

# ÓMICAS, por un mundo sin hambre

POR: LUIS EDUARDO TOBÓN, MICHAEL HERNÁNDEZ, JAIME ALBERTO AGUILAR Y ANDRÉS JARAMILLO\*

**H**ace poco más de 7.000 años, en la región de Sahel, un territorio africano ubicado al sur del Sahara, los humanos empezamos un camino sin retorno, la domesticación de plantas para cultivo, en particular el arroz y el sorgo. Paradójicamente, esta región que nos regaló la agricultura, hoy tiene los peores índices de hambre en el mundo.

Uno de cada diez personas muere de hambre, y cerca de la cuarta parte de la población, no logra alimentarse con lo mínimo. El origen de esta situación es complejo, pero la crisis climática es quizás el principal problema, con una muy baja frecuencia de lluvias, inadecuado uso de tierras, y un número alto de tormentas de arena.

Si bien las cifras en Latinoamérica no son tan escalofriantes, pues estamos por debajo de la media mundial de desnutrición, la preocupación es el incremento paulatino que puede llegar a cerca del 10% en el 2030. Si consideramos la inseguridad alimentaria, la región pasó de un 22.9% en el 2014 al 31.7% en el 2019, siendo la de mayor aumento en el mundo, lo que equivale a más de 200 millones de seres humanos con una fuente incierta de alimentación, en cantidad y calidad.

En Colombia, 2.7 millones de personas conviven diariamente con el hambre, y más de la mitad de los hogares tiene dificultades para lograr los mínimos requeridos para suplir la necesidad calórica diaria. En promedio, en Colombia 6 de cada 100 mil niños y niñas menores de 5 años, mueren de desnutri-



ción, con departamentos tan críticos como Vichada, Chocó y Guajira, donde este número puede superar los cientos.

Estos tres departamentos tienen además los índices de pobreza multidimensional más alta, con valores superiores a 90%. Esta situación tiende a empeorar en el corto plazo, por la crisis económica causada por la pandemia, y en el largo plazo, por la crisis ambiental causada por el cambio climático.

Ante esta catástrofe humanitaria, ¿Qué podemos hacer los científicos e Ingenieros?, ¿Cómo generar soluciones desde disciplinas como la física, la química, la electrónica o la computación?, ¿Cómo articular diálogos con otras disciplinas más cercanas a la vida, como la agricultura, la biología o la medicina?

Una alternativa moderna que puede responder estos interrogantes, es la aproximación de las ciencias ómicas, hacia la agricultura.

“ *A través del uso de drones y cámaras se capturan imágenes multispectrales de grandes extensiones de cultivo, logrando automatizar procesos de monitoreo remoto de biomasa y nitrógeno en planta.* ”

Los cultivos agrícolas son plantas que interactúan con un ecosistema complejo y vivo. Así, la eficiencia de un cultivo depende de la capacidad que tengan las variedades para resistir los efectos del cambio climático, por ejemplo, incremento de temperatura, radiación solar, sequías, aparición de nuevas plagas o degradación de suelos. La selección artificial que se ha usado por milenios, dedicaría varias décadas cruzando variedades hasta encontrar una adecuada, pero la velocidad de los cambios no permite esta lentitud.

Una planta de arroz, por ejemplo, contiene en su núcleo un código genético que puede ser leído, analizado y modificado. Las herramientas modernas de la genética y la bioinformática, que permiten comprender los detalles de este código, han evolucionado vertiginosamente, permitiendo secuenciar, analizar y editar genes.

Las ciencias ómicas buscan estudiar los seres vivos en múltiples escalas, desde la molecular del ADN y su expresión fenotípica, hasta la interacción entre individuos y su entorno ecosistémico. La velocidad de lectura y análisis del código genético se ha incrementado, gracias a los avances en nanociencias, electrónica y computación.

El avance en nanotecnología permite el diseño de sensores que puedan medir concentraciones de sustancias directamente en el organismo vivo.

El desarrollo de la robótica aérea y terrestre, junto con cámaras que captura luz invisible a nuestros ojos humanos, permite determinar el estado de salud y desarrollo de organismos, cultivos o ecosistemas. Los progresos en análisis de datos y simulación computacional de sistemas de alta complejidad, nos permiten ahora predecir comportamientos, a partir de cambios sutiles en el código genético, en los nutrientes del suelo, las condiciones medioambientales o las variables del cultivo. Esto es lo que estamos logrando en el programa ÓMICAS, siglas de Optimización Multiescala In-silico de Cultivos Agrícolas Sostenibles.

Este programa nació en el 2018, como un esfuerzo de 17 instituciones aliadas, nacionales e internacionales, y lideradas por la Pontificia Universidad Javeriana, con el objetivo de aportar a la seguridad alimentaria y producción sostenible del mundo.



Equipo del Instituto en Ciencias Ómicas, Pontificia Universidad Javeriana Cali

Durante estos cuatro años, hemos avanzado en investigaciones dedicadas a diferentes escalas, desde la molecular hasta el cultivo, obteniendo resultados en genética y producción de variedades de arroz y caña de azúcar.

También, hemos analizado el comportamiento del cultivo en distintos suelos y su interacción con el medio ambiente, con el propósito de desarrollar e implementar estrategias científico-tecnológicas para el mejoramiento de variedades agrícolas.

## Una carrera de relevos a escala molecular

A nivel molecular, nos interesa estudiar la respuesta de las plantas ante estímulos biológicos, como virus o bacterias, y no biológicos, como sequías o aumento de temperatura. Para este propósito, hemos modelado computacionalmente una serie de estructuras de la membrana GCR1 de la célula, vitales en la señalización celular, lo cual nos permitirá generar nuevas plantas, que puedan resistir diferentes tipos de estrés, logrando el mejoramiento de cultivos y la seguridad alimentaria.

La importancia de la señalización celular se debe a que, gracias a ella, podemos entender de qué manera una planta responde ante un estímulo. Las plantas, por ejemplo, deben captar cambios en la temperatura y responder modificando la inclinación de sus hojas o cerrando sus estomas.

Esas respuestas implican un flujo de información, desde la superficie de las hojas y su membrana, hasta el núcleo de la célula, donde genéticamente se van a ordenar las respuestas a dichos estímulos. Es un camino largo que implica la interacción entre muchas moléculas que, como en una carrera de relevos, llevan la señal desde la superficie hasta el centro de control de la célula.

De ese proceso de transmisión de la señal, existen aún muchos asuntos que no conocemos, por ejemplo, los corredores de la carrera de postas y la manera como se transmiten el testigo. GCR1 es una proteína que actúa como uno de los corredores principales, pues inicia todo el proceso de la transmisión de la señal; conocer cómo funciona, abre una ventana para entender aspectos fundamentales de la respuesta ante estímulos como la luz, la temperatura o el agua y por

ende, entender qué pasa con la señal y la transmisión de la misma, en periodos de sequía, heladas o cuando la planta es atacada por plagas.

## Drones para evaluar producción

La tecnología es un recurso valioso para el aprovechamiento agrario, es así como hemos adelantado soluciones utilizando la robótica aérea y terrestre para el monitoreo de variables cruciales para el rendimiento y la gestión agrícola.



A través del uso de drones y cámaras se capturan imágenes multispectrales (en rangos que van del infrarrojo al ultravioleta) de grandes extensiones de cultivo, logrando automatizar los procesos de monitoreo remoto de biomasa y nitrógeno en planta. Estas dos variables están asociadas al crecimiento y eficiencia metabólica del cultivo, lo que redundará en una mayor producción con menores requisitos de fertilización.

Nuestros drones, equipados con sensores y algoritmos de aprendizaje de máquina, tienen la capacidad de determinar los estados de evolución del cultivo a lo largo de su ciclo fenológico, y estimar las variaciones en biomasa y nitrógeno con una correlación superior al 90% con respecto a medidas estándar que se toman en tierra. La información capturada por los drones desde



aire, se sincroniza con estaciones de fenotipado en tierra, que miden nutrientes del suelo y características morfológicas de las plantas.

### Estaciones fijas en red para monitoreo continuo y distribuido

El monitoreo de cultivos por imágenes obtenidas desde drones, se articula con plataformas terrestres fijas, a partir de las cuales se obtiene el estado de variables en tiempo real sobre nivel de radiación, lluvia, vientos, condiciones del suelo (nutrientes, humedad, temperatura), así como el estado de la planta.

Estas soluciones tecnológicas son de bajo costo y amigables con el medio ambiente y entregan información en tiempo real para permitir la supervisión remota. Habilitan la predicción no invasiva sobre el estado de evolución de los cultivos con una alta precisión, respecto a medidas de referencias que suelen ser costosas y exclusivas al ambiente de laboratorios especializados.

Esta plataforma de fenotipificación de alto rendimiento, permite además la toma de decisiones oportunas frente a la nutrición, cosecha y mantenimiento de las plantas, así como para el desarrollo de nuevas variedades con rasgos agronómicos mejorados para los cultivadores. También se espera que esta plataforma ayude a controlar la emisión de gases de efecto invernadero y por ende a disminuir la huella ambiental de la agricultura.

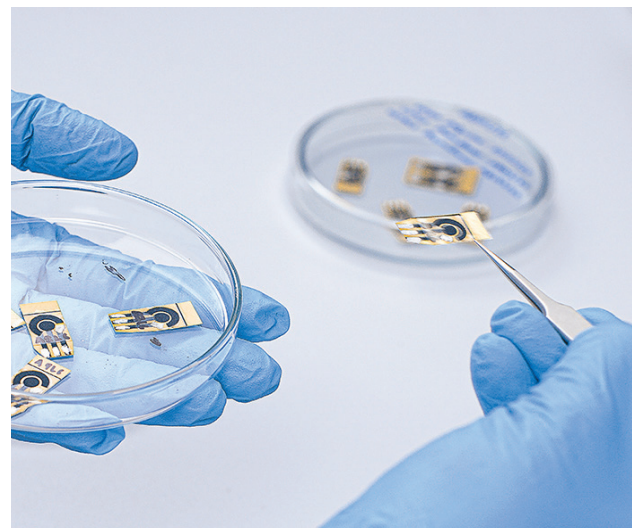
### Monitoreo de Gases de Efecto Invernadero

A nivel de cultivo hemos ajustado la metodología de medición de la emisión de gases del suelo, con el uso de cámaras estáticas en el sistema de producción de caña de azúcar en el valle del río Cauca para iniciar un proceso de afinamiento de las prácticas de fertilización, con el objetivo de disminuir la emisión de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) desde el cultivo de la caña de azúcar. Esta metodología servirá para determinar si hay diferencias en la emisión del óxido

nitroso (N<sub>2</sub>O) dependientes de la variedad sembrada, para que en el futuro se tomen decisiones de menor impacto ambiental.

### Desarrollo de sensores de variables de interés agronómico

Con la intención de automatizar la captura y medición de óxido nitroso, se están diseñando y validando sensores de bajo costo y alta sensibilidad, basados en absorción de radiación infrarroja en longitudes de onda particulares del óxido nitroso. Estos sensores se conectarán con las estaciones fijas de fenotipado, complementando las demás variables capturadas.



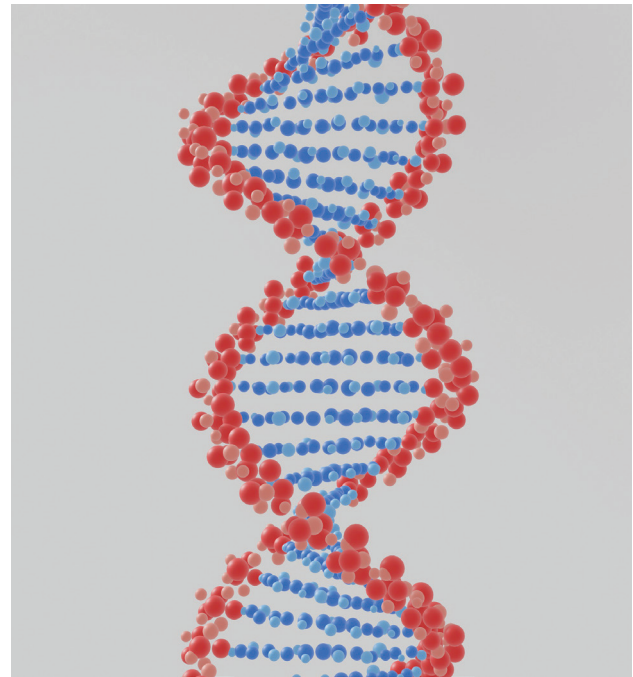
Otro sistema que ha sido desarrollado y patentado en Ómicas, permite la medición de sacarosa o almidón en células, basado en un nanosensor para la síntesis de nanopartículas de oro funcionalizadas. Se basa en el cambio en el color y la intensidad de la luz radiada por las nanopartículas y por la presencia o no de las moléculas de interés.

Otro dispositivo portátil permite medir concentraciones de oxígeno en las hojas, lo cual está asociado al rendimiento del cultivo. Se emplea la respuesta fotoacústica de la hoja, la cual se determina por la transformación de señales lumínicas, incidentes en señales acústicas en el interior de la hoja, que son capturadas y analizadas.

## Instituto de Investigación en Ciencias Ómicas – iÓMICAS

Un resultado importante del programa Ómicas, es la creación del Instituto de Investigación en Ciencias Ómicas - iÓMICAS, ubicado en la Pontificia Universidad Javeriana Cali, en el que convergen profesores, investigadores, profesionales, estudiantes en todos los niveles y de diferentes disciplinas y un staff de apoyo, para contribuir soluciones en contexto a los retos universales de sostenibilidad productiva del agro, seguridad alimentaria, nutrición y salud. En estas instalaciones de primer nivel, se trabajan cuatro retos principales:

- **Seguridad alimentaria:** Habilitar la producción de alimentos nutritivos, asequibles y de alta calidad, para atender una población mundial creciente y así contribuir a la seguridad alimentaria.
- **Productividad sostenible:** Producir en mayor cantidad y con alta calidad, sin comprometer nuestra casa común.
- **Salud:** Trabajar para comprender el condicionamiento epigenético y genético que conduce a la enfermedad y la baja tolerancia al estrés, y hacia mejoras potenciales que resultarían en una mayor tolerancia al estrés físico y biológico, y enfermedades.
- **Nutrición:** La desnutrición o malnutrición, contribuyen a la aparición de enfermedades crónicas, discapacidad y, en muchos casos, la muerte. Estudiamos los elementos nutricionales, desde su composición y estructura molecular, relacionadas con la dieta que afectan de manera desproporcionada a las personas más pobres y vulnerables, y trabajamos para desarrollar sistemas alimentarios que sean más equitativos y accesibles para todos.



## iÓMICAS – Centro de Excelencia del PTFI

El Instituto de investigación en Ciencias Ómicas, iÓMICAS, fue designado como ancla del Centro de Excelencia de la Iniciativa de la Tabla Periódica de Alimentos (PTFI) de la Fundación Rockefeller y la Asociación Americana del Corazón (AHA). La PTFI es un esfuerzo global para crear una base de datos de referencia de la composición y la función de los alimentos que comemos, y catalizar los avances científicos para revolucionar los sectores de la salud humana, la agricultura, la nutrición y la alimentación.

Desde el iÓMICAS se abordan soluciones avanzadas para atender los retos universales, relacionados con la seguridad alimentaria, la productividad sostenible del agro, la nutrición y la salud. ▲▲

\* **Luis Eduardo Tobón Llano.** Ingeniero Electrónico, Maestría en Ciencia de Materiales de la Universidad del Quindío y Doctorado en Ingeniería Eléctrica y Computación de Duke University. Profesor titular y Director de Ingeniería Electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali; **Michael Hernández Segura,** Comunicador Social de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, Máster en Comunicación Transmedia de la Universidad Internacional de La Rioja y Profesional de Alianza ÓMICAS; **Jaime Alberto Aguilar,** Ingeniero Electricista, Doctor en Proyectos de Ingeniería e Innovación y Subdirector de Fortalecimiento Institucional Programa ÓMICAS; **Andrés Jaramillo Botero,** Doctor en Ingeniería, Magíster en ciencias de la computación, profesor titular y miembro de la sociedad de honor Javeriana, Director Científico de la Alianza ÓMICAS.