanto como el problema de la basura. La isla se encuentra invadida de basura que no es generada por los moradores, y, desgraciadamente, son ellos los que deben

debido a basura de los barcos, falta de plantas de tratamiento residuales de las empresas procesadoras de pescado y, principalmente, a todo tipo de desechos que el río Guayas arrastra hacia sus playas y estero, el cual tiene una extensión de 5 kilómetros donde se pueden observar redes de pesca y cabos enredados en las raíces del manglar. Lamentablemente, esta situación continuó agravándose con la construcción del Puerto de Aguas Profundas.

La realidad de los animales no es diferente, ellos son los más afectados. Soy testigo de colisiones de delfines con botes pesqueros y de turismo, enredos en artes de pesca, contaminación de derrames de aceite, desperdicios de las plantas procesadoras de pescado y basura, que también afecta a la supervivencia de las aves. De igual forma, se han encontrado lobos marinos y ballenas varadas por colisiones con botes. Sin olvidar, las pésimas condiciones en la que se debaten los animales domésticos.



Figura 4. Playa contaminada por basura, al día siguiente de una minga de limpieza.

lidiar con este problema, afectando no solo su salud sino ahuyentando el turismo que puede convertirse en el mayor potencial económico de la población. Y a pesar del esfuerzo por mantener limpias las playas a lo largo de 18 kilómetros, esto no es posible

#### ¿De qué sirvió tanto esfuerzo?

Con dolor, debo decir que "casi" no sirvió de nada. Con impotencia he sido testigo de que la realidad no ha cambiado. No salvé ningún delfín, no mejoré la situación de los animales domésticos y tampoco mejoró las

condiciones de vida de las personas. No basta quejarnos, protestar, denunciar para darle paz y satisfacción a nuestra conciencia. Debo indicar que esta experiencia me cambió la vida, me hizo aterrizar y cuestionar la indiferencia de nuestra sociedad. No aceptaré más las cosas que no puedo cambiar, pero trataré de cambiar las cosas que no puedo aceptar.

Los estudios y datos recogidos por la comunidad científica son una evidencia clara del deterioro que ha sufrido el medio ambiente. La biodiversidad y los ecosistemas nos brindan servicios esenciales para el bienestar humano, además que son importantes para el desarrollo socioeconómico de la sociedad. Y concluyen que la conservación y el uso sostenible de los recursos permiten avanzar hacia un modelo de economía verde y un desarrollo que minimice el impacto de las actividades humanas. ;En dónde está la ética, la educación, la responsabilidad social y ambiental? Deben dejar de ser tan solo palabras para convertirse en hechos de vida.

### "La indiferencia es el apoyo silencioso a favor de la injusticia".

Cuando reclamas, por qué te dan coca cola en lugar de jugo natural o agua, recuerda que hay otras miles de personas que la consideran una golosina, porque están acostumbradas a tomar agua salobre y estancada.

Cuando no te importa cortar la cola de un delfín, para no dañar tu red de pesca; el mundo entero llora porque ve próximo el fin de estos seres

¿Por qué gastar billones de dólares en ir a Marte, si podemos usarlos para reconstruir la Tierra?

Alguna vez lei: "¿Recuerdan cuando de niños llorábamos y nuestros padres decían: ya te daré algo para llorar en serio? Nosotros creíamos que nos iban a castigar, pero en su lugar destruyeron nuestro planeta y derritieron los polos". Muchas veces, la mayo-

sin criterio que se amarran a árboles. Esto sucede porque no logramos expresar de buen modo lo que nos gustaría transmitir. Hemos sido testigos de múltiples marchas: ambientales, sociales, políticas, entre muchas otras. Y la realidad no ha cambiado. El planeta tiene las horas contadas. Si no nos comprometemos en verdad a ACTUAR no conseguiremos nada. ¿Qué sacamos con la unión sin acción? Pocas personas, con compromiso y acción, logran cambios reales, que miles de persona unidas protestando. Recordemos siempre que "La indiferencia es el apoyo silencioso a favor de la injusticia" (Jorge González Moore).

#### Literatura consultada

Félix, F., et al. (2017). Decreasing population trend in coastal bottlenose dolphin (Tursiops truncatus) from the Gulf of Guayaquil, Ecuador. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 27(4), 856–866. https://doi.org/10.1002/aqc.2763.

Martinez-Serrano, I., et al. (2011). Distribution and home range of bottlenose dolphins (<i>Tursiops truncatus<i>) off Veracruz, Mexico. Ciencias Marinas, 37(4A), 379–392.

Natoli, A., *et al.* (2005). Habitat structure and the dispersal of male and female bottlenose dolphins (Tursiops truncatus). Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 272(1569), 1217–1226. https://doi.org/10.1098/rspb.2005.3076.

Richardson, W., *et al.*(2013). Marine mammals and noise. Academic press.

Wells, R., et al. (1987). The Social Structure of Free-Ranging Bottlenose Dolphins the Social Structure of Free-Ranging Bottlenose Dolphins. New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-9909-5.



**Figura 5.** Niños de la comuna de Cauchiche jugando junto al cadáver de una ballena jorobada.

#### A manera de conclusión

Te invito a reflexionar acerca de lo que decimos y hacemos:

ría de las personas, toman a mal este tipo de frases y nos consideran a los ecologistas como manifestantes locos

# JAIME COSTALES CORDERO: UN DOCENTE E INVESTIGADOR INFATIGABLE DEL CISEAL DE LA PUCE

Por Dr. Alberto B. Rengifo A. Escuela de Ciencias Biológicas (arengifo@puce.edu.ec)

uando empiezo a escribir el perfil del Ph. D. Jaime Costales Cordero, vienen a mi mente, en tropel, una serie de gratos recuerdos de cuando tuve la suerte de ser su profesor en Redacción I. Esta materia, en la carrera de Ciencias Biológicas de la PUCE, se impartía a partir del tercer semestre, cuando los estudiantes habían pasado la criba de un año universitario y cuando realmente estaban decididos a estudiar Biología.

Jaime perteneció a una excelente generación de biólogos: estudiosos, honestos y amigables. Siempre tranquilo, respetuoso y solidario era muy querido por sus compañeros. Por esas cosas que tiene la vida, en estos tiempos de encierro involuntario, revisando viejos documentos, encuentro el borrador de las notas con las que pasó esa linda generación ese semestre. Reviso, me detengo en un nombre: Jaime Costales C. Veo la nota: 50/50. Era una nota de excelencia que reflejaba no solo que los conocimientos de gramáti-



Listo y dispuesto para comprender el funcionamiento de la vida a nivel celular y molecular en su laboratorio.

ca, ortografía, escritura de párrafos y cortos ensayos y metodología del trabajo científico habían sido asimilados, sino sobre todo que Jaime no iba a perder jamás la esperanza de ser, de caminar, de transitar por el universo de las palabras.

Justamente, un año y medio después, le tuve nuevamente como alumno en Redacción II; asignatura optativa que obligaba a leer y escribir sin descanso artículos de divulgación científica, pero que también motivaba a adentrarse por los vericuetos del arte de relatar. Por esto, Jaime Costales y Leticia Torres dejaron volar su imaginación y escribieron sendos cuentos que lo leyeron en una ceremonia especial que se llevó a cabo en el Auditorio del quinto piso del Edificio de Ciencias de la PUCE, ante la comunidad

universitaria: autoridades, profesores, estudiantes, amigos.

Jaime leyó su cuento La verdadera vocación con claridad, sentimiento y convicción. Cuando terminó de leer, la concurrencia le aplaudió con verdadero entusiasmo. Yo me sentía feliz, orgulloso, porque comprobaba que mi humilde palabra había abierto surcos donde plantar y cosechar. Después de ese semestre, le perdí de vista. Pasaron algunos años, y de pronto me enteré de que Jaime, graduado en la Ohio University, USA, convertido en un flamante Ph. D., regresaba a trabajar como docente e investigador en nuestra Escuela de Ciencias Biológicas.

Cierta tarde, bajé a su oficina con el ánimo de saludarle y engancharle como articulista para Nuestra Ciencia. Timbré la puerta. Me abrieron y me hicieron pasar a su oficina. Se encontraba escribiendo en su computadora. Apenas dije buenas tardes, Jaime se puso de pie y nos dimos un afectuoso abrazo que rubricaba la enorme felicidad que sentíamos por volver a reencontrarnos. Ahora, ya no éramos maestro y alumno, éramos colegas; pero sobre todo amigos dispuestos a caminar apoyándonos cuando la vida lo requiriese. Y conversamos y conversamos. En esa tarde, me enteré de muchos aspectos de la vida de Jaime que comparto con usted amigo lector.

#### Su inclinación por la Biología

Jaime Costales Cordero nació en Quito. Estudió la primaria en el Borja 2 y la secundaria en el Centro Educativo Integral. Siempre amó a los animales. Desde niño, le intrigaron todo tipo de seres vivos y su relación con las montañas, con el mar; por esto, abrazó sin dudarlo las ciencias de la vida.

Recuerda que cuando tenía seis años, su padre le había preguntado: "qué quería ser de grande". Él, sin vacilar un instante, le había contestado: "algo que tuviera que ver con los animales y seres vivos". Entonces, su padre, que había recibido clases de Antropología Física con la Dra. Laura Arcos, le había dicho: "Debes estudiar Biología en la PUCE con la Dra. Arcos". Doce años después, Jaime ingresaba a la escuela de Ciencias Biológicas de la PUCE.

# Su afición por las artes marciales

Resulta interesante saber que Jaime se daba tiempo para ser un gran estudiante, pero también para practicar las artes marciales y deportes de combate: Kung-fu, karate, kickboxing, boxeo, jiu-jitsu brasileño, judo. Por muchos años,

compitió en kickboxing mientras estudiaba en Estados Unidos, incluso fue a competir en Europa. Y hasta hace algunos años, competía en los circuitos profesionales de artes marciales mixtas aquí en Ecuador. Llegó a disputar el título Welter dos veces, en QFC y EMMA, dos de las organizaciones más importantes de artes marciales mixtas del país.

#### Por el andarivel del laboratorio

Jaime ama el campo; pero lo ve más como un lugar de contemplación y conexión con la naturaleza, que como su sitio de trabajo. Por esto, se inclinó por el laboratorio porque le fascina comprender el funcionamiento de la vida a nivel celular y molecular puesto que todas las manifestaciones de la vida a niveles superiores están ancladas a fenómenos que ocurren a nivel molecular.



Concentrado en realizar cultivos celulares, una de sus tantas tareas habituales.

Gente que hace historia 55

#### La universidad de Ohio en su horizonte

Recuerda con satisfacción que antes de defender su tesis de licenciatura en la CATO, él ya inició sus estudios en el programa de Ph. D. en Biología Molecular y Celular en la Universidad de Ohio, en EEUU. A los tres meses, regresó a defender su tesis de licenciatura. Y luego "voló" a la Universidad de Ohio para seguir estudiando durante cinco años intensos y obtener su Ph. D. Infatigable, estudió por tres y medio años un post-doctorado en el Departamento de Inmunología y Enfermedades Infecciosas de la Escuela de Salud Pública de la Universidad de Harvard, en Boston.

#### De regreso a su *alma mater* y su trabajo como docente e investigador

Siempre fue su idea regresar al Ecuador para trabajar por el desarrollo del país. Por esto, durante su tiempo en EEUU, nunca perdió contacto con la PUCE; más bien, participó constantemente en provectos conjuntos durante su entrenamiento doctoral y post-doctoral. Por esto, cuando decidió retornar al Ecuador, los Dres. Grijalva y Arcos-Terán facilitaron su ingreso a formar parte de la Escuela de Ciencias Biológicas de la PUCE, se podría decir que fue una transición natural. Desde ese entonces, agosto del 2008, se desempeña como docente en Ciencias Biológicas y como investigador en el Centro de Investigación para la Salud en América Latina (CISeAL), lo cual le supone trabajar 10 o más horas al día que las realiza sin quejarse, más bien con alegría y satisfacción.

#### Preguntas y respuestas

Para escribir este perfil, me hubiera gustado departir con Jaime, sentados en la cafetería de la PUCE, y mientras tomamos un sorbo de café y comemos un trozo de una humita calientita, hacerle las mil y una preguntas. Pero esta pandemia se interpone y me obliga, para terminar su perfil, a enviarle algunas cuestiones a través de la virtualidad. Así que, apreciado lector, le invito a leer sus respuestas para que usted saque sus conclusiones sobre este infatigable joven científico.

#### ¿Cuál es la misión de un Ph. D. en ciencias?

Generar conocimiento científico nuevo. Utilizar todo el conocimiento con el que contamos en la actualidad para dar pasos nuevos y comprender cada vez un poquito más de las cosas que no entendemos todavía (¡que son muchísimas!). Obtener los fondos para poder realizar esas investigaciones. Difundir el conocimiento adquirido (publicaciones científicas, charlas, clases, informes y recomendaciones para las autoridades y otros actores claves). Entrenar a las nuevas generaciones de científicos.

#### ¿Qué significa para ti el CISeAL?

Yo fui parte de los inicios del grupo de investigación que hoy constituye el CISeAL; fui el primer estudiante de tesis de Mario Grijalva. En esa época, no teníamos un espacio físico propio, no teníamos ni siquiera una micropipeta. Yo tenía que hacer parte de mi trabajo de tesis de licenciatura en el Instituto Izquieta Pérez, donde nos prestaban unos equipos, y llevar en bus el experimento a medias para completarlo en el laboratorio de Bioquímica de la PUCE. Otra parte la hacía en Cruz Roja. ¡Pasar de esa realidad a trabajar en un edificio de 10 000 m² y seis plantas, diseñado específicamente para la investigación biomédica de alto nivel es un cambio inmenso! Y yo he vivido ese cambio, he sido protagonista en este proceso por más de 20 años. Considero que mi esfuerzo y mi trabajo (en conjunto con todos quienes formamos el CISeAl, por supuesto) han contribuido a que este Centro sea una realidad. Para mí, el CISeAL es el medio para que quienes trabajamos en la PUCE podamos cristalizar nuestro amor al país por medio de nuestro trabajo en Ciencias Biomédicas.

#### ¿Cómo amalgamas tus roles de docente e investigador?

Parte de la misión del investiga-



CISeAL: Su lugar de trabajo. Un edificio de 10 000 m² y seis plantas, diseñado específicamente para la investigación biomédica de alto nivel.

dor es entrenar a las nuevas generaciones, a los nuevos investigadores. El dar clases, dirigir tesis, etc., son parte de esa misión. Es hermoso mantener discusiones científicas enriquecedoras con los jóvenes estudiantes, durante las clases. Es maravilloso cuando un estudiante que uno ha entrenado acaba su tesis, publica un artículo, es aceptado para un programa de Ph. D. prestigioso o triunfa de alguna forma en la ciencia.

#### ¿Qué significó para ti esta lucha contra el CO-VID-19?

Ha significado una oportunidad inmensa para cumplir la misión del CISeAL. Una oportunidad para poner nuestro conocimiento y la infraestructura y equipamiento del Centro al servicio del país en momentos muy difíciles. Para trabajar incansablemente y vivir en carne propia el "ser más para servir mejor". Me queda la inmensa tranquilidad de que, cuando la pandemia haya pasado, yo podré mirar hacia atrás y saber que fui parte de la solución y no del problema, saber que estuve en el lugar exacto, haciendo con todas mis fuerzas aquello que era correcto y necesario.

#### ¿Derrotaremos a este COVID -19?

Estoy completamente convencido de que así será. Los seres humanos somos resilientes. La ciencia guiará el camino.

# ¿Cuál sería tu mensaje a los jóvenes que están estudiando Biología u otra carrera en la universidad en medio de esta pandemia?

La pandemia ha puesto en evidencia, como nunca antes, la importancia de la ciencia para guiar el progreso humano. Para quienes se preparan para ser científicos, esa debe ser una motivación para seguir adelante y buscar siempre la excelencia. Son tiempos difíciles, pero nos sobrepondremos a ellos.

\*\*\*\*

Todavía tendría muchas cosas que escribir de Jaime, pero debo ya concluir esta semblanza. Miro las fotos que me enviara a propósito de su artículo acerca de su viaje a la Patagonia chilena. Mis retinas se fijan en la foto en la que se toma un descanso antes de continuar hacia "Mirador Inglés" en el Parque Nacional Torres del Paine en la Patagonia chilena. Está como siempre: tranquilo, sosegado, pero ilusionado por continuar su aventura. Pero me encandila la foto en la que se le ve caminando rumbo a los glaciares del Campo Sur de la Patagonia chilena.



Casi siempre, un pequeño descanso fortifica el cuerpo y el alma.



Con paso de vencedor, hacia la cumbre: la realización de sus sueños

Avanza con pie firme, con la mochila sobre sus hombros. Al fondo está el glaciar, está su sueño, su meta: reencontrarse consigo mismo para abandonar sus amarras y seguir aportando sin miedos ni titubeos al desarrollo integral de las personas, como un medio de realización personal porque, como lo dice al final de su cuento *La verdadera vocación* (1997), escrito en su primera juventud:

"Ella había descubierto que más importante que la posesión misma de la verdad, era el ardiente deseo de encontrarla. Por eso se había hecho científica: porque era uno de esos seres que tienen el espíritu y la mente siempre despiertos. Y aunque muchas veces lo único seguro era su propia incertidumbre, nunca perdió el deseo de seguir buscando qué era lo que había un paso más adelante. Porque para alguien como ella, el abandonar sus sueños era sinónimo de estar muerta".

¡Qué bueno es para la sociedad que estos infatigables docentes-investigadores, como Jaime, estén en la PUCE haciendo realidad sus sueños y el de los demás!

Gente que hace historia 57



Por Jaime A. Costales C. Ph. D. CISeAL. PUCE jacostalesc@puce.edu.ec

uienes me conocen saben que la muerte de mi hermano ha sido la peor tragedia de mi vida. Desde que él falleció, por más de cuatro años (4 años, tres meses y dos días, para ser exacto), me vestí completamente de color negro. Incluso consideré hacerlo de por vida. Pero a inicios del 2020,

sentía que era hora de dejar el luto; especialmente, porque notaba que el vestirme así hacía que mi madre se entristeciera. Sin embargo, para mí era sumamente difícil dar el paso de dejar la ropa negra.

Tenía pendiente visitar a mis primos en Chile y, junto con la Gaby Albuja, mi novia, en aquellas épocas, y mi compañera inseparable de viajes, decidimos que queríamos ver la Patagonia también.

Compramos pasajes para finales de enero, cuando podíamos tomar vacaciones. Tuve tan mala suerte, que sufrí una lesión grave y tuve que operarme el hombro derecho a inicios de enero. Simultáneamente, sufrí un daño nervioso, que me inhabilitaba a utilizar adecuadamente el brazo izquierdo. Aun así, tres semanas después de la cirugía, decidí que el viaje seguía en pie, y nos fuimos.

Llegamos por avión a Puerto Natales, un pueblito muy al sur de Chile. Desde el aire se podían divisar increíbles montañas y algunas secciones del Campo de Hielo Patagónico Sur... ¡glaciares que cubren una superficie 1.7 veces mayor que la provincia de Pichincha! Tuvimos suerte con el clima y, desde el avión, pudimos ver las famosas Torres del Paine (Fig. 1). Lo que siguió fueron cinco días de caminata, pasando por distintos sitios designados como campamento, en donde plantábamos nuestra carpa para pernoctar (yo, por mis lesiones, con la misma falta de destreza en las extremidades superiores de un *Tyrannosaurus rex*) y preparábamos, en una pequeña cocinilla de camping, la comida que llevamos. Cada día, caminábamos por varias horas en terreno difícil, y cargar la mochila sobre un solo hombro era una tortura. Caminábamos por valles, junto a montañas y lagos, cruzábamos puentes que colgaban a decenas de metros sobre ríos azules. Cada campamento está ubicado en lugares fantásticos, con paisajes grabados por el paso de glaciares durante milenios. Parajes de una belleza indescriptible, que parecen realmente arrancados de las páginas de algún cuento. Pudimos ver varios cóndores andinos, lobos de páramo, y se cruzó por ahí también (aunque yo no tuve la suerte de verlo) un puma.

Hay varias formas de recorrer el Parque Nacional Torres de Paine. El circuito que nosotros hicimos se llama "W" (Fig. 2), por la forma que tiene el trayecto. El primer día fuimos a las famosas Torres del Paine (Fig. 3), que son de una belleza sobre-



Figura 1. Torres del Paine vistas desde el avión antes del aterrizaje en Puerto Natales.



Figura 2. Caminata por el circuito "W" del Parque Nacional Torres del Paine. En el fondo se observa la montaña conocida como "Cuernos del Paine". También es obvia la fuerza del famoso viento Patagónico.



Figura 3. Las famosas "Torres del Paine".

Noti Ciencia 59

cogedora. Pasamos por tantos puntos hermosos, que es imposible mencionar todos en este espacio, pero yo me enamoré de los glaciares del Paine Grande, del Mirador Inglés (Figs. 4 y 5), del lago Pehoé y, sobre todo, del glaciar Grey (parte del Campo de Hielo Patagónico Sur). El penúltimo día, llegamos a ver el glaciar Grey a la distancia (Fig. 6). Era tal la belleza, que se me hizo un nudo en la garganta. Empecé a correr hacia el glaciar...no sabía que se lo veía cerca solamente por lo inmenso. ¡Llegar nos tomó casi tres horas! Pero, cuando después de cruzar bosques y puentes colgantes, finalmente llegamos al borde del glaciar, me quedé arrodillado admirándolo. Le dije a Gaby: "¡Dame tu chompa!". Ella tenía una chompa de Goretex celeste y, aunque me quedaba pequeña, se la cambié por la mía. Era la primera vez en años que me ponía una prenda de color que no fuera negro. La belleza del glaciar me dio el impulso final para poder romper el luto, porque me hizo notar que, a pesar de toda la desolación y tristeza, bien en el fondo, yo seguía estando vivo.

Les recomiendo fervientemente visitar la Patagonia, si tienen oportunidad. No sé qué es lo que se va a despertar dentro de ustedes al estar rodeados de toda esa belleza. Lo que sí puedo decirles es que, en la Patagonia chilena, yo me reencontré a mí mismo.



Figura 4. Vista de los glaciares que recubren el Paine Grande, desde el camino hacia el Mirador Francés.



Figura 5. Vista de la cumbre del Paine Grande desde el Mirador Inglés. A pesar de medir solo 2884 metros sobre el nivel del mar, su escalada entraña tal dificultad que se ha completado exitosamente tan solo cuatro veces.



Figura 6. Campo de hielo del glaciar Grey. Hielo hasta donde alcanza la vista.







*Tursiops truncatus.* Delfín costero nariz de botella, Posorja.