30/10/2026

Llamadme BIO

TXT PABLO A. GONZÁLEZ, JUAMA GARRIDO

IMG GONZALO ALVAREZ DANIELLO

¿Por qué la biotecnología dejó de ser un sector para convertirse en la infraestructura estratégica del futuro? ¿Qué capacidades necesitamos dominar en Latinoamérica para no depender de nadie?

English version here.

*En **Un futuro vivo** propusimos que la biología se convirtió en la tecnología de base para revolucionar la manera en la que nuestra civilización organiza la materia (y por eso llamamos a ese proceso* "transición material"*). Esta vez la pregunta ya no es solamente hacia dónde se mueve esa transición. Queremos entender qué hace posible que este cuerpo tecnológico pueda aspirar a tanto y por qué creemos que puede hacerlo*

recién ahora, cuáles son sus capacidades y qué matriz productiva podemos construir sobre ellas.

Parte I | Todo lo que toca la luz

Internet tardó décadas en nombrarse. Primero fue una constelación de herramientas, protocolos, pedazos de infraestructura, casos de uso y soluciones en busca de problemas. Ni sus protagonistas terminaban de entender el fenómeno del que estaban siendo parte. Había piezas, había nodos, pero no había sistema, ni topología, ni arquitectura de sentido. El vocabulario era funcional y local: *packet switching*, *internetworking*, TCP/IP, servidor, red de redes. Palabras inventadas para nombrar pequeñas partes de un mundo, nunca el mundo.

Ante esa carencia, cada pedacito de internet en formación se archivaba bajo la categoría anterior. Una librería que vendía por la web era "comercio minorista". El correo electrónico era "telecomunicaciones". Un servidor era una "máquina", y las máquinas son "infraestructura". En algún punto era cierto: cada pieza, mirada de cerca, efectivamente se parecía muchísimo al antepasado específico del que descendía. Clasificábamos todas las piezas por separado y cada una caía en un cajón distinto. Internet, como fenómeno completo, no estaba en ningún cajón.

Hoy vemos algo parecido en la revolución tecnológica que nos interesa: la biotecnológica. Una serie de capacidades empieza a aparecer dentro de la medicina, del agro, de la alimentación, la química industrial, los materiales, la construcción y hasta la computación. Cada una conserva el nombre de la vertical en la que aterriza. Y, sin embargo, por debajo, empieza a asomar una infraestructura común que necesita ser nombrada.

Todas las escalas de la materia

La biología ya participa de todos los sistemas productivos: comida, medicamentos, fertilizantes, textiles, materiales de construcción, objetos, edificios, campos. Todo lo que toca la luz, diría Mufasa. Pero eso no implica que sea protagonista. Hoy la protagonista sigue siendo la petroquímica y casi todo depende de ella: el sistema agropecuario, los materiales, buena parte de los precursores farmacéuticos, los

colorantes, los solventes, la construcción. Nuestro sistema material hoy se apoya en la capacidad de extraer y transformar masivamente moléculas de carbono a partir de ese mejunje macerado bajo las rocas que, si bien nos dio más de un siglo de desarrollo acelerado, también está sacando olor a quemado por todos lados.

En este contexto, la biología como tecnología ancha llama la atención no tanto por su capacidad de reemplazar productos existentes como por la forma en que los atraviesa. Y no solo productos, sino servicios e industrias enteras. Este nuevo cuerpo tecnológico está empezando a producir mundo y a redefinir los segmentos productivos como hoy los imaginamos, en todas las escalas de la materia.

En el extremo de lo pequeño. La biología lleva décadas siendo la tecnología habilitante de la innovación de frontera para ordenar átomos en moléculas complejas. Los anticuerpos monoclonales, los tratamientos oncológicos que hace diez años eran imposibles, la edición génica en bebés con enfermedades raras: todos son hijos de la misma lógica de operar sobre la vida a escala molecular y celular. Hoy la medicina de punta es biomedicina, pero le decimos “medicina”. Y aunque nadie entra a una farmacia a pedir un producto biotecnológico (pide el remedio, la vacuna, el coso que hace la cosa, no la forma en la que fue producido), lo que se lleva es ciencias, técnicas y tecnologías de la vida aplicadas.

Un salto de escala, hacia los objetos. Hermès vende un bolso hecho con un material desarrollado por la californiana MycoWorks a partir de micelio de hongos. El mismo material terminó después en un sillón de Ligne Roset y en los paneles interiores de un *concept car* de Cadillac. Cuando alguien compra ese bolso no compra sólo un Hermès, también compra micelio.

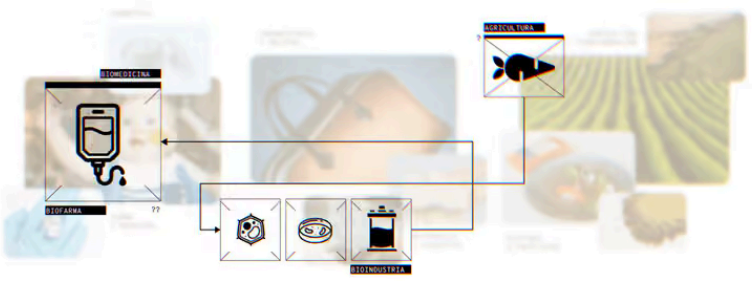
Otro salto, hacia lo construido. Existe concreto mezclado con bacterias capaz de reparar fisuras desde adentro y ladrillos hechos con residuos agrícolas. El pliego de licitación lo llama "hormigón", la obra lo llama "material" y el ingeniero que lo especifica lo evalúa con las mismas normas con las que evaluaría cualquier otro. Sigue siendo concreto. Pero con bacterias. Siguen siendo ladrillos. Pero de plantas.

O hacia lo que comemos. Desde salmón cultivado a partir de una célula animal, disponible en práctico sachet, hasta los productos *plant based* que se consiguen en cualquier dietética, miles de productos alimenticios ganaron mercado aportando proteína de calidad de manera casi invisible al usuario. Hay casos particulares que vale la pena traer al frente: Solein, de la finlandesa Solar Foods, cultiva microorganismos en biorreactores usando dióxido de carbono como fuente de carbono e hidrógeno gaseoso —generado por electrólisis del agua con electricidad renovable— como fuente de energía. Las bacterias crecen, acumulan biomasa rica en proteína, y esa biomasa se procesa hasta convertirse en un polvo alimenticio. Es una fábrica de proteína donde el campo fue reemplazado por un tanque y la fotosíntesis, por una cadena electroquímica. Comida que crece en reactores con una huella de superficie extremadamente pequeña.

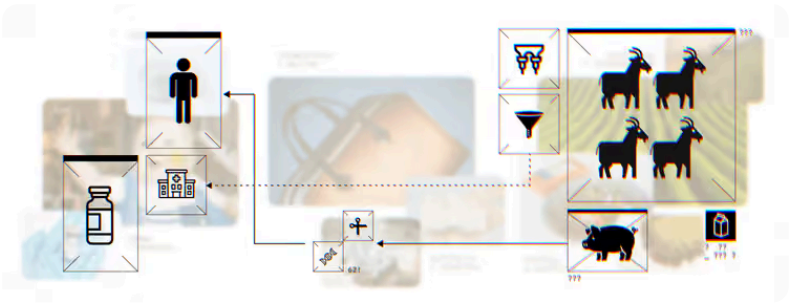
Por último, la escala más grande. Los mercados de biofertilizantes y biopesticidas llevan años de crecimiento a doble dígito reemplazando insumos derivados de la petroquímica. La agricultura regenerativa —hasta hace poco marginal— empieza a implementarse a gran escala gracias a tecnologías de gestión de la naturaleza habilitadas por inteligencia artificial. Quienes miran herramientas para entender, medir y restaurar biodiversidad lo llaman "Nature Tech". Pero en el agro se sigue hablando de "agro". En el mejor de los casos, se llama "agro moderno". De fondo, el fenómeno es el mismo.

Diagonales

Aprendimos a pensar en verticales, pero las revoluciones tecnológicas están llenas de diagonales inesperadas que nos obligan a hacernos un montón de preguntas. O quizás, variantes de una misma pregunta fundamental. Veamos:



Elelyso, un tratamiento para la enfermedad de Gaucher aprobado por la FDA, es una enzima humana recombinante producida en células de raíz de zanahoria modificadas y cultivadas en biorreactores. ¿Qué nos dice en términos de industria o sector que la plataforma sea vegetal si el proceso ocurre en un biorreactor y lo que crecemos es un medicamento? ¿Es agricultura porque crecemos zanahoria? ¿Es farma porque el producto es un medicamento? ¿O es bioindustria porque la zanahoria funciona como una fábrica?



La pregunta se vuelve todavía más rara con los animales. Por ejemplo, en 2009, la FDA aprobó una línea de cabras transgénicas cuya leche contiene antitrombina humana recombinante, que luego es purificada y convertida en un medicamento. Casos como este alcanzan para demostrar que la farmacia empezó a compartir el mismo cuerpo tecnológico de la ganadería. Pero también puede pasar al revés: Perfect Day usa microorganismos para producir por fermentación proteína de suero como la que encontramos en la leche vacuna. Con esa proteína y otros ingredientes, Tomorrow Farms lanzó Bored Cow, una bebida presentada como leche sin animales.

Si es un medicamento, ¿es ganadería? Si el proceso no incluye vacas, ¿es leche? En 2024, un hombre de 62 años recibió un riñón de un cerdo con 69 ediciones genómicas. Y la pregunta vuelve a ser la misma. En un caso así, ¿el chancho sigue contando como ganado? ¿Es una plataforma médica? ¿El riñón es un órgano, un producto biotecnológico o una terapia?

También hay neuronas humanas y de ratón cultivadas sobre matrices de electrodos, conectadas a un entorno digital y capaces de modificar su actividad durante una versión simulada del videojuego Pong. La plataforma que descendió de ese experimento ya existe como producto comercial y su sola existencia alcanza

para reformular la misma pregunta incómoda: ¿sigue siendo una computadora si su capacidad de computar funciona con carbono en un soporte líquido y dulce en vez de silicio electrificado? ¿Qué vertical de la industria como la conocemos es una computadora biológica?

Qué es BIO

Hay palabras dando vueltas: biotecnología, bioeconomía, bioindustria, ciencias de la vida, biomedicina, biofarma, bioinformática, biocomputación, bioinsumos, bioproductos. Todas iluminan algo real. Ninguna termina de contener el fenómeno completo.

Por eso, decidimos llamar "BIO" al cuerpo tecnológico emergente que permite usar información y funciones de los sistemas vivos para generar capacidad material. Producir mundo con biología. Su novedad está en la articulación de herramientas que vuelve esas funciones cada vez más legibles y permite probar, reproducir y desplegar intervenciones sobre ellas. Algunas capacidades son novedosas y están en la frontera de un futuro que se acerca a gran velocidad. Pero otras son antiguas; lo que ha cambiado es cuánto podemos comprenderlas, combinarlas y qué podemos hacer con ellas: organizar transformaciones materiales con precisión, reducir la demanda de energía en ciertos procesos, optimizar el uso de territorio y ejercer otras presiones —distintas, mejores— sobre los sistemas vivos.

Por eso no alcanza con decir que usamos organismos para producir cosas. Al fin y al cabo, eso no es nuevo: hacemos cerveza, queso, pan, cultivos y animales domesticados desde hace miles de años. La novedad se explica por una convergencia. La biología molecular, la secuenciación y la edición genética se encuentran con la ecología, el estudio del comportamiento, los bioprocesos, los sensores, la automatización y el cómputo. Hoy podemos observar mejor, probar intervenciones, medir sus resultados y usar lo aprendido para volver a intervenir. A medida que ese ciclo se vuelve más rápido, barato y acumulativo, cambia lo que podemos intentar. Podemos comparar más alternativas, descubrir relaciones que antes no veíamos y ajustar una intervención a un contexto particular.

Pero diseñar con vida no significa tener control total sobre ella. La vida tiene historia, contexto, ruido, evolución y agencia. Más bien incluye descubrir, medir, seleccionar, orientar, entrenar y escalar. Por ejemplo, podemos diseñar un consorcio de microorganismos para un terruño particular: elegir sus integrantes, probar cómo conviven y encontrar las condiciones en las que ayudan a un cultivo en ese suelo. No se trata de juntar varios microorganismos útiles por separado ni (necesariamente) editarlos genéticamente. Lo que importa en este caso son sus relaciones, las raíces, el agua, la temperatura y la comunidad que ya vive ahí. O miremos, por ejemplo, lo que ocurre con las abejas: en el trabajo de un equipo de investigación argentino, un alimento perfumado dentro de la colmena permitió orientar el forrajeo hacia el girasol. No hubo que editar un gen: las abejas aprendieron un olor.

Gracias a este nuevo cuerpo de capacidades, la vida misma se vuelve parte del espacio de diseño navegable. Y ese espacio admite *inputs*, *agentes* y *outputs* radicalmente distintos. Moléculas, tejidos, alimentos, materiales, transformaciones químicas aceleradas por biomoléculas, servicios ecosistémicos (diseñados y dirigidos), órganos y hasta cómputo pueden emerger de una base tecnológica parcialmente compartida.

Parte II | Cuando la ballena era un pez

De una capacidad material a un paradigma

Convertir las capacidades BIO en una nueva forma de producir exige organizar empresas, infraestructura e inversión. Carlota Pérez llama "paradigma tecnoeconómico" al nuevo sentido común para innovar, invertir y producir que emerge alrededor de una revolución tecnológica. Acá nos interesa discutir, primero, su dimensión material: cómo se articulan organismos, moléculas, plantas industriales e infraestructuras. Pero siguiendo el espíritu de Carlota Pérez, a esa forma de organizar la producción decidimos llamarla "paradigma tecnoproductivo". Y creemos que sobre las capacidades BIO puede construirse un

nuevo paradigma tecnoproductivo. O mejor dicho: puede *crecerse*, si nos ponemos al mismo tiempo ambiciosos y poéticos.

¿Es intrínsecamente mejor uno basado en la biología que el actual? No necesariamente. BIO nombra capacidades que abren esa posibilidad, pero que el paradigma que habilita sea efectivamente superador, sustentable o hasta regenerativo depende de cómo se desplieguen esas capacidades. La idea de una transición material centrada en la vida agrega el criterio con el que decidir cómo articular esas capacidades.

La diferencia importa porque la tecnología no es neutral. Y menos todavía este cuerpo tecnológico, cuya materia viva lo distingue de otros. La disputa será por quién controla la infraestructura, qué conocimiento queda abierto, qué se patenta, dónde se acumula la complejidad, quién captura el valor o qué capacidades decide desarrollar una sociedad. BIO todavía es lo bastante joven para que podamos participar activamente de esas decisiones en vez de acatar las que tomen otros, en otros lugares, con objetivos e intereses propios.

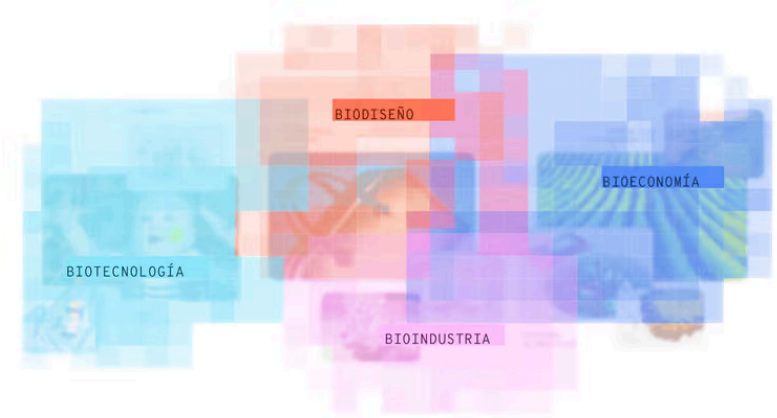
Durante siglos la ballena fue un pez. No por ignorancia ni por descuido, sino por método. Se clasificaba por rasgos visibles y acumulables —dónde vive, qué forma tiene, cómo se mueve— y con ese criterio el caso estaba cerrado antes de empezar: la ballena nada, tiene aletas, vive en el mar. Por supuesto que es un pez. Para dejar de pensarla así hubo que cambiar la pregunta. Dejar de pensar solamente en los rasgos y empezar a pensar en el proceso que los produce. Empezar a pensar *cómo se hace una ballena*. Con BIO ocurre algo parecido. Las palabras disponibles no son errores. Son mapas heredados. Nacieron en momentos distintos, bajo presiones diferentes, y cada una desarrolló un ojo extraordinario para una parte del fenómeno. También arrastran una respuesta implícita sobre dónde vive el valor, qué infraestructura importa, quién coordina y quién se queda con lo producido.

Pero los mapas son representaciones de territorios. ¿Qué palabras necesitamos para representar un fenómeno que tiene el potencial de cambiar nuestro vínculo con todo el universo de lo vivo?

El mapa y los territorios

En nuestro ensayo anterior hablamos, cómodamente, de “ciencias de la vida” como la categoría que agrupa las tecnologías que habilitan esta gran transición. Pero este término, que cumple una función enorme en la academia, poco dice sobre cómo esos saberes se convierten en infraestructura, empresas, productos o política industrial. Invita a imaginar una mesada y un laboratorio; rara vez un campo, una línea de producción o una red de proveedores.

Tratemos, entonces, de recuperar esos mundos que las palabras evocan y veamos si son de algún modo compatibles, si son capaces, en definitiva, de conformar un único gran territorio.



La primera palabra fue “**biotecnología**”. Károly Ereky la utilizó en el título de un libro publicado en Berlín en 1919: *Biotecnología de la producción de carne, grasa y leche en una gran explotación agrícola*. Es un término que no nació dentro de un laboratorio, sino de una fábrica, y trae eso puesto.

Ereky ya pensaba en organismos como agentes capaces de transformar materias primas simples en productos más complejos. Durante buena parte del siglo XX, esa amplitud resultó útil para agrupar procesos muy distintos. Pero con la llegada de la biología molecular, la industria farmacéutica y el capital de riesgo, fue especializándose alrededor de la intervención sobre sistemas vivos, las patentes, los *pipelines* y modelos de negocio capaces de financiar ciclos largos y riesgos enormes.

Nada de eso está escrito dentro de una bacteria o una técnica de edición genética. Es una arquitectura institucional. Fue una manera concreta de organizar capital, conocimiento y propiedad alrededor de ciertas tecnologías.

“Bioeconomía” evolucionó en otro ambiente: la política pública. Por eso desarrolló un ojo particularmente bueno para mercados, cadenas de valor, biomasa, territorio, regulación y circularidad. Bajo su paraguas pueden convivir un campo de trigo, la gestión de residuos orgánicos, una plantación forestal y un biorreactor que produce proteína de leche sin vaca. Para la pregunta que “bioeconomía” vino a responder, esa amplitud tiene sentido. Para la nuestra, a veces pierde resolución: junta actividades que no comparten tecnología, escala, curva de costos ni horizonte de disrupción.

En 2026, un informe de ICC Brasil, Systemiq y Emerge propuso hablar de “bioeconomía del conocimiento” porque el debate brasileño había quedado demasiado asociado a *commodities* agrícolas y biocombustibles. La operación es interesante: conservar la categoría, pero ensancharla para poner en primer plano ciencia, tecnología, conocimiento tradicional, innovación e industrialización de mayor valor. En su mapa aparecen nuevas cadenas basadas en activos biológicos, transformación de cadenas existentes mediante biotecnología y productos de frontera.

“Bioindustria” creció bajo una presión mucho menos glamorosa: la escala. Toda molécula original, todo bioproceso innovador, tarde o temprano tiene que salir del prototipo y convertirse en producción. Ahí aparecen los tachos, las plantas piloto, los biorreactores, las cadenas de frío, los proveedores, las certificaciones y los rendimientos por lote. Es un ambiente que selecciona por repetibilidad, costo, robustez y capacidad de producir mucho sin que todo se rompa. Convertir una tecnología en base de un paradigma tecnoproductivo no es solamente innovar. Es hacerla manufacturable, escalarla y materializarla. Cultivar en vez de extraer tampoco elimina los límites biofísicos: reducir el uso de fósiles puede aumentar la demanda de tierra, agua o nutrientes. El balance exige mirar el proceso completo.

“Biodiseño” mira desde el objeto y desde el uso. Pregunta cómo es vestir un material cultivado, habitar una casa cuyas paredes respiran o incorporar un producto vivo a la vida cotidiana. Pero también arrastra, en parte de su genealogía, otra imaginación productiva: fabricación distribuida, *grow-it-yourself*, experimentación material, comunidades de práctica, herramientas abiertas. No

conviene convertir esa tradición en esencia. “Biodiseño” también puede ser un término cerrado, propietario y concentrado. Lo importante es que ahí aparece con más fuerza una de las posibilidades institucionales de BIO: hacer que algunas capacidades circulen, se mezclen y se adapten fuera de los grandes laboratorios.
Estas palabras no son definiciones rivales de una cosa inexistente. Son miradas parciales sobre un sustrato común y, al mismo tiempo, genealogías que cargan respuestas distintas sobre cómo organizarlo. Son la condición de posibilidad para imaginar otra cosa, mucho más grande que el mapa, mucho más amplia que el territorio.

Parte III | La forma política de BIO

Soft power

Imaginemos exactamente el mismo país que ya tenemos: tierras fértiles, agua, biodiversidad, científicos, startups, empresas farmacéuticas y agropecuarias, laboratorios, plantas industriales y capital.
Si lo miramos desde la bioeconomía, sus (nuestros) activos principales pueden ser biomasa, territorio, agua y cadenas agroindustriales.
Si lo miramos desde la biotecnología, aparecen capacidades científicas, patentes, propiedad intelectual, startups y capital de riesgo.
Si hablamos de bioindustria, la ventaja empieza a vivir en fermentadores, plantas piloto, capacidad de escalado y manufactura.
Si hablamos de biodiseño, volvemos a ciencias de la vida: aparecen universidades, institutos y profesionales.
Mismo país, mismas empresas, mismos profesionales. Las estrategias son distintas. Y lo que hace BIO es echar luz sobre qué capacidades tenemos para convertir todo eso en capacidad material.
Por eso el nombre no es una mera operación semántica. Decir BIO es hacer visible un fenómeno complejo, emergente, la articulación inteligente de categorías que las otras palabras suelen separar. Y las palabras son poderosas: organizan ministerios, fondos, regulaciones, convocatorias, carreras universitarias, estadísticas,

infraestructura e inversiones. Lo que aparece como una colección de anomalías dispersas suele recibir políticas igualmente dispersas. Pero lo que una sociedad consigue ver como parte de un mismo fenómeno tiene altas posibilidades de ser coordinado.

Decir BIO es más que el gesto de nombrar. Es soft power.

Hard power

Hay algo que no podemos permitirnos perder de vista: no trabajamos con materia inerte. Una tecnología viva puede evolucionar, escapar, mezclarse con entornos que entendemos mal y multiplicar tanto sus efectos como nuestros errores. La misma infraestructura que abarata una vacuna también puede abaratar capacidades de daño. Y cuando el organismo es un animal, llamarlo "plataforma" no cancela que siga siendo un sujeto vivo. El chancho puede ser infraestructura médica y, al mismo tiempo, un límite moral que todavía no sabemos nombrar.

Las nuevas tecnologías y capacidades BIO son tan potentes como peligrosas. Eso, para algunas personas, es motivo para alejarse de ellas. En un mundo cada vez más orientado por la fuerza y menos por las reglas, creemos que hay que apostar a estas tecnologías y capacidades, no a pesar de que sean peligrosas, sino precisamente porque lo son. Dominar una tecnología no equivale a desplegar todos sus usos. También es la condición para detectarla, regularla y responder cuando otros la usan. No se pueden disputar seriamente las reglas de una tecnología peligrosa sin capacidad propia.

¿Un ejemplo claro? La pandemia mostró que el acceso a vacunas, reactivos, equipamiento, ingredientes farmacéuticos y capacidad productiva no depende solamente del dinero. Importa quién sabe hacerlos, quién tiene las plantas, quién controla los insumos y quién puede escalar. La Organización Mundial de la Salud documentó tanto la concentración geográfica de la fabricación de vacunas durante la pandemia como los límites que impusieron la oferta, las materias primas y la transferencia tecnológica. Y los países aprendieron a hacerse una pregunta clave: ¿qué pasa cuando necesitás desesperadamente algo y no podés depender de que otro te lo provea?

Estados Unidos está leyendo la biotecnología exactamente en esos términos. Como vimos en el ensayo anterior, en 2025, la National Security Commission on Emerging Biotechnology entregó al Congreso un informe titulado ***Charting the Future of Biotechnology: An Action Plan for American Security and Prosperity.*** Su punto de partida es explícito: la combinación entre biotecnología e inteligencia artificial puede impulsar una nueva revolución industrial, y su liderazgo afecta la seguridad nacional, resiliencia económica, manufactura doméstica, cadenas de suministro y defensa. Probablemente, sea relevante prestarle más atención a esta última.

La sección de Defensa del informe propone dejar de mirar estas herramientas como aplicaciones aisladas y tratarlas como un marco capaz de transformar logística, vigilancia y operaciones. Habla de producir bajo demanda combustibles, alimentos y medicamentos, habla de sensores biológicos, de sangre sintética estable, de materiales y manufactura distribuida ya no para construir, curar o alimentar, sino además para atacar y defender. ¿Puede una nación agrícola no tener aparato de detección temprana de amenazas bio? Si una potencia ataca la infraestructura gasífera de otra, ¿no va a atacar la alimentaria?

China mira el mismo tablero desde su estrategia industrial. Las recomendaciones oficiales para el 15º Plan Quinquenal ubicaron a la biomanufactura entre las industrias del futuro, prestándole especial atención a la resiliencia de las cadenas de suministro. El plan 2026-2030 fue aprobado por la Asamblea Popular Nacional en marzo de 2026.

No hace falta imaginar una guerra de laboratorios para entender las consecuencias. Vacunas, medicamentos, semillas, enzimas, alimentos, biomateriales, sensores biológicos y capacidad de manufactura pueden ser mercados, pero en realidad son, más que nada, infraestructura estratégica.

Entender eso mueve la discusión desde la competitividad hacia la soberanía, incluso hacia la supervivencia. La pregunta deja de ser solamente si podemos comprar una tecnología. En este mundo nuevo que ya empezó, ¿qué cosas necesitamos saber hacer para sobrevivir, mantenernos libres y desarrollar abundancia y complejidad propias?

Es posible importar una enzima sin saber descubrirla. Importar una semilla sin controlar su genética. Importar un medicamento sin poder producir su principio activo. Importar una plataforma de diagnóstico sin tener capacidad de secuenciación. Importar un modelo sin tener los datos con los que entrenarlo. Pero... ¿cuáles de esas dependencias podemos permitirnos?

Abierto / Cerrado

Claro que reconocer una base tecnológica compartida abre inmediatamente otra pregunta: ¿quién puede usarla?

La primera generación de la biotecnología moderna creció alrededor de una arquitectura institucional particularmente celosa de su propiedad intelectual. Hay buenas razones. Desarrollar un medicamento puede tomar años, quemar muchísimo capital y fracasar cerca del final. En ese contexto, una patente puede hacer posible financiar riesgos que de otra manera nadie asumiría.

Pero también existe una tensión más profunda. Un sistema vivo tiene una propiedad bastante particular como medio de producción: se reproduce. Una cepa puede copiarse. Una semilla puede multiplicarse. Una secuencia puede transmitirse prácticamente a costo cero. Un protocolo puede circular. Un modelo computacional puede descargarse. ¿Esta posibilidad biológica de abundancia puede convivir con instituciones diseñadas para administrar escasez?

Tal vez la mejor forma de relajar esa tensión sea preguntarnos qué partes del nuevo stack BIO necesitan estar cerradas para incentivar inversión y cuáles necesitan estar abiertas para acelerar difusión, aprendizaje y capacidad distribuida.

La historia de los anticuerpos monoclonales ofrece una miniatura bastante buena del problema: en 1975, Georges Köhler y César Milstein publicaron la técnica de *hibridomas* que permitía producir anticuerpos monoclonales de manera reproducible. La técnica no fue patentada. La historia real es menos heroica y más institucional que la versión habitual de "Milstein decidió regalarla": lo que ocurrió fue que el organismo británico encargado de evaluar su protección no vio una aplicación comercial inmediata. Milstein, que no se oponía en general a proteger propiedad intelectual, sostuvo después que la ausencia de patente probablemente

ayudó a que la tecnología fuera explotada con rapidez y amplitud. Pero sin perjuicio de la admiración que nos merece Milstein, la moraleja a aprender acá es otra: de una tecnología abierta puede nacer después una industria extraordinariamente propietaria.

Llevado a nuestro caso, la historia nos obliga a preguntarnos: ¿qué capas de BIO queremos que funcionen como infraestructura común? ¿Datos de biodiversidad? ¿Estándares? ¿Protocolos? ¿Herramientas computacionales? ¿Colecciones biológicas? ¿Chassis? ¿Equipamiento compartido? ¿Biofoundries? ¿Técnicas de edición? ¿Modelos fundacionales? ¿Dónde tiene sentido la exclusividad? ¿Durante cuánto tiempo?

Para países que llegaron tarde a muchas revoluciones anteriores, la pregunta tiene otra textura. Por ejemplo, en Argentina nunca fuimos particularmente buenos ganando carreras por la vía de correrlas más rápido. Pero sí tenemos una historia bastante fértil encontrando caminos laterales: el rebusque, el código abierto, hacer mucho con poco, copiar, mezclar, adaptar, liberar. Los caminos laterales sirven cuando acumulan capacidades y dejan de servir cuando convierten la precariedad en modelo. ¿Cuál es el open source de los péptidos biológicos? ¿Hay un freemium para curar diabetes usando células madre o me tengo que suscribir?

No tenemos idea. Pero la pregunta importa.

Tenemos, al menos, la intuición de que la diagonal que debemos encontrar no pasa por romantizar el *open source* ni por convertir la piratería en política industrial. Construir capacidades BIO exige capital, propiedad, empresas y retornos. En Argentina, esa construcción puede pensarse como parte de una estrategia de reindustrialización basada en núcleos tecnológicos estratégicos. Pero hay que reconocer que la arquitectura institucional todavía está en disputa y que copiar sin pensar el modelo heredado de la primera biotech sería desperdiciar la oportunidad de hacer algo distinto, algo vivo y nuestro, antes de que todo quede fijado en piedra.

La forma de mirar

“BIO” probablemente no sea la palabra definitiva. Puede aparecer mañana una categoría mejor. Importa menos acertar el nombre que tener una forma de mirar lista cuando el fenómeno obliga a todos a mirarlo.

Pero por ahora sirve. Sirve para mirar una planta y una farmacéutica dentro del mismo sistema. Un suelo y un biorreactor. Una base de datos de biodiversidad y una planta bioindustrial. Un chancho y un riñón.

Sirve para reconocer capacidades que pueden conectarse entre industrias que todavía se llaman como se llamaban.

Y sirve, sobre todo, para formular temprano las preguntas que después suelen llegar tarde.

Quién desarrolla las capacidades.

Quién las escala.

Quién puede usarlas.

Quién las controla.

Dónde se acumula la complejidad.

Qué queda abierto.

Qué necesitamos poder hacer aunque nadie quiera vendernos la respuesta.

Durante décadas Internet fue un fenómenos huérfano que crecía sin nombre acá y allá como maleza hasta que se consolidó como la disrupción más grande de su siglo.

Durante siglos la ballena fue un pez porque las categorías disponibles hacían perfectamente razonable verla de esa manera.

Después cambió la forma de mirar.

Lecturas para seguir

- Pérez, Carlota (2010). “Technological Revolutions and Techno-economic Paradigms”. *Cambridge Journal of Economics*, 34(1), 185–202.
- ICC Brasil, Systemiq y Emerge (2025). ***The Potential of the Knowledge-Based Bioeconomy in Brazil***.

- Lavarello, Pablo; Robert, Verónica; Sztulwark, Sebastián; y Marco del Pont, Mercedes (2026). *Estrategia para la reindustrialización sustentable de Argentina*. FIDE.
- McKinsey Global Institute (2020). *The Bio Revolution: Innovations Transforming Economies, Societies, and Our Lives*.
- World Economic Forum (2024). *Accelerating the Tech-Driven Bioeconomy*.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2025). *The Age of AI in the Life Sciences: Benefits and Biosecurity Considerations*.
- National Security Commission on Emerging Biotechnology (2025). *Charting the Future of Biotechnology: An Action Plan for American Security and Prosperity*.
- Sztulwark, Sebastián, y Lavarello, Pablo (2025). "La biotecnología como base para el establecimiento de un núcleo endógeno en la Argentina". *Revista CEPAL*, 146, 141–156.

Referencias

[1] U.S. Food and Drug Administration, ***ELELYSO (taliglucerase alfa) prescribing inform ation*** y expediente de aprobación, 2012.

[2] U.S. Food and Drug Administration, ***Q&A for Consumers on Intentional Genomic Alt erations in Animals***.

[3] Leonardo V. Riella et al., "**Xenotransplantation of a Porcine Kidney for End-Stage Kidney Disease**", *New England Journal of Medicine* 392 (2025), 1933-1940.

[4] Brett J. Kagan et al., "**In vitro neurons learn and exhibit sentience when embodie d in a simulated game-world**", *Neuron* 110, no. 23 (2022), 3952-3969.e8.

[5] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, ***The Age of AI in the Life Sciences: Benefits and Biosecurity Considerations***, 2025.

[6] Carlota Pérez, "**Technological Revolutions and Techno-economic Paradigms**", *Cambridge Journal of Economics* 34, no. 1 (2010), 185-202.

[7] Károly Ereky, ***Biotechnologie der Fleisch-, Fett- und Milcherzeugung im landwirtschaftlichen Großbetriebe***, Paul Parey, Berlín, 1919. Registro de la Deutsche Digitale Bibliothek.

[8] ICC Brasil, Systemiq y Emerge, ***The Potential of the Knowledge-Based Bioeconomy in Brazil***, 2025.

[9] Georges Köhler y César Milstein, "**Continuous cultures of fused cells secreting antibody of predefined specificity**", *Nature* 256 (1975), 495-497.

[10] Michael S. Neuberger, "**César Milstein (1927-2002)**", *Current Biology* 12, no. 10 (2002), R340-R341.

[11] National Security Commission on Emerging Biotechnology, ***Charting the Future of Biotechnology: An Action Plan for American Security and Prosperity***, abril de 2025.

[12] State Council of the People's Republic of China, "**Key recommendations document outlines priorities in China's next five-year blueprint**", 25 de octubre de 2025; y "**China adopts law on national development planning**", 13 de marzo de 2026.

[13] Charles à Court Repington, ***The First World War, 1914-1918: Personal Experiences***, vol. II, Houghton Mifflin, 1920, entrada del 10 de septiembre de 1918.

[14] Vincent Tournier et al., "**An engineered PET depolymerase to break down and recycle plastic bottles**", *Nature* 580 (2020), 216-219.

[15] Fungmin Eric Liew et al., "**Carbon-negative production of acetone and isopropanol by gas fermentation at industrial pilot scale**", *Nature Biotechnology* 40 (2022), 335-344.

[16] Henk M. Jonkers, "**Bacteria-based self-healing concrete**", *Heron* 56, no. 1/2 (2011), 1-12.

[17] World Health Organization, ***Global Vaccine Market Report 2022*** y "**mRNA technology transfer hub**".

[18] National Human Genome Research Institute, "DNA Sequencing Costs: Data". **https://www.genome.gov/about-genomics/fact-sheets/DNA-Sequencing-Costs-Data**

[19] Seth L. Shipman et al., "CRISPR–Cas encoding of a digital movie into the genomes of a population of living bacteria", Nature 547 (2017), 345–349. **https://doi.org/10.1038/nature23017**

[20] Walter M. Farina et al., “Learning of a Mimic Odor within Beehives Improves Pollination Service Efficiency in a Commercial Crop”, Current Biology 30 (2020), 4284–4290.e5. **https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.08.018**

[21] Cortical Labs, “CL1”, página de producto. https://corticallabs.com/cl1.html

elgatoylacaja.com/llamadme-bio

Sumate en
eglc.ar/bancar