

Contra los derechos de la naturaleza: la biología sintética y la inteligencia artificial.

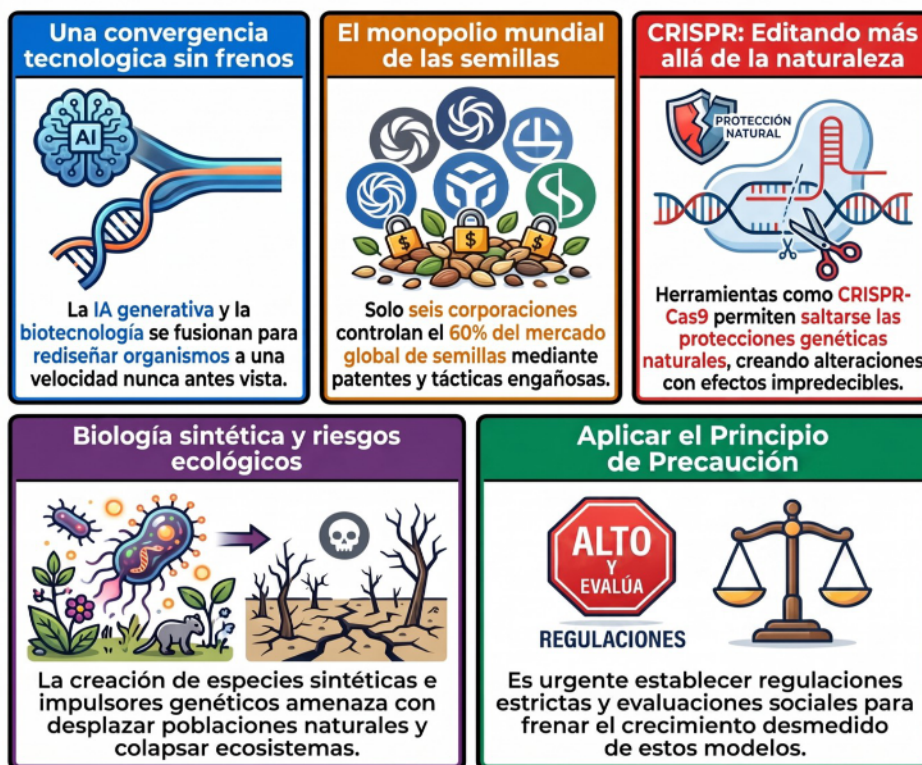
Por Emmanuel González-Ortega y Andrés Keiman Freire

La Cuarta Revolución Industrial: la ola tecnológica

Vivimos actualmente el periodo histórico conocido como la Cuarta Revolución Industrial, caracterizado por la convergencia acelerada de diferentes tecnociencias como la inteligencia artificial y las biotecnologías, entre otras.

Se define como Revolución Industrial a los procesos de transformación económica, social y tecnológica que influyen en todos los aspectos de la vida en el planeta.

La Tormenta Perfecta: IA y Genética en la 4ta Revolución Industrial



En 2016, el Foro Económico Mundial señaló la transición a una nueva etapa de la Revolución Industrial debido a dos características particulares: la velocidad en el desarrollo de diversas tecnologías (algo no visto antes en la historia de la humanidad) y la difuminación de las fronteras entre dichas tecnologías.

En su informe de 2019 sobre el impacto del cambio tecnológico rápido en el desarrollo sostenible, la Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo del Consejo Económico y Social de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), mencionó los impactos profundos que dichas tecnologías podrían generar en la vida del planeta y las actividades humanas, con alcances potenciales, tales como el poner en riesgo el futuro de la vida humana. La agrobiotecnología ha sido de particular interés corporativo en la Cuarta Revolución Industrial, la convergencia acelerada entre la biotecnología, la inteligencia artificial (IA), así como el auge de las herramientas de IA generativa, están transformando rápida y radicalmente la manera en que se hace ingeniería genética, con riesgos al libre intercambio de semillas, así como la inminente creación en laboratorio de especies sintéticas con potenciales riesgos ecológicos.

La concentración, el acaparamiento y privatización de las semillas a través de la innovación biotecnológica

Tanto la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) como el Grupo ETC, describieron cuantitativamente la creciente concentración en los mercados de semillas de cultivos de importancia alimentaria y económica en diferentes países. Las compañías semilleras biotecnológicas transnacionales (por ejemplo, Bayer, DuPont, Dow, Syngenta, hoy fusionadas como Bayer, Corteva, ChemChina, respectivamente) hasta 2020 concentraban el control de los mercados de semillas. Las seis corporaciones principales controlaban casi el 60% del mercado global de semillas.

Además de la estrategia engañosa de las corporaciones para obtener los derechos de patente sobre las semillas, éstas suelen incluir un contrato específico sobre el uso de protocolos técnicos en los materiales biológicos, para así reclamar la actividad innovadora. Un análisis detallado, mostró que, en una cantidad significativa de patentes registradas en plantas, dichas metodologías no se aplicaron o no eran necesarias para desarrollar las plantas deseadas a las cuales finalmente se otorgaron derechos de propiedad industrial.

Otro aspecto relevante, es que luego de identificar los genomas de los cultivos de interés, las compañías biotecnológicas, buscan mutaciones aleatorias para obtener variantes de potencial interés agrónomicos y con esto, sacar ventaja de su poder tecnológico y económico para presentarlo como invenciones suyas en la solicitud de patente. A lo anterior se suma el reclamo de derechos de propiedad para todos los usos posteriores de estos genes y variantes genéticas particulares, independientemente del método de cultivo.



Edición genómica mediante CRISPR-Cas: manipulación irrestricta de los genomas

El sistema molecular de edición genómica CRISPR-Cas9 se identificó originalmente como un sistema inmunitario adaptativo contra bacteriófagos en bacterias, basado en el reconocimiento de ADN-ARN y la unión a secuencias genéticas específicas, lo que permite al sistema el cortar regiones de ADN específico.

CRISPR-Cas, una poderosísima herramienta de ingeniería genética, modifica sitios específicos del genoma para introducir o modificar un rasgo en un organismo, que implica la modificación de un pequeño número de nucleótidos en todo el genoma, incluso accediendo a regiones genómicas protegidas naturalmente ante eventuales mutaciones. Sin embargo, estas pequeñas intervenciones pueden producir efectos que van más allá de las características conocidas de la planta. Modificaciones genéticas sutiles, producen efectos significativos que superan el espectro de características conocidas de la planta. Por ejemplo, efectos de la composición alterada de las plantas, aumento del potencial invasivo de plagas, debilitamiento de las poblaciones naturales de plantas, propagación de patógenos, depresión del rendimiento de biomasa vegetal.

La edición genómica mediante sistemas CRISPR-Cas supera los límites de la organización natural (convencional) de un genoma determinado que tiene origen en una historia evolutiva prolongada. Dado que las aplicaciones biotecnológicas de la edición del genoma eluden los mecanismos de protección celular de regiones sensibles o esenciales del genoma, la probabilidad de alteraciones genéticas inesperadas es alta.

En los últimos tiempos a esta tecnología se le ha sumado el desarrollo de herramientas de inteligencia artificial (IA) específicas, con la finalidad de hacer más precisa la edición genómica y así aumentar las potencialidades de edición sustentada en CRISPR-Cas. Aunque se encuentra aún en etapa de prueba de concepto, la capacidad de controlar la expresión génica mediante edición genómica abre la posibilidad de influir en rasgos genéticos complejos, ofreciendo nuevas posibilidades para la ingeniería genética vegetal.

La biología sintética: riesgos potenciales y peligros desconocidos.

La Convención sobre la Diversidad Biológica (CBD) de la ONU describe a la biología sintética como una nueva dimensión de la biotecnología moderna que emplea conocimientos de la biología, bioquímica, biología molecular, ingeniería genética, bioinformática y tecnologías computacionales para acelerar el entendimiento, diseño, rediseño, manufactura o modificación genética de moléculas biológicas (ADN, ARN, proteínas, metabolitos, etc.), organismos vivos y sistemas biológicos.

Actualmente, algunas aplicaciones potenciales de la biología sintética en diferentes áreas, son: la ingeniería de organismos (microorganismos, plantas y animales) para

diferentes aplicaciones (modificación genética para aumentar rendimientos, la resistencia a estrés biótico o abiótico, procesos de domesticación acelerada, entre otros). Otra aplicación potencial de la biología sintética es el diseño y empleo de impulsores genéticos (del inglés, Gene drives), que implica la modificación de elementos genéticos en el contexto de la reproducción sexual de organismos. Su intención es alterar deliberadamente la herencia de los caracteres de los organismos, promoviendo así, la transferencia de rasgos previamente determinados previamente a las generaciones siguientes.

En consecuencia, las nuevas aplicaciones de la biología sintética estarían aumentando la complejidad y escala temporal y espacial en todas las jerarquías taxonómicas de la vida, conllevando a posibles aplicaciones de carácter interespecífico y por lo tanto generando una transmutación significativa en poblaciones tanto domésticas y silvestres.

Para la utilización de la biología sintética no sólo se requieren muchos recursos de carácter técnico y económico, sino también del ámbito regulatorio, es decir legal. Hasta la fecha, la implementación de las biotecnologías ha estado marcada por la desigualdad entre países y regiones en términos del acceso a los beneficios de uso y en la construcción de elementos para el diagnóstico, prevención y actuación ante sus posibles riesgos socioambientales. Adicionalmente, es altamente probable que se preserven los actuales patrones históricos de dominio en la investigación y el desarrollo científico que los países centrales han impuesto a los países periféricos, entendido como la dependencia al acceso de la tecnología.

En términos históricos, no existe una historia previa de uso seguro o inocuidad para los desarrollos de la biología sintética. Por este motivo, resulta urgente la adopción de un enfoque y acciones que prioricen el principio de precaución, y en la biología de la conservación de la vida en la Tierra y en la salud humana. Una opción que podría formar parte en la regulación estricta sobre biología sintética, son análisis de riesgo que consideren los impactos potenciales sobre la biodiversidad (particularmente enfatizando en las regiones megadiversas), incluyendo consideraciones socioeconómicas y éticas, así como el análisis ex ante sobre los riesgos y beneficios por la presencia de estos desarrollos.

Ingeniería genética, biología sintética e Inteligencia Artificial: combinación riesgosa

El uso de la ingeniería genética para intervenir y modificar el material genético de los organismos está cambiando radicalmente. Tanto laboratorios públicos y privados, así como corporaciones tecnológicas, tales como Meta, Google o Microsoft están usando cada vez más herramientas de inteligencia artificial generativa (tanto generales como ChatGPT, Claude o Gemini, como especializadas como DeepVariant, DeepMind o Evo 2) con aplicación en la ingeniería genética y la biotecnología. Dichas herramientas se usan para generar nuevas secuencias digitales de ácidos nucleicos (ADN, ARN), proteínas, o incluso redes metabólicas completas. La convergencia entre la IA y la ingeniería genética fue posible gracias a la digitalización de grandes cantidades de datos genómicos puestos a disposición pública en bases de datos en internet.

Las herramientas de la IA usan como materia prima enormes cantidades de información de secuencias de genes y proteínas almacenadas en bases de datos, obtenidas en laboratorios públicos o privados. Las bases que permiten la convergencia acelerada entre la manipulación de genomas y la IA son: la capacidad de resolución de los genomas de los organismos, y la capacidad de síntesis de secuencias genéticas a un costo cada vez menor. Muy probablemente estas prácticas originarán nuevos organismos biotecnológicos que serán liberados a la naturaleza sin conocer previamente las implicaciones de sus interacciones ecosistémicas con otros seres vivos, consumidas por los humanos y/o los animales domésticos, así como las inminentes amenazas para lo que se conoce como la salud socioambiental.

Adicionalmente, muchas herramientas de la IA para producir biología generativa son tan novedosas que aún no se dispone de soporte científico necesario para evaluar la operación, el rendimiento, los sesgos de los algoritmos, lo cual podría traer consecuencias a nivel de los organismos, de los ecosistemas y de los seres humanos.

Dado que los desarrollos en biología sintética serán cada vez más dependientes de la interacción con herramientas de la biología generativa (inteligencia artificial), por lo que las grandes corporaciones buscarán maximizar sus beneficios, influyendo en la legislación de los procesos regulatorios sobre las biotecnologías, y como ha ocurrido hasta ahora, por encima del reconocimiento del origen de los recursos de la biodiversidad (genes, proteínas y organismos), los cuales son desarrollados y conservados primordialmente por las poblaciones originarias del planeta.

Frente a esto, surgen preguntas tales como: ¿Qué estrategias o tipos de regulación de la biología sintética pueden legislar los gobiernos para conservar los recursos de la biodiversidad? ¿Cuáles podrían ser las consecuencias ecosistémicas, socioeconómicas y bioculturales de un crecimiento desregulado de los modelos de inteligencia artificial usados para la modificación genética al estar estos en manos de las grandes corporaciones? La creciente complejidad en la gama de herramientas, tanto de la ingeniería genética, la biología sintética y la inteligencia artificial, sus campos de aplicación y su potencial de efectos acumulativos en términos sinérgicos y de escala, pueden generar imprevisibilidad e incertidumbre con respecto a los posibles impactos de las aplicaciones de la biología sintética. Por lo tanto, es importante aplicar el enfoque de precaución y es muy pertinente establecer protocolos y mecanismos para la realización de la evaluación social de la pertinencia de dichos desarrollos tecnológicos.

Dr. Emmanuel González-Ortega. (autor para correspondencia). Dr. en Biotecnología. Experto en detección de Organismos Genéticamente Modificados, Bioseguridad y Análisis de Riesgos de los OGM. Investigador por México. Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI). Ciudad de México, México.

Biól. Andrés Keïman Freire. Ambiente y salud colectiva, filosofía y sociología de la ciencia. Profesor-Investigador. Universidad Autónoma de la Ciudad de México. Ciudad de México, México.