



Biotecnología en la 5ta Revolución Industrial

Desde la conquista del fuego, la evolución de los Homo sapiens se impulsó con la obtención y gestión de la energía. En las últimas décadas, aplicando conocimientos, repotenciados por los efectos de la cuarta y la quinta revolución industrial, la ciencia ha dado un salto cuántico que nos ha impulsado meteóricamente al siglo XXI.

Recombinando vida

La temporada seca en el Istmo está en sus inicios. Los bosques tropicales vecinos a las esclusas de Miraflores del Canal de Panamá enmarcan una urbanización singular que ha optado por ser un modelo de ciudad sostenible. Frente a la magna obra de ingeniería «canalera», en paralelo, se extienden ordenadamente las edificaciones del que antiguo fuerte Clayton, ahora convertido en un espacio de ciencias, educación, ecotecnología, e innovación: Ciudad del Saber.

En dicho espacio «socrático», como lo denominan, visitamos a dos científicos panameños —la Dra. Carmenza Spadafora y el Dr. Axel Villalobos— que trabajan en el campo de la biotecnología y conocen el potencial de los OGM u organismos genéticamente modificados para enfrentar los retos de la humanidad. Es que con la ingeniería genética se puede ayudar a combatir el cambio climático, cuidar la calidad del agua, restaurar ecosistemas y producir energía renovable.

«Los OGM han sido el producto de muchísimas controversias, pues siempre hay voces que temen al cambio drástico porque aducen que el humano se está comportando como un dios. Pero, realmente, si lo pensamos bien, estamos cambiando organismos más rápidamente de lo que ha hecho la naturaleza, porque la humanidad no puede esperar a que la evolución haga

su trabajo. Somos demasiados en la Tierra; necesitamos usar con responsabilidad, con procesos de bioseguridad y con regulaciones la posibilidad que la ciencia nos da para usar la biotecnología en beneficio nuestro», nos dice Spadafora, doctora en bioquímica y biología molecular y coordinadora del Centro de Biología Celular y Molecular de Enfermedades del Instituto de Investigaciones Científicas y Servicios de Alta Tecnología de Panamá (Indicasat).

En el marco del proyecto “Consolidación de las capacidades nacionales para la plena implementación del Protocolo de Cartagena en Bioseguridad Panamá”, aprobado por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés) en el periodo de reposición GEF 4, ejecutado por el Ministerio de Ambiente (MI-AMBIENTE), y la Oficina Regional para América Latina y el Caribe del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA/ROLAC), se están fortaleciendo los conocimientos de las autoridades nacionales de la Comisión Nacional de Bioseguridad (CNB) en busca de establecer y coordinar las políticas del Estado relativas a la reglamentación del manejo de los OGM, los productos que los contengan y sus derivados, para prevenir los riesgos y minimizar los impactos sobre el ambiente, la diversidad biológica, la salud humana y la producción agropecuaria que se puedan causar como resultado de las actividades que se realicen con organismos genéticamente modificados.

Competiendo con la creación

Antes de los avances biotecnológicos, la naturaleza creaba vida muy lentamente, a sus ritmos, pero ahora, con la recombinación de ADN en el laboratorio, estamos acelerando procesos que demandaban milenios. Con la biotecnología de los OGM, la ciencia ha hallado un atajo en el largo camino de la domesticación natural, mediante la modificación de genes en el laboratorio para muchos fines. En ingeniería genética, los científicos tienen la capacidad de tomar genes de interés y hacerlos expresarse dentro de un organismo que no es el organismo de origen de ese gen. Los genes están constituidos por ácido desoxirribonucleico, o ADN. Los segmentos del ADN poseen las instrucciones para sintetizar las proteínas que tendrán funciones específicas en los organismos. Cada molécula de ADN es como una palabra; su forma es como de hélice doble formada por una combinación de cuatro letras que corresponden a cuatro sustancias esenciales: A (adenina), T (timina), C (citosina) y G (guanina). Las innumerables combinaciones de estas cuatro letras permiten crear un organismo viviente.

Todas las condiciones genéticas podrían ser potencialmente modificadas mediante la biotecnología moderna. Axel Villalobos, doctor en biología molecular, director general del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (Idiap) y miembro de la Comisión Nacional de Bioseguridad de OGM, nos cuenta que «a través de la técnica CRISPR-Cas9 podríamos reordenar la información, las condiciones genéticas que existen en el ADN de todos los organismos vivientes». Las CRISPR—clustered regularly interspaced short palindromic repeats o repeticiones palindrómicas cortas agrupadas y regularmente espaciadas—se producen en el genoma de ciertas bacterias. Cas9 es una endonucleasa asociada a CRISPR (una enzima), conocida por actuar como una especie de tijeras moleculares, que cortan y editan, o corrigen en una célula, el ADN que puede estar, por ejemplo, asociado a una enfermedad. «El ADN y el ARN son ácidos nucleicos y macromoléculas que, al trabajar juntos, transmiten y preservan la información genética de todos los elementos vitales de los seres vivientes», nos dice Villalobos.

Estos maravillosos avances en biotecnología moderna de edición genética han hecho que la Dra. Jennifer Doudna y la Dra. Emmanuelle Charpentier fueran mercedoras del Premio Nobel en Química 2021 por el descubrimiento y desarrollo CRISPR/Cas9. Según lo mencionado durante la entrega del premio Nobel, ambas mujeres de ciencias “lograron reescribir el código de la vida”. Jennifer Doudna investigó durante años la fabulosa secuencia molecular CRISPR y su funcionamiento.



En 2011, ella y la microbióloga Emmanuelle Charpentier unieron esfuerzos. Ambas, publicaron los hallazgos revolucionarios sobre la edición de las cadenas de ADN. Acertadamente, el jurado del Nobel calificó al descubrimiento como el avance científico más importante del último siglo.

Muchos de los casos de modificación genética para la biorremediación y la obtención de energía renovable pueden catalogarse como fantásticos, aunque son ciertos.

Casos sorprendentes

Mediante una recombinación de bacterias de *Escherichia coli* y ADN de ratón, se creó el Enviropig, un cerdo modificado que reduce hasta en un 70 por ciento el fósforo que produce usualmente un cerdo común. El Enviropig reduce la potencial contaminación con fósforo en los criaderos de cerdos, ya que este puede infiltrarse en acuíferos y provocar la proliferación de algas, causantes de la ausencia de oxígeno en el agua. Al morir las algas, se hunden en el fondo y se descomponen, lo que altera el equilibrio natural del reservorio, afecta a los microorganismos y degrada la calidad del recurso hídrico disponible para los seres humanos.

También llaman la atención los álamos descontaminantes. Científicos de la Universidad de Washington han diseñado álamos genéticamente modificados capaces de absorber los contaminantes del agua subterránea a través de sus raíces. En pruebas de laboratorio, se comprobó que las plantas transgénicas pueden eliminar hasta un 91 por ciento del contaminante tricloroetileno. Actualmente, se estudia un sinnúmero de bacterias beneficiosas para mejorar nuestra calidad de vida. Por ejemplo, la *Basfia succiniciproducens*, obtenida del estómago de las vacas, fija el dióxido de carbono de la atmósfera y produce ácido succínico. Como materia prima para el poliéster, este ácido succínico se puede utilizar para producir envases biodegradables. Además, gracias a la biotecnología moderna, se puede obtener bioetanol—un biocombustible tradicional-



Fotografías: Robert Koch Institute, Elías Falla, J Zapell, Alejandro Balaguer.

mente generado con biomasa— a partir de cianobacterias que se nutren de CO₂. Esta biotecnología puede tener un impacto positivo sobre la sostenibilidad y seguridad energética, al igual que en la mitigación del cambio climático.

Están también los cultivos modificados, que prometen alimentos en abundancia y frenar el efecto de la desertificación. Al introducir secuencias de genes seleccionados, la ciencia mejora algunas características de cultivos tradicionales. Se ha insertado con éxito un gen de llamado *cspB*, originalmente de la bacteria *Bacillus subtilis*, en el genoma de las plantas de maíz. Este gen reduce el impacto del estrés por sequías en plantaciones.

El ingenio humano ha sido, y es, el pilar de un viaje cognitivo de enormes proporciones que aún escapa a nuestra imaginación. La digitalización absoluta, la robótica, la ciencia de los organismos genéticamente modificados, la ingeniería espacial, los nuevos usos y aplicaciones de la energía renovable y de la informática, y una lista creciente de avances tecnológicos, nos proyectan hacia nuevas realidades al mismo tiempo que nos obligan a reflexionar sobre nuestra ética, que enmarcan en la 5ta Revolución Industrial.

Un nuevo paradigma que llame, además, a la necesaria restauración de los ecosistemas que nos brindan servicios necesarios—aire puro, agua y alimentos saludables, recursos energéticos renovables— para asegurar la calidad de vida de la humanidad y recomponer el equilibrio de los procesos naturales de la Tierra.

