

Más ciencia y menos retórica en el diagnóstico y soluciones de problemas ambientales

A bit less of rhetoric and more of science in the diagnosis and solutions to the Ambiental problems

Autor: MSc Bernardo Congote Ochoa^{1/2}

Co Director Grupo SERVIPÚBLICOS (Minciencias B)

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

bjcongoteo@udistrital.edu.co

¹ Maestría en Ciencia Política (Universidad de los Andes, Colombia), Economista (Universidad Nacional de Colombia). Investigador Junior (Minciencias), Codirector Grupo SERVIPÚBLICOS (Colciencias C) - Universidad Distrital FJDC, Colombia, Investigador Grupo RELIGIÓN, CULTURA Y SOCIEDAD, Facultad de Sociología – Universidad de Antioquia, Colombia. bjcongoteo@udistrital.edu.co, becongote@gmail.com ² Algunas ideas de este artículo fueron expuestas en la entrevista del autor realizada por Laud Stereo (Emisora de la Universidad Distrital FJdeCaldas) en noviembre 29 2022.

Resumen

El artículo se propone describir de qué manera los avances científicos actuales ya ofrecen soluciones ambientales, superiores a la suma de retóricas apocalípticas globales asociadas a un “inevitable colapso ambiental”. La *fermentación de precisión* (PF), la *repetición palindrómica corta regularmente inter espaciada* de características prediseñadas (CRISPRCas9), la *identificación acelerada del ADN de las proteínas* mediante software e inteligencia artificial (ALPHAFOLD)² y la *producción de proteínas a partir del aire y la energía solar* (SOLEIN®), constituyen apenas cuatro de esas soluciones que descritas en el desarrollo del artículo. Al final, el artículo concluye mediante la herramienta DOFA, entre otras: que una debilidad de estos impactos constituye, paradójicamente, su relativa novedad; que alguna gran oportunidad, consiste en ofrecer herramientas para transformar radical y sosteniblemente los conceptos de urbanismo y ruralidad en el planeta; que la mayor fortaleza consistiría en posibilitar la disminución del uso de tierra en la producción de alimentos en paralelo con abrir la reforestación y deprimir la deforestación; y tal vez la mayor amenaza, se está probando que es el incremento de la defensa violenta de intereses terratenientes que están dilatando gravosamente la implementación de estos impactos. **Palabras clave:** Apocalipsis, Ambiental, Ciencia, Impactos, Retórica, Soluciones, Transformaciones

Abstract

The article aims to describe how current scientific advances already offer environmental solutions superior to the sum of apocalyptic rhetoric associated with an “inevitable” environmental collapse. Precision fermentation (PF), short palindromic repeat regularly interspaced with predesigned features (CRISPR-Cas9), accelerated identification of protein DNA using software and artificial intelligence (ALPHAFOLD) and protein production from air and solar energy (SOLEIN®) constitute just four of these solutions and are described in the development of the article. In the end, the article concludes using the SWOT tool, among others: that a weakness of these impacts is, paradoxically, their relative novelty; that a great

² Junto con el *transporte programado de grandes cantidades de DNA* (PASTE).

opportunity consists of offering tools to radically and sustainably transform the concepts of urbanism and ruralism on the planet; that the greatest strength would consist of enabling the

reduction of the use of land in the food production in parallel with opening up reforestation and depressing deforestation; and perhaps the greatest threat is proving to depress the violent defense of landowner interests that seriously are delaying the implementation of these impacts. **Key Words** Apocalypses, Ambiental, Science, Rethoric, Impacts, Solutions, Transformations

Introducción

*¿Cómo nos podríamos desembarazar del mundo
falso que no es más que apariencia? (Esta)
corriente de valores...
creó una confusión del dogmatismo ideal
con el conocimiento en general,
... de suerte que... (aquellos comenzaron) a detestar la ciencia
... obstruida doblemente:
por la creencia en el “mundo verdad” de una parte y
... por los adversarios de (toda) creencia.*

Nietzsche, F. (1994). Aforismo 576
(Paréntesis del artículo).

Uno de los mayores aprendizajes que ofrece la lectura de *Aventuras de Alicia en el País de las Maravillas* (Carroll, 2011), consistiría en percibir cómo el camino por el bosque de la vida (y de la ciencia) no tiene principio ni fin. Razón por la cual la disposición del estudiante contemporáneo, cualquiera sea(n) su(s) disciplina (s), no es buscar respuestas sino investigar de forma persistente hacia la eliminación de errores, no la acumulación de verdades tal como, en el mismo sentido, sería la misión clave de la ciencia (Morin, 1982: 51). Desconocer lo

anterior probablemente contribuya a entender la cierta frustración que se percibe en el mundo académico entre estudiantes y profesores tanto de pre como de postgrado (Congote, 2023).³

Suele escucharse que la economía de un país es muy importante como para dejarla sólo en manos de los economistas. Pues podría ocurrir que el problema ambiental también resulte tan importante que no convenga dejarlo sólo en manos de los *ambientalistas*. Esa especie de expertos que recorren el mundo organizando foros en los que, sospechosamente se replican unos a otros diagnósticos y tratamientos contra el “inevitable” colapso ambiental. Ambas

ideas tendrían algo de sarcasmo; pero si no caemos en esa trampa, podríamos entender que la creciente complejidad del mundo requiere que todos los problemas sean observados y tratados multidisciplinaria y no aisladamente. (Morin, Cit.: 87,88 . 1977: 21-37).

De esta forma los problemas ambientales convendría enfocarlos combinando ópticas aparentemente divergentes; por ejemplo, la económica del desarrollo agropecuario (con sus nexos narcotraficantes en Latinoamérica) y la cultural examinando el papel de las creencias religiosas en los hábitos que inducen a descuidar voluntariamente el planeta que habitamos y, de paso, a menospreciar el papel de la ciencia en las soluciones conservacionistas. (Congote, 2011). Nietzsche, 1994: Aforismo 576). Problemática que nos estaría llevando hacia cierto tipo de “ambientalismo mágico” *que “acusa a la economía de mercado y a las empresas de ser únicas responsables de todos los males del universo y que vive empeñado en construir una ‘naturaleza’ religiosa y estatista sin ninguna consideración medianamente científica o genuinamente nativa.”* (Baptiste, 2024. Negrilla del artículo).

Lo anterior explicaría que cierta *retórica apocalíptica* se esté imponiendo en la de suyo compleja discusión sobre los problemas ambientales. A manera de ejemplo, una consulta aleatoria en la web lleva a una especie de *tablas de la ley cambio-climáticas* atadas a

³ Panorama que se agrava cuando son los propios científicos quienes pretende devaluar con mentiras, planteamientos debidamente sustentados de sus colegas (¿Cientifismo?). (Love, 2024. Sarrazin & Alt., 2023).

premoniciones de colapso futuro (cercano o lejano) y en absoluto alguna condicionada a tener en cuenta los múltiples avances que las ciencias están logrando para modificar, aquí y ahora, el estado de cosas. Veamos:

Elevación de temperaturas ha producido cambios climáticos extremos
La elevación de temperatura ha prolongado la duración de las estaciones
La fractura del hielo antártico
La pérdida de color en los corales y La
expansión territorial de los mosquitos
(edf.org, 2024).

Esta fenomenología depresiva probablemente puede asociarse al imperio de cierta *forma judeocristiana* de ver al mundo, producto de la cual las creencias (leyendas, tradiciones orales, ideologías) se imponen sobre los pensamientos (capacidad libre del ser humano de pensar y construir ideas). (Zuleta, 2000:21 y ss.). Proponiendo el mismo luego, que “*el pensamiento (posee) una vida propia, extiende sus ramificaciones a los más diversos campos, contamina (sic) las creencias y convicciones... y... conmueve y perturba los fundamentos de nuestra vida.*” (Cit.: 25. Paréntesis del artículo).

De aquí que como sigue imperando la creencia de que “el mundo se va a acabar” (muy anterior a la fenomenología del cambio climático) o de que este sea “un valle de lágrimas” (paradigma catequista del catolicismo), el verdadero enemigo sea el clima depresivo que siembran estas apocalípticas, por un lado, justificando prácticas destructivas de un hábitat que apenas se cree pasajero y, por el otro, acendrando en los humanos la idea de que *al fin de cuentas, no hay nada qué hacer sino esperar a ser salvados.* (Congote, 2011).

Para agravar el panorama, cada vez más se auto gradúan de expertos climáticos todo tipo de sujetos que ejercen poderes públicos que, peor, cada vez son más escuchados sin crítica en escenarios internacionales que supondríamos blindados contra estas intenciones. Es así como el presidente de Colombia, Iván Duque (2018-2022) se auto graduó de “epidemiólogo” en 2020 durante la peste del COVID, quien le sucedió (2022-2026) no desperdicia oportunidad para posar de “ambientalista” sin acreditar algún soporte técnico o académico, con el agravante de que resulta escuchado por auditorios planetarios que se supondrían dotados de

algún nivel intelectual capaz de blindarse contra su retórica pseudoambientalista. (Petro, 2024).

A manera de trascendental contraste, afortunadamente la evolución científica sigue abriendo posibilidades hacia diagnósticos y soluciones mediante la estimación compleja de impactos ambientales positivos cada vez más interrelacionados. A manera de ejemplos, los saltos que está dando la Biología hacia la *biología sintética* (Bayon, 2022). Beardall, 2022. Buhariwalla, 2022); la Bio Química hacia la *edición genética* (Begley et. Al, 2020); o la computarización hacia el diseño de software artificial inteligente para *identificar el ADN de numerosas proteínas* (Callaway, 2022), son algunas entre múltiples señales del diagnóstico y la formulación de soluciones ambientales apalancados en la ciencia y no en la retórica.

Y mucho más si avanzamos en el imperativo asocio entre ciencias *básicas* y *humanas* como la Física y la Economía dado que, como lo describe el artículo, variables económicas al tiempo que aparecen señaladas entre las causantes de los daños ambientales, también contribuyen a entender soluciones ambientales derivadas de los avances tecnológicos (Orrell, 16, 27, 37 y ss.).

En este orden de ideas, cada vez más se prueba la máxima atribuida al inversionista Warren Buffet, según la cual “*cuando la marea baja nos damos cuenta de quiénes se estaban bañando desnudos*” (González, 2022). En este caso, con mayor interdisciplinariedad científica en el terreno, cada vez se hace más viable desnudar la retórica de quienes, apalancados en eufemismos religiosos o politiqueros, pretenden inocular soluciones apocalípticas (o sea, “soluciones cero”), antes que acrecentar el tamaño y complejidad de trabajos científicos que, para fortuna, ya avanzan logrando transformaciones sostenibles impactantes.

Metodología. Estado del arte

El artículo es uno de carácter descriptivo articulando logros del en su tarea docente superior de Teoría Económica a escala de pregrado (Universidad Distrital, 2024)^{4/6}; ellos permitieron que los estudiantes llegaran a observar y diagnosticar los impactos económicos y políticos

⁴ Proyecto Tecnología en Gestión Ambiental y de Servicios Públicos, Semestres II a IV (2020-2023). ⁶ Algunas ideas del artículo fueron esbozadas por su autor en entrevista realizada por LAUD STEREO (institucional de la Universidad Distrital FJdCaldas) el 29 de noviembre del 2022.

que se están produciendo hacia soluciones ambientales sostenibles, gracias a una serie cada vez más abrumadora y no menos optimista de avances científicos en diversos terrenos como la Alimentación, la Biología, el Calentamiento Global, la Salud Humana, la Industria y otros sectores. Algunos de ellos, relacionados particularmente con la producción sostenible de alimentos y la ingeniería genética aplicada a sus ADN.

Debido a la formación humanista del autor, la medición de los impactos medioambientales actualmente en proceso tiende a concentrarse en los de tipo político y económico, sin desconocer que, al final, el artículo ofrezca un breve análisis DOFA como producto de los datos descritos. El artículo comienza reflexionando sobre cierta alucinante explicación apocalíptica de los problemas ambientales, notoria entre los discursos que se autodenominan “conservacionistas” que acogen algunas tendencias sobre la inexorable destrucción hacia la que camina el ecosistema, creándose una perversa especie de ¡beneficiarios del colapso climático! (Zaruk, 2024). En segundo lugar el artículo destaca algunos grandes tipos de

transformaciones científicas observables actualmente que, sin dudas graves, están abriendo paso a perspectivas positivas sobre un presente y futuro sostenibles en el modo de vida moderno. Son estas, la *fermentación de precisión* (FP), la *repetición palindrómica corta regularmente inter espaciada* (CRISPR-Cas9), la *identificación acelerada y masiva del ADN de las proteínas* mediante inteligencia artificial (ALPHAFOLD) ⁵ y la *producción de proteínas a partir del aire y la energía solar* (SOLEIN®).

En relación con el primer grupo de impactos, el artículo describe los derivados de la denominada *Fermentación de Precisión* (FP) como asociados a lo que se denomina *Segunda Domesticación* en la producción de alimentos para humanos (Tubb & Sebba, 2019). En relación con el impacto del método CRISPR-Cas9, mostraremos resultados de la ingeniería genética aplicada a determinadas proteínas que estaría logrando avances desconocidos hasta

⁵ Junto con el transporte programado de grandes cantidades de DNA (PASTE).

hace no más de dos o tres años. (Beegley et. Al., 2020. Conrow, 2019. Le Mieux, 2022 ; Livshiths, (2022). Ronald et. Al, 2022, entre otros).

Por su parte, la *medición de las estructuras proteínicas a altas velocidades y en tamaños descomunales*, se estaría logrando mediante el diseño mediante Inteligencia Artificial del software ALPHAFOLD, elevando a nivel exponencial la capacidad de identificar la forma de las proteínas a través de su secuencia genética con una precisión milimétrica (Callaway, 2024. 2022).

Por último, un novedoso *cultivo de proteínas* desarrollado por la empresa finlandesa SOLARFOODS®, se basa en tomar uno de los miles de millones de microbios presentes en la naturaleza y cultivarlo mediante bio procesamiento para producir proteínas. El microbio es cultivado utilizando aire (C,H,N,O) y energía eléctrica a partir de la solar (sin agua ni fertilizantes) y actualmente Solarfoods®, la empresa finlandesa pionera de este impacto, ya habría creado una primera proteína, la Soleína ® cuya riqueza de contenido llega aproximadamente el 70% y cuyas variedades alimenticias se encuentran difundidas ya en varios mercados de Asia y Estados Unidos (Solarfoods, 2024 a).⁶

Como se ha planteado arriba, se está probando que los avances de la ciencia estarían dando saltos cualitativos hacia la disminución estructural de los actuales daños ambientales. En paralelo, el artículo describe la utilidad que tienen herramientas de ciencias humanas como la Función Demanda de la teoría económica, para deshacer falacias de uso común en los debates que están suscitando los retóricos apocalípticos. E intenta de manera preliminar y especulativa, mostrar de qué manera la combinación pragmática de las disciplinas básicas y humanas, promete generar significativos impactos socioeconómicos sostenibles en los que Colombia, por ejemplo, ya viene trabajando (Conrow, 2019. Villarino, 2020).

⁶ Las acciones de esta empresa ya se cotizan en el mercado NASDAQ de Finlandia..

Líneas de investigación

Como forma parte de nuestra misión, el artículo pretende ser útil para que los estudiantes encuentren nuevas vetas que alimenten sus proyectos de investigación y monografías. Con la advertencia de que si estos temas no son abordados en la academia (talleres, reseñas, simposios, seminarios), el graduando de las temáticas ambientales se arriesga a ejercer su oficio en un terreno cuyas novedades sean tan altas que le induzcan a profundizar sus frustraciones. Con este plato servido, no sería necesario correr tan delicado riesgo.

Agradecimiento.

El autor le agradece a todo el cuerpo profesoral y estudiantil del Proyecto Gestión Ambiental y de Servicios Públicos, por haberle llamado iniciando la epidemia COVID a comienzos de 2020, a cubrir la cátedra de Teoría Económica. Como se puede apreciar en el artículo, este período 2020-2024 permitió incubar y dar a luz el presente documento.

1. Desarrollo

1.1 Lo apocalíptico de la retórica ambiental

*¡Aleluya! el humo de la ciudad sube por los
siglos de los siglos... no selles los discursos
de la profecía de este libro, porque el
tiempo está cercano.*

Nacar y Otro, 1981, (Biblia. Apocalipsis, 19,3 y 22,10)

La desolación, la entrega en manos de divinidades o el juicio final son algunos instrumentos del judeocristianismo asociados a cierto apocalipsis que, no gratuitamente, figura como el último libro de la denominada “sagrada biblia” (Nácar y Colunga, Cit.). Y llama la atención la intensa y evidente forma en que los discursos ambientalistas tienden a aparecer expresa o veladamente lastrados por ideas apocalípticas; no es secreto que el ideal judeocristiano se asocia a su inocultable “desprecio por la vida”, entendido como una forma de vida desapegada de todo lo que signifique para el hombre afrontar y resolver su presente esperando un devenir

salvador, lo que le induciría a no arriesgar algo por proteger la suerte de su entorno planetario. (Congote, 2011). No en vano se ha propuesto que:

*“Esta vida junto con todo lo que a ella pertenece – naturaleza, mundo,
la esfera eterna del devenir y la caducidad – es
puesta por [el ideal ascético] en relación con una existencia
completamente distinta de la cual es antitética y excluyente,
a menos que se vuelva contra sí misma, que se niegue a sí misma; en
este caso(...) la vida es considerada [sólo] como un puente
hacia aquella otra existencia.”*

Nietzsche, 1994: 136 y siguientes. Ídem, 1993.

Resulta metodológicamente conveniente, por tanto, dejar en claro que cuando se trata de problemas objetivos como los ambientales, conviene trazar fronteras entre creencias (religiones) e ideas (pensamientos). Porque las primeras, transmitidas dogmáticamente de generación en generación, suelen ser piedras en el camino creativo de mejores formas de vida aquí y ahora; mensajes que, peor, no pueden ser rotas con mecanismo dialéctico alguno dado que el creyente, de suyo, es impermeable a toda discusión. Si los creyentes pensarán, dejarían de creer. Tal como lo propone Zuleta, “... (dado que) la fe (madre de la retórica) está por encima de toda relación con la experiencia y el razonamiento... Es refractaria a la crítica y a la experiencia, en la medida que encuentra un fundamento en ciertas estructuras psíquicas especiales.” (Cit.: 89. Paréntesis del artículo).

Resulta por lo tanto tarea ciclópea la tarea de la ciencia cuando presenta sus logros ante auditorios creyentes blindados contra toda posibilidad de dimensionarlos y, por tanto, de entender el profundo impacto sostenible de su aplicación. Endemia cuya “vacuna” se encuentra, ni más ni menos, en la academia. Razón por la cual, en la formación científica superior convendrá mostrarle al experto que educar para pensar (en su disciplina) no equivale a digerir aprendizajes de otros sin aplicar pensamiento crítico, herramienta de gran valor cuando se trata de establecer fronteras entre creencias y pensamientos. Con el agravante de que estas patologías se cultivan a placer entre la mayoría de los docentes; uno de los logros más nefastos de nuestra civilización, propone Zuleta, es que “... los expertos que hacen aportes... fuera del campo de su especialidad, son las ovejas más mansas del

rebaño, se atienen a ideas y valores dominantes... (con tal de que) no les planteen problemas en su medio.” (Cit.: 25. Paréntesis del artículo).

Esa resistencia del retórico ambientalista a siquiera aproximarse a la ciencia, podría probarse, por ejemplo, trayendo a colación de qué forma el que fuera amenazante crecimiento del “hueco de ozono” allá en los años 80, acaba de ser confirmado en proceso de recuperación durante los próximos 40 años, gracias a la aplicación de las metas trazadas en el Protocolo de Montreal (1987) que condujo a reducir en el planeta el uso de elementos probadamente tóxicos. (Diario El Tiempo, 2024).⁷ No obstante su trascendencia, el fenómeno fue rescatado por el artículo desde una zona menor de una página de periódico; sobraría comentar, en contraste, con la magnitud que tiene la difusión de las que llamamos *apocalípticas del colapso* que suelen ocupar, recurrentemente, las primeras páginas de los

medios de comunicación impresos o digitales y, peor, de publicaciones académicas supuestamente blindadas contra todo tipo de creencia.

“Si no se adoptan medidas, habrá (sic) una mayor aceleración del ritmo de extinción de especies en todo el mundo... superior a la media de los últimos diez millones de años”
(IPBES, 2019).

1.2 Algunas características de la Fermentación de Precisión⁸ Descripción.

Este primer impacto constituye un salto cualitativo en la solución sostenible del antiquísimo problema alimentario humano. Con base en documentación originada por el grupo investigador RethinkX, el artículo plantea que la tradición alimentaria humana estaría ligada a la forma mediante la cual producimos proteínas a partir de productos animales (fenómeno llamado *primera domesticación*). (Tubb y Otro, 2019). El salto cualitativo al que nos

referimos, consistiría en impulsar una Segunda Domesticación orientada a producir las proteínas como resultado exclusivo de procesos de laboratorio.

⁷ No casualmente, mientras se ha preparado este artículo, Colombia llevó a cabo la versión moderna de dichos protocolos en Cali mediante las conferencias COP16.

⁸ Grupo uno de impactos.

Estos investigadores sugieren que mediante Fermentación de Precisión, el costo de producción de esas proteínas animales hacia 2030 sería cinco veces menor que el actual y llegaría a ser diez veces menor hacia 2035. Y en relación con la calidad de estos alimentos, que serían superiores en determinados atributos clave, esto es, más nutritivos, saludables, gustosos y convenientes gracias a su amplísima variedad. (Cit., 6).

Otro impacto de esta disrupción, consistiría en estimar que, por ejemplo, hacia 2035 Estados Unidos tendría dedicados un 50% menos de vacunos a producir proteínas, hasta el punto de que los productores tradicionales que no se aperciban de estas transformaciones estarían abocados a la bancarrota. Y por supuesto, que los proveedores de la cadena de suministros tradicionales, también podrán correr riesgos similares.

La también llamada *biología de precisión* (o sintética) en que se basan estas transformaciones, permite grandes avances conduciendo a programar microorganismos para producir casi todo tipo de moléculas orgánicas. El diseño de software para generar estos procesos, estaría asegurando permanente iteración de modo que los productos pueden ir mejorando con alta rapidez y cada versión superaría la anterior en calidad y/o menores costos, rediseñando la industria alimenticia hacia sistemas de producción completamente descentralizados y, por

tanto, mucho menos riesgosos que los tradicionales sujetos a los vaivenes del cuidado de los animales, a su vez, altamente afectado por los cambios climáticos. De acuerdo con lo anterior, estaríamos ya asistiendo a la posibilidad de reemplazar la agricultura tradicional rural por la instalación de plantas de fermentación que produzcan alimentos cerca de los suburbios o inclusive de las zonas urbanas. (Ídem.: 6).

Como lo mostraremos en seguida, estas alternativas modernas ofrecerían ser mucho más eficientes en el uso de la tierra; entre 10 y 25 veces más eficientes en el consumo de insumos; 20 veces más eficientes en los tiempos de producción, y 10 veces más eficientes en el uso del agua como insumo. En 2019 se especulaba que, hacia 2021-2023, la totalidad de la industria lechera vacuna comenzaría a colapsar una vez que las modernas tecnologías reemplazaran las proteínas que contiene una botella de leche (estimadas sobre volumen en un 3,3%), afirmando

que la industria podría estar “caminando por el filo de la navaja hacia la quiebra en los próximos años 2030.” (Ídem., Cit.)⁹

No bastando lo anterior, Tubb y Otro plantean que todos los productos que actualmente extraemos como derivados de la industria vacuna, tienen la posibilidad de ser reemplazados por sustitutos modernos de calidades superiores y menores precios, de modo que arriesgarán caer en una espiral de mayores precios y menor demanda dejando en crisis las tradicionales economías de escala de la industria.

Algunos hallazgos claves (Tubb & Otro: 7)¹⁰

- Probablemente la demanda por alimentos derivados de procesos animales caiga un 70% hacia el 2030 y entre un 80%-90% hacia 2035. La destrucción de valor en estas industrias podría estimarse en US100 billones. Ambos fenómenos vendrían a la par con mayores hallazgos sobre alimentos procesados en laboratorio.
- A la par la producción (oferta) de alimentos derivados de procesos animales disminuiría un 50% hacia 2030 y cerca de un 90% hacia 2035.
- La actual industria agropecuaria podría verse reemplazada por modelos de software gracias a los cuales, los alimentos serían diseñados científicamente a niveles

moleculares, data que podrá ser cargada en la nube para ser aprovechada y mejorada por terceros en todo el planeta.

- Se estima que hacia 2035, un 60% de la tierra actualmente dedicada a la producción de alimentos y sus insumos, quedará liberada para otros usos (¿reforestación?).
- Alimentos producidos con menores costos y precios, podrán inducir la elevación de los ingresos reales de la población consumidora (podrá demandar más alimentos con menores o iguales ingresos en su bolsillo) y, en paralelo, en el aumento de los

⁹ Es probable que esta posibilidad (en esas magnitudes) no se haya visto materializada todavía en 2024. ¹⁰ Estos hallazgos, presentan datos referentes a estimaciones preferentemente para los Estados Unidos.

impuestos e inversiones que causarán estas transformaciones estructurales en todo el planeta.

- Se estima que estas transformaciones disminuyan las emisiones de CO₂ en un 45% hacia 2030. En paralelo, las tasas de deforestación, número de especies en extinción,

escasez de agua y polución acuática producidas por el actual sistema agropecuario, podrán verse sensiblemente mejoradas.

- Los alimentos producidos en laboratorio evidentemente serán mucho más baratos y de mejor calidad que los actuales derivados de animales.¹⁰ Esta revolución impactará colateralmente en el mejoramiento de la salud humana, porque alimentos de mejor calidad disminuirán patologías como el cáncer, la diabetes, cardiopatías, obesidad y otras cuyo costo actual de tratamiento se estima en US\$1,7 trillones anuales (montos que bien podrán ser destinados a Educación o Recreación sociales).
- Y por supuesto, un menor uso de tierra para la agropecuaria podrá aumentar la posibilidad de mayor hundimiento de carbono.

Algunos datos soporte

En artículo de Linder (2019) se exponen una serie de datos de fines del siglo XX que les darían soporte a las anteriores propuestas de Tubb & Sebba (Linder, 2019).¹¹ Menciona, por

ejemplo, la existencia de experimentos operativos en Gran Bretaña, Islandia y Canadá que datan de los años 60 pasados. En la primera, Imperial Chemical Industries (ICI) comenzó un proceso alimentario microbiano que resultó en la creación de la Pruteen, como derivada de la bacteria *Methylophilus methylotrophus* cuya biomasa contenía un 72% de proteínas y

¹⁰ Ver adelante los impactos de la SOLEINA®.

¹¹ El artículo propone que antes que “contrarrestar la expansión agrícola”, estos datos muestran las eficiencias que puede producir la biología sintética en relación con un empleo cada vez menor del factor tierra en la producción de alimentos.

especiales riqueza de vitaminas del “complejo B”.(Cit.: 1).¹² Si bien el proyecto fue parado en los 80 debido al aumento en los precios del metanol y la competencia de la soya, téngase en cuenta que un biorreactor diseñado para producir Prutein llegó a ocupar un espacio de apenas 225 m².

Linder describe, en paralelo, que la compañía Carbon Recycling International (CRI), productora de metanol, reporta una productividad anual de unos 5 millones de litros (o m³) de metanol, producto del procesamiento de unas 5.500 toneladas de CO₂¹³. Linder estima

por observación geoestacionaria, que la planta de CRI ocuparía un área de apenas 2.500 m².¹⁴

Por otra parte, Linder cita datos de la compañía canadiense Carbon Engineering (CE) que construyó un piloto para capturar CO₂ de la atmósfera, logrando capturar del medio ambiente una tonelada diaria. El mismo autor estima que ese piloto ocuparía un área de apenas 62.5 m² (también basado en datos satelitales. (Cit.: 3).

Los datos para Estados Unidos no son menos impactantes. Con base en observaciones de 2018 de la USDA (United States National Nutrient Database), plantea que los cultivadores de soya sembraron ese año una extensión 36'479.570 de hectáreas logrando cosechar 119'518.490 de toneladas. A manera de análisis comparado, Linder calcula que para producir esa misma cantidad de biomasa se requerirían 2.390 biorreactores tipo ICI, 59.750 plantas de metanol tipo CRI y 956.000 plantas tipo CE para capturar CO₂.

¹² Estimaciones gruesas le atribuyen a la biomasa de la carne vacuna, un contenido entre el 12% y 14% de proteínas (forzando todo el organismo a una relativamente excesiva carga -generadora de enfermedades gástricas- para darle al consumidor una relativamente baja riqueza proteínica).

¹³ <https://www.carbonrecycling.is/george-olah>.

¹⁴ Google Maps coordinates 63°52'36.5"N 22°25'25.0"W.

Calculando qué terreno ocuparían estas plantas innovadoras comparadas con las que ocupa la producción total de soya en Estados Unidos, encontré que: (Cit.: 3)

- Los biorreactores tipo ICI, requerirían $2.390 \times 225 \text{ m}^2 = 53,8$ hectáreas;
- Los biorreactores tipo CRI para el metanol, requerirían $59.750 \times 2.500 = 14.947$ hectáreas;
- Y los equipos para capturar CO₂, requerirían 5.975 hectáreas.
- Lo anterior significaría que el espacio total combinado para producir la misma cantidad de soya de manera biosintética, ascendería a 20.966 hectáreas, equivalentes a su vez, al ***0.06% del área total que ocupa actualmente la producción tradicional en los Estados Unidos.***¹⁵

Linder concluye diciendo que “*el propósito de este artículo es apenas demostrar que con tecnologías actuales, no hay barreras biofísicas que se opongan a la reducción radical del espacio dedicado a la producción de alimentos*” (Cit.: 5). Y tal como también lo propone Lavant “... *utilizando procesos intensivos para optimizar el espacio (y) el tiempo... serán*

(estas) las claves que permitan producir sosteniblemente.” (2024: 37. Paréntesis del artículo).

Y algunas gruesas falacias

Confundir el aumento poblacional con el del hambre y/o con cierto necesario aumento en la demanda efectiva de alimentos. (Pearsal y Sang, 2024:1.Wilkinson, 2024: 1).

La falacia descansa en la existencia de cierto analfabetismo funcional económico entre los expertos ambientales.¹⁶ Por esta razón, suele ser recurrente que los retóricos ambientales intenten explicar un problema económico relacionado con las correlaciones oferta-demanda

¹⁵ Linder plantea que esta cifra sería menor si del peso de la soya en bruto se descontara la humedad contenida. Y añade que las 20966 has. son menores que la superficie total de la Isla de Guam.

¹⁶ Enhorabuena subsanado por escuelas como el Proyecto Tecnología de Gestión Ambiental y Servicios Públicos de la Universidad Distrital FJdCaldas, ofreciendo entrenamiento intensivo de un semestre en Teoría Económica.

de alimentos, con “diagnósticos” que carecen de toda capacidad explicativa válida para hacerlo. Así ocurre arguyendo como avisos del apocalipsis, el exponencial (tanto como

improbado) crecimiento poblacional, el cambio climático, la pérdida de la biodiversidad o el carácter finito de recursos naturales como el agua; admitir que ello sea válido, le abriría la puerta a que problemas propios de la medicina, por ejemplo, el crecimiento de ciertos tipos de cáncer pudiera ser resuelto empleando herramientas demográficas como el aumento del stress en la vida urbana, y no mediante aplicaciones de ingeniería genética (como ya se está logrando con el CRISPR).¹⁷ (Grinstein, 2023).

Debido a que, en condiciones de competencia, la Ciencia Económica ha probado que la cantidad que se demanda de un bien o servicio se explica por la interacción de diversas variables, se caería de su peso que probablemente ninguna de las arriba comúnmente mencionadas podría explicar el problema (Cuevas, 1990: 89 y ss.). Dado que:

$$DDx = f(Px, Ps, Y, Dy, Gu) \text{ Donde:}$$

DDx = Cantidad efectivamente demandada por un bien o servicio X Px =

El precio del bien o servicio X

Ps = El precio de los bienes sustitutos de X

Y = El nivel de ingreso del consumidor

Dy = La estructura distributiva del ingreso en determinado mercado y

Gu = Los gustos de los consumidores.

En este orden de ideas la cantidad demandada de alimentos dependería de la interacción multivariable de, al menos cinco fenómenos; por lo que las proyecciones sobre cierto

¹⁷ Ver adelante.

“crecimiento exponencial” de la alimentación humana, caería en la falacia de atenernos a su “necesidad” antes que, fundamentalmente, en la capacidad de consumo de las poblaciones;

siendo ésta una variable dependiente múltiple de los niveles de precios, de los ingresos, de la estructura distributiva de los mismos y, por supuesto, de los gustos consumidores.^{18/19}

Conviene tomar en cuenta entonces que si algo caracteriza a la metodología de la Economía, es precisamente su habilidad para resolver con herramientas como la función de demanda (y su conexo el sistema de precios), el problema de cómo resolver el crecimiento exponencial () de las necesidades (o los deseos) versus la relativamente escasa oferta de recursos disponibles. (Cuevas, Cit.: 154 y ss.)

La demanda actual por alimentos, y los costos ambientales de su producción, pueden mitigarse de alguna manera reduciendo las pérdidas y desperdicios de alimentos y generando cambios dietarios. ((Pearsal y Sang, Cit.: 1. Wilkinson, Cit.: 1. También: Simm, 2022 y Tres, 2023).
--

Criticada la primera falacia, podría caerse la segunda. Los citados, en general, continúan confundiendo vis a vis *crecimiento poblacional* con *demanda alimentaria*, llevando a comprometer políticas ambientales que conviene implementar de inmediato, con costosas y superficiales mejoras en los procesos de producción tradicionales y, peor, en la modificación de los gustos (Gu) de todas las poblaciones que, de suceder, sólo se produce en largos plazos.

¹⁸ El principio de que la demanda por alimentos depende, además, del tamaño del estómago del individuo, debería incluirse incidiendo en la variable Gu de la ecuación.

¹⁹ Wilkinson cita además al Banco Mundial como fuente de sus afirmaciones.

Incrementar la productividad agrícola permitiría de manera sustentable diseñar caminos para un progreso sustancial de corto plazo en la transición agroalimentaria (Pearsall y Sang, 2024:2 y ss. Wilkinson, 2024: 3).

Como lo describe el artículo, es probable que todo esfuerzo encaminado a conservar la industria agropecuaria bajo los paradigmas tradicionales (productividad, intensidad en el uso de la tierra, reformas agrarias), llegue a estrellarse con la posibilidad de que tanto la oferta como la demanda de productos alimenticios biosintéticos crezca de manera

exponencial mientras, a la par, los productos de aquellas industrias se enfrenten a crisis financieras profundas por disminuciones en la demanda en el corto lapso de 10 o 15 años. (Tubb y Otro, Cit.).

1.3 Otro grupo de impacto: La ingeniería biosintética (El CRISPR-Cas9).

Descripción

El artículo se refiere a *la repetición palindrómica corta regularmente inter espaciada* de características genéticas prediseñadas aplicable, en lo del artículo, a productos alimenticios sostenibles. Habiendo merecido sus desarrolladoras Dodna y Charpentier el Nobel de Química – 2020 (Le Mieux, 2020), en un relativamente corto lapso la implementación de estos avances estaría generando impactos sostenibles sobre la agricultura, por no extendernos a la medicina, la industria y la farmacología.

Operando con las identificadas como “tijeras genéticas” (o Cas9)²⁰, el CRISPR estaría basado en diseñar, implantar y multiplicar una característica genética de algunos organismos microbianos en otro (s) de acuerdo con la cual, una vez “pegada” en el respectivo ADN ellos mismos tienden a mejorar o modificar su proclividad a dañarse o

²⁰ Actualmente ya se han diseñado numerosas transformaciones al Cas9 que resultan identificadas, por ejemplo, como SuperfiCas9, habilitado para reducir en 4.000 las probabilidades de que las tijeras hagan cortes en zonas diferentes al objetivo en el ADN.(Airhart, 2022).

enfermarse auto - generando modificaciones que los fortalezcan contra esas amenazas o añadiéndoles nuevas características (Abbot, 2024). Nos referimos con ellas, por ejemplo, a

modificaciones en las características nutritivas (sabores, formas, colores, contenidos nutritivos, etc.).²¹

Algunos datos

En agricultura el CRISPR-Cas9 podrá superar las limitaciones que imponen el cambio climático o la transgénesis, acelerando el mejoramiento genético de las plantas y así, superando límites a niveles que no hace mucho eran inimaginables. (Bayón, 2022. Ledur, 2022. McNamara, 2024). Actualmente estos avances son más que posibilidades pero conviene advertir sobre las dificultades que están enfrentando para hacerse viables, particularmente relacionadas con la defensa de intereses por parte de las legislaturas nacionales. (Caccamo, 2024. Porterfield, 2021). Como se puede apreciar, las barreras se encuentran, por sobre todo entre los diseñadores de políticas públicas mucho más que en los consumidores, dado que los primeros se han apoderado estratégicamente de fuerzas decisorias parlamentarias o del Poder Ejecutivo de las democracias. (Los, 2022). No obstante y para fortuna cercana, ya se observan avances de CRISPR incidiendo en el mejoramiento de productos en Colombia como el banano y el arroz (Blumwald y Akhiles, 2022. Conrow, 2019).

²¹ Esta interpretación del autor del artículo es de carácter libre sobre un tema para cuya comprensión adecuada no posee entrenamiento apropiado.

Si lo anterior no bastara, CRISPR ha llegado a viabilizar que las prácticas agropecuarias sean entrenadas genéticamente para capturar las emisiones de carbón que generan (probablemente lo mismo que hemos descrito arriba como “hundimiento de carbono”; o también, hacia el diseño genético de fibras de madera altamente sostenibles. (Grinstein, 2023. Grinstein y Ktori, 2023). Por su parte, Keller ha trabajado en la India modificando semillas mediante CRISPR con el objetivo de que puedan germinar en situaciones de extrema inundación. (Cit., 2023).

1.4 Otros grupos de impacto

El ALPHAFOLD

La acción interdisciplinaria entre Inteligencia Artificial y Biología Sintética, ha creado un software denominado ALPHAFOLD que, en cortos plazos ha logrado romper paradigmas

que estuvieron vigentes en estas disciplinas por décadas. Callaway propone que *“este software habría elevado a un nivel más que exponencial la capacidad de identificar la forma de las proteínas a partir de su secuencia genética, alcanzando una precisión milimétrica”* (Cit., 2022).

Con base en esta herramienta, ya se habría logrado identificar el ADN de aproximadamente el 50% de las proteínas conocidas (aproximadamente 100 millones). Y no obstante su relativa novedad, ya se contabilizan aproximadamente en cuatrocientos mil los investigadores que están trabajando esta herramienta en el planeta.

No fue gratuito por tanto, que el Premio Nobel de Química – 2024, fuera logrado por los investigadores David Baker, Demis Hassabis y John Jumper (BBC News, 2024). Para mejorar la descripción, Callaway propone que *“La herramienta (ALPHAFOLD) ha permitido que estructuras (proteínicas) sean aprovechables por los investigadores solo tocando un botón, potenciando experimentos que eran inimaginables hace apenas una década.”*(Cit., 2024).

Complementariamente, Jones²² dice que ALPHAFOLD hace posible el cambio completo de los paradigmas investigadores, confirmando que *“los computadores son herramientas que pueden producir hipótesis útiles habilitadas para ser evaluadas en el laboratorio.”* (Callaway, 2024).

El artículo especula - dado que no ha logrado hallar literatura soporte- que el avance de este grupo de impacto probablemente encajaría con CRISPR-Cas9, dado que los logros de esta última estarían creciendo a la misma velocidad con la que ALPHAFOLD identifique ADN's (NIH, 2024), ya que ambos avances giran en torno a un objeto común.

El bioprocesamiento solar de alimentos

Solarfoods ® sería hasta ahora, la primera empresa planetaria en diseñar, experimentar y comercializar proteínas alimenticias para humanos, producidas mediante la combinación de los componentes del aire y energía eléctrica derivada de fuentes solares. Sus investigadores tomaron uno de los millones de microbios de la naturaleza, lo cultivaron por fermentación

(bioprocesamiento) y el microbio es alimentado utilizando N,O,C e H del aire ambiente empleando energía eléctrica, a su vez, que tiene la solar por fuente.(Solarfoods® a, 2022).

A la fecha, dos años después de surgido el proyecto en Finlandia, la empresa ha producido la primera proteína conocida que existe como fruto de estos procedimientos y que tiene como marca comercial SOLEÍNA®. (Solarfoods ® b, 2022). Algunos datos sugieren que estos microorganismos crecerían 20 veces más eficientemente que los fotosintéticos, en procesos que podrían ser 200 veces más productivos que el procesamiento de la carne, al tiempo que multiplicarían tal vez por seis el contenido proteínico de ésta.

“La Soleína es una proteína que se obtiene del aire, no es un planta ni un animal. No obstante, no es una proteína completamente natural () porque no ha crecido siguiendo

²² David Jones, bioinformático del University College London.

procesos tradicionales”.²³ Y ofrece infinitas posibilidades para la industria alimenticia produciendo deliciosos, nutritivos y sostenibles alimentos. (Cit. 2022).

Sus macronutrientes son asimilables a los de las algas o la soya deshidratada y proveen al consumidor de Hierro, Fibra y Vitaminas tipo B. Sus contenidos se resumen en:

Tabla 1. Propiedades de la Soleína

Proteína	65 -70%
Grasa	5-8 %
Fibras dietarias	10 – 15%
Nutrientes minerales	3 – 5%

Fuente: (Solarfoods a, 2022)

Algunas de sus últimas novedades han sido en este 2024:

- Su incorporación al índice NASDAQ en el mercado de valores de Finlandia (Sep. 10 2024).
- La obtención de la distinción GRAS (Generally Recognized as Safe) en el mercado de Estados Unidos (Sep. 02 2024).

-
-
- El lanzamiento de nuevos productos basados en Soleína en el mercado de Singapur (Ago. 09 2024).
 - Su debut en el mercado de Singapur entre los “snackbar” FAZER (Enero 18 2024).

De acuerdo con la información disponible, no habría duda de que la producción de Soleína ® es un fenómeno de tal envergadura como el surgimiento de las herramientas CRISPRCas9 y ALPHAFOLD. Sus proyecciones avanzan hacia la producción de alimentos para humanos en experimentos astronáuticos. Frente a 300 grupos de

²³ Afirmación cuestionable de la página www. Inclusive las herramientas de laboratorio tienden a ser *naturales* y ni qué decir del sol y del aire.

investigación, Solarfoods acaba de lograr que su biorreactor (productor de Soleína) pueda operar en condiciones espaciales ofreciendo alimentos adaptados a esas condiciones.

Producto de lo anterior, “... este Agosto, SolarFoods ganó la categoría internacional en el tercero y final concurso en el denominado the Deep Space Food Challenge (El reto profundo de la alimentación espacial)”. (Solarfoods c, 2024).

El impacto en la Tierra de estos avances espaciales promete ser significativo. Tal como lo plantea el manager de Solar Foods, Lukanen, “... cuando podamos operar los pequeños biorreactores espaciales, estaremos capacitados para producirlos en grandes tamaños como lo requieren los ecosistemas terrestres... si podemos liberar recursos para producir circularmente alimentos, contribuiremos a un planeta más saludable.” (Ídem., Cit).

2. Conclusiones. Análisis DOFA de impactos

Tabla 2. Debilidades y Fortalezas

DEBILIDADES		OPORTUNIDADES
El carácter radicalmente innovador de los impactos		Son inestimables en los plazos corto, mediano y largo
La lentitud con que tienden a cambiar los Gustos (Gu) de las personas en, particular, en materia alimentaria		La posibilidad de que grandes volúmenes de tierra actualmente contaminantes, muten hacia la oferta de zonas de reforestación y captura de CO2
El relativo analfabetismo económico del que adolece buena parte de los científicos y académicos junto con los diseñadores de políticas públicas		La posibilidad de que los cambios estructurales tiendan a deprimir los actuales niveles de deforestación
El alto peso que tienen actualmente en los poderes legislativos, los propietarios terratenientes y los agroindustriales tradicionales		La posibilidad de que los niveles nutricionales aumenten de manera insospechada, mejorando los estándares de salud en las poblaciones involucradas y disminuyendo los presupuestos públicos en este sector.

		Cambiar los patrones tradicionales de empresa, empleo, trabajo, productividad, sostenibilidad
		Posibilidad que las agroindustrias tradicionales migren aceleradamente hacia las biosintéticas
		La posibilidad de producir cada vez mejores bienes y servicios a más bajos costos (y precios), elevando de paso el ingreso real de las personas (mayores cantidades demandadas con el mismo ingreso)
		Posibilidad de acercar producción y provisión de alimentos a los centros urbanos gracias a los relativamente mínimos espacios que ocupan las industrias biosintéticas, disminuyendo más los costos de producción y provisión.
		Transformación radical de la llamada "ruralidad", "vida campesina" y "campesino"
		Disminución de la defensa violenta de la propiedad terrateniente, elevando la posibilidad de que nuevas regiones se beneficien de estas innovaciones

Tabla 3. Fortalezas y Amenazas

FORTALEZAS	AMENAZAS
Capacidad de que la agroindustria biosintética eleve (o reduzca según el caso) exponencialmente los indicadores tradicionales de la agropecuaria	Las tendencias conservaduristas ancladas en los sistemas legales de los países protegiendo intereses particulares

La posibilidad de que el uso de la tierra se reduzca a niveles relativamente centesimales gracias a la biosíntesis, aumentando la cantidad de tierra disponible para usos sostenibles (reforestación).		Contrataques de los terratenientes de los países subdesarrollados que, incrustados en el Estado, detengan o difieran la competencia de la industria biosintética versus la tradicional
Posibilidad de elevar exponencialmente las perspectivas financieras de la industria biosintética transformando los componentes de las bolsas de valores		Que oportunistas terratenientes como FEDEGAN en Colombia (gracias a ignorantes gobernantes como Gustavo Petro), le vendan al Estado sus tierras a precios exorbitantes que serán mucho menores en el corto y mediano plazos.
Posibilidad de elevar el ingreso real colectivo (comprar más y mejores alimentos con el mismo ingreso)		En los plazos corto y mediano, incremento de la defensa violenta de la propiedad rural o de las formas tradicionales de producir alimentos desde animales para "ensuciar la cancha" de estas transformaciones
La posibilidad de que países actualmente en desarrollo, diseñen industrias biosintéticas colocándose en la punta tecnológica gracias a sus menores costos relativos		El probable atraso de las universidades para estudiar, entender y aplicar estas transformaciones a la enseñanza de los asuntos ambientales y su correlación con los económicos
Se validaría la hipótesis de que la ingeniería genética pueda contribuir a disminuir el uso de la tierra como medio para producir alimentos menos costosos, de mayor calidad y de mayor contenido nutricional		En los plazos corto y mediano, incremento de la defensa violenta de la propiedad rural o de las formas tradicionales de producir alimentos desde animales
Posible disminución de la defensa violenta de propiedades rurales que cada vez más, tendrán menores precios		

REFERENCIAS

Libros

1. Carroll, Lewis. (2011). *Aventuras de Alicia en el País de las Maravillas*: Bogotá: Educar.
2. Cuevas, Homero. (1990). *Introducción a la Economía*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia, 3ª Edición.
3. Morin, Edgar. (1982). *Science avec conscience*. Paris : Fayard.
4. Morin, Edgar. (1977). *El espíritu del valle*, en *El método 1*. Disponible en www.multiversidadreal.org
5. Nacar, Eloino & Colunga, Alberto. (1981). *Sagrada Biblia*. Madrid: BAC, 42ª edición.
6. Nietzsche, Friederic. (1994). *La genealogía de la moral*. Un escrito polémico. Madrid: Alianza.
7. Nietzsche, Friedric. (1993). *Humano, demasiado humano*. Madrid: M.E.
8. Orrell, David. (2018). *Quantum Economics*. Londres: IconBooks.
9. Zuleta, Estanislao. (2000). *Elogio de la dificultad*. Cali: FAEZ.

Artículos en Revistas. Webgrafía

10. Airhart, Marc. (2024). *CRISPR critics say gene editing results in 'unknowable mistakes.'* Here's how scientists are addressing that challenge. Disponible en: https://geneticliteracyproject.org/2022/03/14/crispr-critics-say-gene-editingresultsin-unknowable-mistakes-heres-how-scientists-are-addressingthatchallenge/?utm_source=jeeng
11. Abbot, Farrin, (2024). *Stanford explainer: CRISPR, gene editing, and beyond* Disponible en : <https://news.stanford.edu/stories/2024/06/stanford-explainer-crispr-gene-editing-and-beyond>
12. Alisson, Richard. (2022). *How growers could benefit from pioneering gene-edited wheat*. Disponible en: <https://www.fwi.co.uk/arable/wheat/how-growers-could-benefit-from-pioneering-gene-edited-wheat>

13. Bayon, Alvaro. *What Will the agriculture of the future look like?* (2022). Disponible en: https://www-muyinteresante-es.translate.google.com/naturaleza/articulo/como-sera-la-agricultura-del-futuro-411662558064?x_tr_sl=auto&x_tr_tl=en&x_tr_hl=en&x_tr_pto=wapp
14. Beardall, W., Stan, and Dunlop. (2022). *Deep Learning Concepts and Applications for Synthetic Biology GEN Biotechnology Vol. 1, No. 4*. Disponible en: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/genbio.2022.0017>
15. Begley, Sharon & Cooney, Elizabeth. (2020). *Dos científicas del CRISPR ganan el Premio Nobel de Química por el descubrimiento de la edición genética*. Disponible en: <https://www.statnews.com/2020/10/07/two-crispr-scientists-win-nobel-prize-in-chemistry/>
16. Blumwald, Eduardo y Akhiles, Yadav. (2023). *CRISPR-Engineered Rice Enhances the Natural Production of Fertilizer*. Disponible en: <https://www.genengnews.com/topics/genome-editing/crispr-engineered-rice-enhances-natural-production-of-fertilizer/>
17. Buhariwalla, Tanaz. (2022). "Down to earth." Disponible en: <https://www.downtoearth.org.in/blog/climate-change/can-synthetic-biology-offer-solutions-to-environmental-challenges--83674>
18. Caccamo, Mario. (2024). *Viewpoint: England's Precision Breeding Act 'remains an empty shell and serves no functional purpose' — Will politics scuttle crop gene editing future?* Disponible en: https://geneticliteracyproject.org/2024/07/16/englands-precision-breeding-act-remains-an-empty-shell-and-serves-no-functional-purpose-will-politics-scuttle-crop-gene-editing-future/?mc_cid=528a46038f&mc_eid=100228cd91
19. Callaway, Ewen. (2024). *Chemistry Nobel goes to developers of AlphaFold AI that predicts protein structures*. Disponible en: https://www.nature.com/articles/d41586024-03214-7?utm_source=Live+Audience&utm_campaign=3ea6e2da1a-naturebriefing-daily-20241009&utm_medium=email&utm_term=0_b27a6918143ea6e2da1a-51876256
20. Callaway, Ewen. (2022). *What's next for AlphaFold and the AI protein-folding revolution?* Disponible en: <https://www.nature.com/articles/d41586-022-00997-5>

21. Congote, Bernardo. (2023). *Especulaciones sobre cierto clima de frustración detectable en universitarios pre y postgraduados*. Bogotá: Revista Tecnogestión. *Una mirada al ambiente*, Pp. 4-44. 20, 1
22. Congote, Bernardo (2011). *Tres lecturas sobre la depredación del ecosistema. El caso de Colombia*. Bogotá: Revista Tecnogestión. *Una mirada al ambiente*, Pp. 66-79.
23. Conrow, J. (2019). "Could CRISPR save banana...." Disponible en: <https://geneticliteracyproject.org/2019/04/24/crispr-could-save-banana-majorfoodsource-for-500-million-people-from-deadly-disease-climate-change/>
24. Grinstein, Jonathan. (2023). *The Future of Food—CRISPR Crops That Capture Carbon*. Disponible en : https://www.genengnews.com/topics/genomeediting/thefuture-of-food-crispr-crops-that-capture-carbon/?MailingID=%DEPLOYMENTID%&utm_medium=newsletter&utm_source=GEN+Daily+News+Highlights&utm_content=01&utm_campaign=GEN+Daily+News+Highlights_20230124&oly_enc_id=6544A7890812G8Z
25. Grinstein, Jonathan y Ktori, Sophia. (2023). *Timber. Multiple CRISPR editing for sustainable wood fiber production* Disponible en: https://www.genengnews.com/topics/genome-editing/timber-multiplex-crispreditingfor-sustainable-wood-fiber-production/?MailingID=%DEPLOYMENTID%&utm_medium=newsletter&utm_source=GEN+Daily+News+Highlights&utm_content=01&utm_campaign=GEN+Daily+News+Highlights_20230714&oly_enc_id=9107D8405078F2T
26. Grinstein, Jonathan. (2023). *Force of Nature: Caribou Biosciences Hits Clinal Runway with CRISPR-based Cancer Therapeutics*. Disponible en: https://www.genengnews.com/topics/genome-editing/force-of-nature-cariboubiosciences-hits-clinal-runway-with-crispr-based-cancertherapeutics/?MailingID=%DEPLOYMENTID%&utm_medium=newsletter&utm_s

[ource=GEN+Daily+News+Highlights&utm_content=01&utm_campaign=GEN+Daily+News+Highlights_20230608&oly_enc_id=6544A7890812G8Z](https://www.genengnews.com/topics/genomeediting/crisprs-second-decade-jenniferdoudna-looks-forward-and-back/?MailingID=%DEPLOYMENTID%&utm_medium=newsletter&utm_source=GEN+Daily+News+Highlights&utm_content=01&utm_campaign=GEN+Daily+News+Highlights_20230608&oly_enc_id=6544A7890812G8Z)

27. Hedford, Hellen. (2024). *AlphaFold reveals how sperm and egg hook up in intimate detail. Three sperm proteins work together as matchmakers to enable fertilization in vertebrates.* Disponible en: https://www.nature.com/articles/d41586-02403319z?utm_source=Live+Audience&utm_campaign=9ec7a41238-nature-briefing-daily-20241018&utm_medium=email&utm_term=0_b27a691814-9ec7a41238-51876256
28. Keller, Michael. (2023). *Food security in a climate crisis must start with seeds.* Disponible en: <https://www.devex.com/news/opinion-food-security-in-a-climate-crisis-must-start-with-seeds-104691>
29. Lavant, Mary Ann. (2024). *Biomanufacturing Green Theme, Genetic Engineering & Biotechnology News, GEN, Pp 36-40.* Disponible en: <https://www.genengnews.com/>
30. Ledur, Mónica. (2022). *Advanced biotechnologies contribute to genetic improvement.* Disponible en: https://opresenteruralcombr.translate.google/biotecnologias-avancadas-contribuem-paramelhoramentogenetico/?_x_tr_sl=auto&_x_tr_tl=en&_x_tr_hl=en&_x_tr_pto=wa_pp
31. Lemieux, Julianna. (2022). *CRISPR's Second Decade: Jennifer Doudna Looks Forward and Back.* Disponible en: https://www.genengnews.com/topics/genomeediting/crisprs-second-decade-jenniferdoudna-looks-forward-andback/?MailingID=%DEPLOYMENTID%&utm_medium=newsletter&utm_source=GEN+Daily+News+Highlights&utm_content=01&utm_campaign=GEN+Daily+News+Highlights_20221103&oly_enc_id=6544A7890812G8Z
32. Linder, Tomas. (2019). *Microorganismos comestibles: una opción tecnológica que se pasa por alto para contrarrestar la expansión agrícola.* Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2019.00032/full>

33. Linder, Thomas. (2019). *Edible Microorganisms—An Overlooked Technology Option to Counteract Agricultural Expansion*. Disponible en:
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2019.00032/full>
34. Livshits, Geulah. (2022). *CRISPR Genome Editing: Into the Second Decade*. *GEN Biotechnology Vol. 1, No. 1*. Disponible en:
<https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/genbio.2022.29015.gli>
35. Los, Ferdinand. (2022). *When will CRISPR gene editing be widely adopted in farming — and what are the blockages?* Disponible en:
https://geneticliteracyproject.org/2022/04/20/when-will-crispr-gene-editing-bewidely-adopted-in-farming-and-what-aretheblockages/?mc_cid=c1ffc5ad3e&mc_eid=100228cd91
36. Love, Helen. (2024). *Viewpoint: What happens when health officials spread misinformation?* Disponible en :
https://geneticliteracyproject.org/2024/10/16/viewpoint-what-happens-whenhealthofficials-spread-misinformation/?mc_cid=f9855fde9e&mc_eid=100228cd91
37. McNamara, Patrick. (2024). *New genomic techniques – savior or nemesis?* .
Disponible en:
<https://www.newfoodmagazine.com/article/161750/newgenomictechniques-saviour-or-nemesis/>
38. NIH National Human Genome Research Institute. (2024). *CRISPR CREME: An AI Treat to Enable Virtual Genomic Experiments*. Disponible en:
<https://www.genengnews.com/topics/artificial-intelligence/crispr-creme-an-aitreatto-enable-virtual-genomic-experiments/>
39. Pearsall, Daniel y Sanga, Helen. (2024). *Large scale, Intensive, land-sparing farming is the sustainable future not the problem*. Disponible en:
https://geneticliteracyproject.org/2024/09/26/viewpoint-large-scale-intensive-landsparing-farming-is-the-sustainable-future-nottheproblem/?mc_cid=63ecf8b2ff&mc_eid=100228cd91
40. Porterfield, Andrew. (2021). *Viewpoint: Environmental groups attack latest crop gene-editing innovations misusing scientifically outdated 20-year-old anti-GMO*

arguments.

https://geneticliteracyproject.org/2021/01/26/viewpointenvironmentalgroups-attack-latest-crop-gene-editing-innovations-misusingscientificalloutdated-20-year-old-anti-gmoarguments/?utm_source=jeeng&utm_medium=email

41. Ronald, Pamela & Kligman, Melinda. (2022). *How will CRISPR tools help feed future generations?* Disponible en :
<https://innovativegenomics.org/crisprpedia/crispr-in-agriculture/>
42. Savage, Steve. (2024). *6 problems CRISPR gene-edited agriculture helps solve.* Disponible en : https://geneticliteracyproject.org/2024/10/21/6-problemscrisprgene-edited-agriculture-helpsolve/?mc_cid=ce188da648&mc_eid=100228cd91
43. Sarrazin, Jean & Aguirre, (2023). Fabián. *Governmentality, Science, and the Media. Examining the “Pandemic Reality” with Foucault, Lyotard and Baudrillard.* Disponible en : <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>
44. Simm, Stuart. (2022). *Food system transformation.* Disponible en :
<https://www.scienceforsustainableagriculture.com/geoffsimm>
45. Smyth, Stuart. (2022). *Science for sustainable agriculture. Food systems transformations.* Disponible en:
<https://www.scienceforsustainableagriculture.com/geoffsimm>
46. Trees, Sandy. (2023). *Precision animal breeding: How gene editing could revolutionize animal agriculture and disease control.* Disponible en:
https://geneticliteracyproject.org/2023/01/19/precision-animal-breeding-how-geneediting-could-revolutionize-animal-agriculture-anddiseasecontrol/?mc_cid=d7489134c2&mc_eid=100228cd91
47. Tubb, Catherine & Sebba, Tony. *Rethinking food and agriculture 2020-2030.* (2019). Disponible en: www.rethinkx.com o en: food@rethinkx.com
48. Villarino, M. (2020). *Genome editing gives a boost to plant breeding.* (2020). Disponible en:
<https://translate.google.com/translate?sl=es&tl=en&u=https%3A%2F%2Fblog>

[.ciat.cgiar.org%2Fes%2Ffla-edicion-de-genomas-da-un-impulsoalfitomejoramiento%2F](https://ciat.cgiar.org%2Fes%2Ffla-edicion-de-genomas-da-un-impulsoalfitomejoramiento%2F)

49. Wilkinson, Derrick. (2024). *How can we dramatically increase agricultural yields sustainably and without using more land?* (2024). Disponible en: https://geneticliteracyproject.org/2024/08/08/viewpoint-how-can-we-dramaticallyincrease-agricultural-yields-sustainably-and-without-usingmoreland/?mc_cid=9e28cce8cc&mc_eid=100228cd91
50. Zaruk, David. (2024). *Environmental-Industrial Complex: How governments, advocacy groups, 'progressive' foundations and industry profit off of climate fears.* Disponible en: https://geneticliteracyproject.org/2024/07/30/environmentalindustrial-complex-howgovernments-advocacy-groups-progressive-foundationsand-industry-profit-off-ofclimatefears/?mc_cid=7af7c2586b&mc_eid=100228cd91

Documentos Soporte

51. Baptiste, Brigitte. *Cambié de opinión respecto al ambientalismo.* en diario digital *El Espectador*, edición de enero 3 2024. Disponible en : <https://www.elespectador.com/opinion/columnistas/brigitte-lg-baptiste/cambiedeopinion-respecto-al-ambientalismo/>
52. BBC News. *David Baker, Demis Hassabis y John M. Jumper ganan el Premio Nobel de Química - 2024 por descifrar el código de las sorprendentes estructuras de las proteínas.* (2024). Disponible en : <https://www.bbc.com/mundo/articles/c1k7gkkw3zko>
53. *Diario El Tiempo/ A fondo. El mayor logro ambiental de un mundo unido.* (2024). Colombia, edición de mayo 5 de 2024, Pg. 2.9.
54. González, Miguel. (2022). *Charlando con el experto.* Disponible en: <https://informefinestra.mx/2022/06/02/cuando-la-marea-baja-se-ve-quien-nadabadesnudo/#:~:text=%22Cuando%20la%20marea%20baja%2C%20se,quien%20nadaba%20desnudo%22%20%7C%20Informe%20Finestra>
55. Edf.org (2024). Disponible en : <https://edf.org>

56. IPBES (Plataforma Intergubernamental de Ciencia y Política). Informe sobre biodiversidad y servicios de los ecosistemas. Diario El Tiempo/Primer plano, Colombia, edición impresa de octubre 20 2024, Pg. 1.3.
57. Petro, Gustavo. (2024). Palabras del presidente Gustavo Petro en la Conferencia Internacional Salvemos el Planeta, un nuevo Orden Mundial con Justicia, Cambio Climático, Derechos Humanos y Paz. Disponible en :
<https://www.presidencia.gov.co/prensa/Paginas/Palabras-del-presidente-Gustavo-Petro-en-la-Conferencia-Internacional-Salvemos-el-Planeta-un-nuevo-OrdenMundia-240921.aspx>
58. Petro, Gustavo. (2024). Palabras del presidente Gustavo Petro durante el Encuentro académico “Paz, justicia social, justicia ambiental y cambio climático”. (2024). **Disponible en:**
<https://www.presidencia.gov.co/prensa/Paginas/Palabrasdelpresidente-Gustavo-Petro-durante-el-Encuentro-academico-Paz-justiciasocialjusticia-ambiental-240712.aspx>
59. Solarfoods® a. Solar bioprocess. (2022). Disponible en:
<https://solarfoods.com/science/>
60. Solarfoods ® b. Introducing solein ® (2022). Disponible en :
<https://solarfoods.com/solein/>
61. Solarfoods® c. (2024). Alimentación de astronautas.
https://solarfoods.com/inconversation-with-arttu-huukanen-solein-tops-the-list-ofnfasas-alternatives-forspace-food-systems/?utm_medium=email&_hsenc=p2ANqtz9cVSfCu5ixx5xgnCaOlvpVTqe9PtzgxAzNrHLQlu3xYpX0Dr-XSCyR2sxcz7HCcjlvFhHRtzIbJewUDobQyTxFzhcxA&_hsmi=327475490&utm_content=327475490&utm_source=hs_email
62. Universidad Distrital. (2024). Certificación de Bernardo Congote como Docente de Vinculación Especial Hora Catedra por Honorarios. Bogotá: Oficina de Talento Humano.