

Si falla el mecanismo multilateral, ¿qué pasará con el reparto de beneficios de la IDS?

Edward Hammond

¿Cómo gestionarán los países sus derechos soberanos sobre las secuencias genéticas y la información digitalizada relacionada con su biodiversidad? Las obligaciones de acceso y distribución de beneficios del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) tienen 30 años. La información digital sobre secuencias de recursos genéticos (IDS) obliga a decidir cómo aplicar estas obligaciones en la era de la información. La IDS ha estado formalmente sobre la mesa del CDB durante casi seis años, desde su inclusión en la agenda a finales de 2016. En este año, 2022, podrían finalmente tomarse las primeras decisiones significativas.

No obstante, subsisten grandes diferencias al respecto entre las Partes del CDB, y se desconoce la dirección definitiva de la decisión. Este documento explora algunas de las implicaciones de una aplicación bilateral del acceso y la distribución de beneficios de la IDS. Se trata de un camino menos discutido -aunque cada vez más probable- con importantes implicaciones tanto para el Norte como para el Sur, y que puede repercutir de forma diferente en los países proveedores que cuentan con importantes capacidades bioinformáticas y en los que no.

En los últimos dos años y medio hemos asistido a retrasos pandémicos y a frecuentes pero irregulares debates en línea sobre la IDS. Aunque las interminables series de seminarios web se convocaron con las mejores intenciones, han dado tantas vueltas como aclaraciones y avances. Todo el mundo sabía desde el principio que una cuestión de la magnitud de la IDS, la información mundial sobre las secuencias genéticas, tiene un valor económico y humano inestimable y no se resolvería hasta que los diplomáticos pasaran hambre, cansancio y más de una noche en vela en la sala de negociaciones.

La **Red del Tercer Mundo (Third World Network, TWN)** es una organización internacional independiente de investigación y cabildeo, sin ánimo de lucro, que se dedica a lograr una mejor expresión de las necesidades, aspiraciones y derechos de los pueblos del Sur y a promover un desarrollo justo, equitativo y ecológico.

Publicado por Third World Network Berhad (198701004592 (163262-P))

Dirección: 131 Jalan Macalister, 10400 Penang, MALASIA **Tel:** 60-4-2266728/2266159 **Fax:** 60-4-2264505

Email: twn@twnetwork.org **Sitio web:** www.twn.my

El contenido de esta publicación puede ser republicado o reutilizado gratuitamente para fines no comerciales, salvo que se indique lo contrario. Esta publicación se distribuye bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0.

A principios de 2022 se llevó a cabo en Ginebra una primera ronda presencial (no virtual) de conversaciones que resultó indecisa, ya que varios participantes clave tuvieron que retirarse tras contraer el COVID. Los mismos delegados del CDB se reunirán de nuevo en Nairobi a finales de junio, y a finales de este año en Kunming (China), donde podría esperarse una decisión de todos los miembros del Convenio.

¿Se pierde la esperanza de un mecanismo multilateral? El escenario actual

Durante varios años se ha debatido mucho sobre la posibilidad de crear un sistema multilateral de reparto de beneficios de la IDS. En opinión de sus defensores, un sistema de este tipo permitiría que la gran mayoría de la IDS, ahora y en el futuro, siguiera siendo de acceso público,¹ y que los usos científicos de la misma, especialmente los no comerciales, siguieran relativamente igual que hasta ahora. Este sistema protegería los derechos soberanos sobre la IDS exigiendo a los usuarios de las bases de datos de secuencias genéticas procedentes de la biodiversidad que acepten un reparto normalizado de los beneficios como condición previa al acceso a la base de datos. Esto podría llevarse a cabo mediante algo parecido a los conocidos acuerdos "click wrap" que se adjuntan a los programas informáticos, al software telefónico y a otros encuentros de la vida moderna que incluyen "código", a los que la IDS se asemeja, al menos superficialmente.

En un sistema multilateral de este tipo, los beneficios pagados por el uso comercial de la IDS se pondrían en común y luego serían distribuidos por una entidad internacional, y las obligaciones financieras y de otro tipo serían satisfechas directamente por los usuarios, por ejemplo mediante una obligación financiera colectiva especificada y repartida entre ellos [tal como en el Marco de Preparación para una Pandemia de Gripe (PIP) de la Organización Mundial de la Salud (OMS)], o mediante impuestos u otros gravámenes gestionados por los gobiernos para alcanzar o superar un mínimo anual acordado.

Es importante destacar que un sistema multilateral no requeriría el seguimiento y la localización de todas las secuencias porque las obligaciones de reparto de beneficios podrían cumplirse sin necesidad de conocer los detalles de cada uso de cada secuencia. Esta última característica es mucho más eficiente y práctica, ya que simplifica enormemente el sistema y responde a las preocupaciones sobre el alto grado de complejidad que requeriría un sistema de seguimiento y localización, dada la realidad de que una sola consulta de un solo usuario -una entre los muchos millones que se producen cada año- podría obtener resultados de docenas de países. En otras palabras, una sola consulta podría requerir el seguimiento de cientos o incluso miles de secuencias.

Las empresas y las grandes instituciones de investigación, que son muchas, no utilizan interfaces web públicas, sino que se tragan grandes conjuntos de datos enteros. Lo hacen descargando bases de datos enteras o grandes porciones de ellas (ver ilustraciones), incluidas las mayores bases de datos IDS mantenidas por la International Nucleotide Sequence Database Collaboration (INSDC).

No existe ningún sistema de seguimiento, ni puede preverse uno de forma realista, para este uso de la IDS, que probablemente se hará más frecuente en el futuro a medida que un número cada vez mayor de usuarios adquiera o desarrolle sistemas analíticos propios (o implemente el equivalente de los sistemas disponibles públicamente a puerta cerrada, donde su uso de la IDS no puede ser rastreado por los competidores o a efectos de reclamaciones de reparto de beneficios).

Pero las ideas de los multilateralistas se han topado con fuertes contracorrientes en los últimos meses.

¹ El "acceso público" es funcionalmente similar, pero no igual, al "acceso abierto", en la medida en que la accesibilidad pública puede estar regida por un acuerdo de usuario, u otros términos y condiciones que generalmente están ausentes en las bases de datos de acceso abierto.

Filename	Size	Modified
gbpln428.seq.gz	409.2...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln540.seq.gz	406.4...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln211.seq.gz	400.4...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln210.seq.gz	390.3...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln604.seq.gz	388.5...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln590.seq.gz	388.5...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln212.seq.gz	374.8...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln215.seq.gz	373.5...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln600.seq.gz	372.1...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln586.seq.gz	372.1...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln416.seq.gz	371.3...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln214.seq.gz	366.2...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln592.seq.gz	364.0...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln213.seq.gz	361.6...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln727.seq.gz	360.4...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln809.seq.gz	360.3...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln486.seq.gz	358.4...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln374.seq.gz	356.2...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln507.seq.gz	356.0...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln571.seq.gz	356.0...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln444.seq.gz	355.1...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln670.seq.gz	352.0...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln395.seq.gz	351.3...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln550.seq.gz	351.3...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln528.seq.gz	351.1...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln465.seq.gz	349.7...	4/19/22, 5:33 PM
gbvrt100.seq.gz	349.4...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln593.seq.gz	348.9...	4/19/22, 5:33 PM
gbvrt236.seq.gz	346.6...	4/19/22, 5:33 PM
gbvrt235.seq.gz	346.1...	4/19/22, 5:33 PM
gbpln646.seq.gz	345.7	4/19/22, 5:33 PM

EL SITIO FTP DEL GENBANK DE ESTADOS UNIDOS CONTIENE TODA LA BASE DE DATOS DEL INSDC EN EL LLAMADO FORMATO DE "ARCHIVO PLANO". EL ARCHIVO PLANO DIVIDE LA BASE DE DATOS EN MÁS DE 5.000 ARCHIVOS GZIP QUE SUMAN MÁS DE 15 TERABYTES DE DATOS COMPRIMIDOS. EL NÚMERO TOTAL DE BASES DE ADN/ARN EN LOS ARCHIVOS ESTÁ MÁS ALLÁ DE LA COMPRENSIÓN HUMANA Y ESTÁ CRECIENDO RÁPIDAMENTE.

Académicos negacionistas

Una evaluación honesta de la situación requiere reconocer que el sistema actual, dominado por las bases de datos de "acceso abierto" del INSDC, controladas por la Unión Europea, Estados Unidos y Japón, está construido para subvencionar a las multinacionales de las ciencias de la vida del Norte. Es un sistema estructurado para proporcionar acceso gratuito a la biodiversidad secuenciada del mundo, sin restricciones ni compensación cuando se utiliza con fines comerciales.

A veces, los académicos oscurecen esa realidad, a sabiendas o inocentemente. Los científicos académicos interesados en el acceso abierto a la IDS suelen hablar ligeramente sobre la equidad global, pero evitan la responsabilidad personal en la solución del problema de la IDS, y en su afán por obtener financiación para secuenciar más, pulsan "upload" para añadir más información al sistema que (normalmente) reconocen que es injusto.

```

gbpln181.seq
GBPLN181.SEQ      Genetic Sequence Data Bank
                  April 15 2022

                  NCBI-GenBank Flat File Release 249.0

                  Plant Sequences (Part 181)

135630 loci, 149,863,966 bases, from 135630 reported sequences

LOCUS      KP717007          630 bp   DNA    linear   PLN 25-JUL-2015
DEFINITION Colletotrichum sp. 34409 calmodulin (CAL) gene, partial cds.
ACCESSION  KP717007
VERSION   KP717007.1
KEYWORDS  .
SOURCE    Colletotrichum sp. 34409
ORGANISM  Colletotrichum sp. 34409
          Eukaryota; Fungi; Dikarya; Ascomycota; Pezizomycotina;
          Sordariomycetes; Hypocreomycetidae; Glomerellales; Glomerellaceae;
          Colletotrichum.
REFERENCE  1 (bases 1 to 630)
AUTHORS   Arzanlou,M., Bakhshi,M., Karimi,K. and Torbati,M.
TITLE     Multigene phylogeny reveals three new records of colletotrichum
          spp. and several new host records for the mycobiota of Iran
JOURNAL   Unpublished
REFERENCE  2 (bases 1 to 630)
AUTHORS   Arzanlou,M., Bakhshi,M., Karimi,K. and Torbati,M.
TITLE     Direct Submission
JOURNAL   Submitted (27-JAN-2015) Plant Protection Department, University of
          Tabriz, Iran
COMMENT   ##Assembly-Data-START##
          Assembly Method      :: Mega v. 6
          Sequencing Technology :: Sanger dideoxy sequencing
          ##Assembly-Data-END##
FEATURES  Location/Qualifiers
   source  1..630
           /organism="Colletotrichum sp. 34409"
           /mol_type="genomic DNA"
           /strain="CCTU 1051"
           /host="Viola sp."
           /db_xref="taxon:1684292"

```

LA CABECERA DE UNA DE LAS MÁS DE 5.000 PARTES COMPRIMIDAS DEL ARCHIVO PLANO. DESCOMPRIMIDO, ESTE ARCHIVO DE 59 MEGABYTES (MB) CRECE HASTA LOS 500 MB E INCLUYE 150 MILLONES DE BASES DE ADN/ARN. LOS USUARIOS SOFISTICADOS DE DSI, ESPECIALMENTE LAS EMPRESAS, PUEDEN DESCARGAR EL ARCHIVO PLANO Y UTILIZAR HERRAMIENTAS INTERNAS PARA REALIZAR CONSULTAS Y ANÁLISIS.

ESTE USO PRIVADO DE DSI NO ES REGISTRADO POR EL INSDC. POR LO TANTO, LAS ESTADÍSTICAS SOBRE CÓMO SE UTILIZA EL INSDC SON ENGAÑOSAS PORQUE SE BASAN EN LAS CONSULTAS ENVIADAS A SU INTERFAZ WEB. ESTOS NÚMEROS SOBRE EL ORIGEN DE LOS USUARIOS SE BASAN EN LA DIRECCIÓN IP, QUE NO TIENE EN CUENTA LOS ACCESOS MEDIANTE REDES VIRTUALES PRIVADAS (VPN) Y EXCLUYEN EL USO DE ARCHIVOS PLANOS.

El libre acceso a la IDS es útil y habitual para los científicos académicos, y el subtexto de sus argumentos tiende a ser que es más importante preservar su propio libre acceso a la IDS que tomar en serio las obligaciones de distribución de beneficios del CDB. En otras palabras, “déjennos en paz, la justicia y la equidad pueden ser un problema, pero no es el mío”.

Algunos de los defensores del INSDC en el ámbito académico han tratado de enturbiar la realidad económica aplicando un dudoso barniz al sistema. Estos esfuerzos incluyen un barniz engañoso de estadísticas sobre los usuarios de la web del INSDC que no incluyen el uso del “archivo plano” (ver ilustraciones). Además, el propio funcionamiento de las direcciones de Internet, fácilmente ocultables con una VPN, lo hacen poco fiables para empezar. Las estadísticas presentadas por los científicos que participan en la discusión de IDS sobre las publicaciones científicas que citan la información de la secuencia del INSDC están igualmente sesgadas de una manera que hace sombra al uso comercial subyacente de IDS de acceso abierto.

No obstante, el argumento de que la desigualdad fundamental del sistema de acceso abierto sería menos inaceptable porque “no sólo los científicos del Norte utilizan el INSDC”, ha convencido a pocos.

Navegando hacia la tormenta

El interés egoísta del Norte en perpetuar el INSDC es vergonzoso, pero los interesados prefieren parecer codiciosos antes que cambiar. ¿Por qué empezar a pagar si actualmente se obtienen las secuencias de forma gratuita? Siempre se puede contratar a consultores políticos y reclutar a un grupo de científicos interesados para generar confusión en torno a las realidades económicas de este acuerdo de interés propio, tal como ha hecho el gobierno alemán.

Así, mientras el mar de descontento sigue creciendo, el mayor obstáculo para el avance de una opción multilateral es el bloqueo del Norte para preservar el *statu quo* o, más cínicamente, calificar de “multilateral” al *statu quo*, con la lógica de que “como financiamos el INSDC, y pensamos que el INSDC es beneficioso, *ipso* el INSDC es un sistema de distribución de beneficios”.

En cualquiera de los dos casos, aunque sus empresas obtienen cada año muchos miles de millones de dólares de los productos desarrollados a partir de la IDS, el Norte no se mostrará dispuesto a financiar seriamente un sistema multilateral que genere beneficios financieros para la conservación de la biodiversidad. Los países del Norte podrían volar alrededor de la tormenta, pero en cambio se dirigen insistentemente hacia su ojo, sin ver el deterioro de las condiciones por su empecinamiento en ahorrar combustible (es decir, dólares) y evitarse la molestia de girar a una ruta más segura.

Pero también en el Sur hay quienes dudan de un sistema multilateral de IDS, y ¿quién puede culparlos? Si la información secuencial es el combustible de la “bioeconomía” en la que los países del Norte y del Sur claman por ser actores principales, ¿no parece plausible que los países que conservan el control nacional sobre su IDS puedan tener una ventaja? ¿Especialmente si son muy biodiversos?

Además, la experiencia del sistema multilateral de semillas de cultivos del Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (TIRFAA) ha sido, para ser francos, bastante desafortunada. En los últimos días de los esfuerzos pre-pandémicos para arreglar el Tratado, las multinacionales de las semillas propusieron contribuir 50 mil dólares al año. ¿Puede alguien tomar en serio esa propuesta como representativa del valor del acceso a las semillas y a la IDS de la mayoría de los principales cultivos alimentarios del mundo, cuando se sabe que esa misma industria factura 40 mil millones de dólares al año?

En realidad, esa cínica propuesta era simplemente un sabotaje, aunque sus proponentes, representantes de la administración Trump de Estados Unidos, fingieran seriedad. La negociación fracasó, y lo que demostró la debacle del TIRFAA no es que la IDS no sea valiosa, sino que la industria no va a pagar a menos que se la obligue. Pero en el TIRFAA, los negociadores agrícolas de los países desarrollados, obedientes a las corporaciones, no iban a torcer el brazo a las empresas de semillas.

A finales de la década de 2010, el Norte en el TIRFAA se dirigió directamente a la tormenta, como lo hace hoy en el CDB, negándose a contemplar seriamente cualquier propuesta de cambiar el *statu quo* de la IDS, o siquiera de discutir el trazado de un nuevo curso, excepto para agrandar un sistema de por sí injusto.

El Norte sobrevivió a su postura displicente en el TIRFAA, pero hay una diferencia crucial entre el TIRFAA y el CDB. El TIRFAA es un tratado defectuoso que protege por defecto los intereses del Norte con la pretensión de ser un acuerdo para la aplicación del CDB adaptado a las “características únicas” del sector agrícola. Ese puerto seguro no existe para el Norte en el CDB, un tratado más equilibrado que ofrece a los países desarrollados menos ocasiones para evitar el reparto de beneficios.

Si las aspiraciones de la “bioeconomía” o el deprimente espectáculo del TIRFAA no les disuaden del multilateralismo de la IDS, algunos en el Sur parecen interesados en seguir una vía bilateral por más razones. Éstas se basan, con razón, en un sentimiento de injusticia histórica, es decir, en la determinación de dejar de ser “venas abiertas” para la dominación económica del Norte. Y en algunos casos también están relacionados con la preocupación por los conocimientos tradicionales, por temor a que un acuerdo multilateral de reparto de beneficios no proteja los intereses de los pueblos indígenas.

Sin embargo, sean cuales sean las motivaciones, algunos países del Sur interesados en una vía bilateral están mejor posicionados que otros para ponerla en práctica, pero es difícil que alguno lo haga solo.

¿Cómo podría ser un sistema bilateral?

Aunque gran parte del oxígeno de las salas de reuniones virtuales y físicas de los últimos años se ha consumido hablando de la distribución multilateral de beneficios, la idea tiene actualmente menos impulso del que necesita para tener éxito, a medida que se acerca la decisión. Teniendo en cuenta los vientos en contra comentados en la sección anterior, es muy posible que no se llegue a un acuerdo sobre un enfoque multilateral de la IDS para cuando se reúna la Conferencia de las Partes del CDB.

¿Cómo podría ser un sistema más centrado en lo bilateral y cuáles son sus implicaciones?

Una de las principales afirmaciones de este documento es que, a pesar de los cambios tecnológicos que se están produciendo en la inteligencia artificial y el diseño asistido por ordenador, para poder beneficiarse sustancialmente del reparto bilateral de beneficios de su IDS, los países en desarrollo tendrán que desarrollar y operar sus propios sistemas de información que reproduzcan las características del INSDC, aunque sea a nivel nacional.²

Dicho de otro modo, si los países quieren gestionar su IDS de forma bilateral, tendrán que hacerlo ellos mismos. Es una idea sencilla, pero también es nueva para muchos países y resultará difícil en entornos con recursos limitados. Los constructores de sistemas nacionales de IDS se enfrentarán a muchos obstáculos derivados de la necesidad de preservar su control sobre su valor económico.

Los países que restringen bilateralmente el acceso a su IDS a nivel legal, pero que no la recogen ni la conservan adecuadamente, no aportarán ningún “producto” al mercado bilateral de IDS, quedando como proveedores de recursos físicos y probablemente obteniendo poco valor añadido por sus esfuerzos.

Los sistemas “híbridos” que están debatiendo actualmente algunas Partes formalizarían una situación en la que coexisten dos sistemas de acceso a las IDS. El primero sería un sistema IDS de acceso abierto, probablemente de alcance mundial, y ejemplificado actualmente por el INSDC. Paralelamente, existirían contrapartes nacionales compuestas por IDS restringidas bilateralmente (IDSb). Estas se compondrían, presumiblemente, de IDS de especies endémicas y otra biodiversidad con variación muy significativa dentro de las fronteras de un país (por ejemplo, un centro de origen secundario de un cultivo).

Las autoridades nacionales seleccionarían qué IDS retener de los sistemas de acceso abierto, o quizás retener por defecto y autorizar la liberación a los sistemas de acceso abierto en casos específicos. En consonancia con el enfoque del Protocolo de Nagoya, el acceso y el uso de IDSb requerirían condiciones mutuamente

² Cabe señalar que empresas centradas en la DSI, como Basecamp Research, proponen una vía relativamente nueva para que las Partes gestionen grandes partes de su DSI, o gestionen el uso para fines específicos de su DSI, que consiste, en efecto, en subcontratar el trabajo a empresas en masa. En este documento no se examina esta idea en detalle, ya que no hay una gran cantidad de detalles disponibles públicamente sobre este tipo de acuerdos. No es obvio cómo este enfoque apoya los objetivos de desarrollo y conservación de algunas Partes. En principio, este tipo de acuerdo podría ser compatible con diferentes enfoques internacionales, pero se necesita una mejor comprensión pública de sus detalles e implicaciones.

¿Pueden los países gestionar la IDS con contratos bilaterales de bioprospección?

En situaciones puntuales, sí pueden, pero en ausencia de un sistema multilateral, es poco probable que los contratos bilaterales sustituyan la necesidad de bases de datos IDS gestionadas a nivel nacional.

Los países pueden y deben incluir disposiciones sobre IDS en los contratos de acceso a las muestras físicas. Estas cláusulas pueden evitar que los bioprospectores gestionen mal el IDS que generan. Pero no sustituirán la necesidad de una gestión nacional de la IDS si se quiere que los enfoques bilaterales generen ingresos significativos y fiables para la conservación de la biodiversidad.

La IDS generada en virtud de contratos bilaterales estará orientada a las necesidades de la entidad que solicita el acceso y, como tal, aunque esa IDS sea controlada por el proveedor (o eventualmente le sea devuelta), esta dependencia de bio-prospectores extranjeros no resultará en la construcción de un recurso de información nacional sobre IDS que represente sistemáticamente la biodiversidad de un país, ni se lo desarrollará en una forma atractiva para su posterior uso comercial.

Además, a menos que un bioprospector se dedique seriamente a la I+D y a la fabricación dentro del país proveedor, las disposiciones contractuales bilaterales sobre IDS no contribuirán generalmente de forma significativa a los objetivos económicos nacionales (por ejemplo, el desarrollo de la “bioeconomía”) que son buscados por algunos países que favorecen los elementos bilaterales en el enfoque IDS del CDB.

En un mundo inclinado a lo bilateral, los países que no sean capaces de adquirir y conservar sistemáticamente su IDS se enfrentarán a una mayor amenaza de ser socavados desde el exterior. Esfuerzos como el Proyecto BioGenoma de la Tierra para secuenciar grandes franjas de biodiversidad a partir de muestras en museos de historia natural y otros depósitos *ex-situ* socavarán la capacidad de un país para capitalizar su IDS para financiar la conservación y su uso sostenible.

Algunos países en desarrollo más grandes, como Brasil, pueden restringir el acceso a sus mercados para castigar a las empresas que utilizan su IDS sin compensación alguna, pero una estrategia de “negación del mercado” no es una opción para países que no tienen como Brasil una economía relativamente desarrollada de más de 200 millones de personas.

acordadas entre el usuario y el país proveedor. Por lo tanto, para ejercer efectivamente los derechos a la IDSb, cada país necesitaría su propio sistema de acceso adaptado a la IDS.

Esto implica una serie de necesidades en cada país que pretende gestionar una parte importante de su biodiversidad de forma bilateral como, por ejemplo

- Capacidad nacional de recopilación y conservación de IDSb
- Almacenamiento y alojamiento nacional seguro de IDSb
- Un portal de acceso con herramientas básicas de consulta
- Recursos legales (leyes y abogados) para ejecutar y potencialmente hacer cumplir los términos mutuamente acordados (TMA)
- Reconocer los impactos en la colaboración científica y tener una estrategia para responder a la liberación no autorizada de IDSb
- Disponer de una estrategia para las cuestiones planteadas por el acceso abierto a la IDS a partir de especímenes *ex-situ*

- Capacidad de pagar lo anterior y, para que el esfuerzo sea económicamente sensato, garantizar que el sistema generará ingresos adicionales para apoyar los esfuerzos nacionales de conservación.

INSDC: Sin esperanzas de cambio real

Algunos en el Sur alientan la esperanza de que una decisión del CDB pueda dar lugar a un cambio en el INSDC para acomodar sus intereses bilaterales.

Desgraciadamente, esto es una ilusión. El INSDC está adaptado para desechar los reclamos de soberanía sobre la IDS y proteger, en cambio, el derecho de los usuarios, que usan las normas de propiedad intelectual, para hacer valer reclamos de propiedad sobre contenidos obtenidos del INSDC (por ejemplo, patentando una secuencia para un conjunto de propósitos) o sobre los resultados de usar la información agregada (por ejemplo, variantes genéticas sintetizadas cuyo diseño fue informado usando IDS obtenida del INSDC).

Acomodar los intereses bilaterales de los países en desarrollo requeriría una gran transformación del INSDC para implementar un sistema de seguimiento y localización.

Las esperanzas de que los financiadores del INSDC acepten cambiar el sistema de acceso abierto para hacer valer las reclamaciones soberanas están mal planteadas. Los Estados Unidos no son parte del CDB y otros países desarrollados, como Japón, que también es financiador, son reacios a aceptar que la distribución de los beneficios de la IDS sea una obligación. Los financiadores del INSDC están mucho menos dispuestos a poner en peligro el sistema que han construido y que sirve bastante bien a sus intereses económicos y científicos tal como está.

Además, el INSDC tiene una estructura ventajosa, desde la perspectiva del Norte, que coopta a los científicos de los países en desarrollo hacia los sistemas de acceso abierto. El INSDC induce a los científicos del Sur a dar prioridad a los intereses de su carrera sobre los intereses nacionales, al estar estrechamente vinculado, al igual que la financiación de la investigación, a las políticas científicas de recaudación de fondos y de publicación. Los científicos del Sur se ven obligados a utilizar el INSDC para que sus trabajos aparezcan en las principales revistas. Y muchos tipos de financiación de los gobiernos y grupos filantrópicos del Norte están condicionados al uso del acceso abierto.

La presión de la financiación y la publicación puede poner las ambiciones profesionales de una científica o un científico del Sur en oposición a los intereses nacionales de su país. Este aspecto coercitivo es, en opinión de los defensores del acceso abierto, una ventaja y no un defecto. Y es probable que siga siendo problemático para los países que gestionan la IDS de forma bilateral.

A continuación, se analizan cada uno de estos aspectos de la implantación de un sistema eficaz de gestión de la IDSb.

La capacidad nacional para recopilar y conservar las IDSb es variable. Algunos países en desarrollo, sobre todo los más grandes, cuentan con importantes conocimientos y recursos. Muchos otros no. La capacidad de recopilar IDSb a gran escala requiere una capacidad de secuenciación nacional, o proveedores de servicios extranjeros de confianza bajo contrato. En el contexto de un sistema bilateral, un sistema de recopilación eficaz tendrá que extenderse a la mayoría, tal vez a todas las personas del país que realizan la secuenciación de la biodiversidad (y a sus colaboradores). Este número creciente (en la mayoría de los países) de personas deberá tener autoridad para colocar IDS en el sistema, entender los protocolos aplicables y tener la voluntad de seguirlos, teniendo en cuenta que las IDSb, en la actualidad, no pueden ser publicadas en las principales revistas (un desincentivo para la colaboración académica internacional) sin ser depositadas en una base de datos de acceso abierto (lo que frustra el propósito bilateral).

Sin embargo, la recopilación de secuencias puede no ser tan difícil como la curación de IDSb a un nivel que la convierta en un recurso atractivo para los usuarios comerciales. La curación efectiva es un problema masivo de dar sentido al orden y luego a la función de miles de millones de lecturas de secuencias que suelen venir, al menos inicialmente, en un revoltijo desorganizado de piezas diminutas. Para hacerlo bien puede ser necesaria la cooperación internacional entre grupos que comparten conocimientos, por ejemplo, entre expertos en la estructura genómica de un género concreto. Los investigadores nacionales pueden secuenciar un organismo, o parte de él, pero sólo estar interesados o ser capaces de ensamblar completamente una parte... ¿qué pasa con el resto?

Las herramientas bioinformáticas están preparadas para, con el tiempo, aligerar la carga del ensamblaje y la anotación, pero los países que deseen realizar colecciones de IDSb deben considerar si tienen las capacidades técnicas y científicas nacionales necesarias para recopilar y organizar sus IDSb lo suficientemente bien como para que sus recursos atraigan suficiente valor en el reparto de beneficios para que el esfuerzo merezca la pena.

Los países que persiguen seriamente las políticas de IDSb necesitarán instalaciones bioinformáticas nacionales seguras. El espionaje económico es una realidad, y los gobiernos de todos los niveles son blanco habitual de ataques electrónicos, por ejemplo, el llamado "ransomware", que busca extorsionar el pago para restaurar el acceso a importantes recursos de información gubernamental o impedir su publicación.

Hay razones para creer que los conjuntos de IDSb podrían ser el objetivo de tales ataques, especialmente si se sabe que los IDSb son económicamente valiosos. Conservar una copia de seguridad no servirá de nada en el caso de los IDSb, ya que su publicación (debido a la incapacidad o a la falta de voluntad de pagar un rescate por parte de los hackers) mermará su valor económico para el país. Unas pocas pulsaciones de teclas y una página web oscura podrían socavar muchos años de esfuerzo de las personas.

La computación cuántica amenaza incluso con dar lugar a una época, quizá dentro de unos años, en la que un puñado de países y empresas bien equipadas tendrán un acceso sin precedentes a los secretos de los demás. Pero mantener una colección de IDSb desconectada de Internet por razones de seguridad presentaría una panoplia insuperable de problemas prácticos para utilizarla en apoyo de la conservación y el uso sostenible.

Algunos países en vías de desarrollo pueden tener recursos bioinformáticos nacionales capaces de proteger la IDSb de los ataques, aunque ninguno es 100% seguro, mientras que otros países no tienen tal capacidad. Siempre habrá un grado de vulnerabilidad de la IDSb a la piratería informática, y todos los países que sigan un modelo de acceso bilateral tendrán que desarrollar los medios para proteger la IDSb del acceso no autorizado. Los países deben tener en cuenta las capacidades y los costes pertinentes.

Las colecciones de IDSb requerirán un portal de acceso con herramientas básicas de consulta, lo que no es tan fácil como parece. Aunque algunos afirman que la inteligencia artificial cambiará esto, por el momento, todo conjunto de información necesita un índice para que sea una colección y no una acumulación. Pocos clientes pagarán mucho por un producto desconocido. Entonces, ¿cuánta información se deberá proporcionar sobre la IDSb antes de exigir a un usuario que adquiera un compromiso vinculante? ¿Y será aceptable este límite para el usuario potencial?

Una característica de las tecnologías emergentes relevantes es que el valor de la IDS se desbloquea con frecuencia a través de una amplia comparación. Es decir, la respuesta a un problema en un lugar puede encontrarse buscando en lugares completamente imprevistos, o puede idearse aprendiendo de un conjunto amplio y dispar de fuentes de información. La solución de un organismo a un problema en un contexto puede servir de base -de una manera no anticipable por la sabiduría convencional- a un problema diferente en otro contexto. Si su solución puede encontrarse en cualquier lugar, puede afectar al coste y a las restricciones que se aceptan en un conjunto de datos concreto.

Del mismo modo, sigue siendo totalmente posible hacer descubrimientos comerciales por una vía más tradicional, por ejemplo, "busquemos la resistencia a las enfermedades, u otros rasgos útiles, en la información de la secuencia de un conjunto diverso de parientes de esta planta".

Las herramientas pueden hacer una base de datos. Por ejemplo, GISAID, la base de datos de secuencias de gripe y coronavirus, que no es de acceso abierto, se ha vuelto popular entre los académicos y los laboratorios de salud pública no sólo por sus términos y condiciones diseñados para proteger los intereses profesionales personales de los depositantes, sino también por las herramientas analíticas que ofrece. No por casualidad, la dirección de GISAID enfrenta agresivamente a cualquier otra herramienta genómica pública que utilice información de la base de datos con estridentes demandas de que GISAID sea reconocida de forma prominente. Si GISAID perdiera decisivamente la "guerra de las herramientas", su estatura y su atractivo para los usuarios disminuirían.

Lo anterior ilustra, esperamos, las contradicciones a las que se enfrentarán los gestores de IDSb. El valor se hace evidente a través de herramientas y de una amplia comparación, pero una vez que la IDSb llega a esas herramientas, al menos parte de su valor no puede ser efectivizado. Al mismo tiempo, el valor de la IDSb no es obvio cuando está aislada en un silo. Y a medida que los datos "abiertos" crecen, al tiempo que son absorbidos por los sistemas analíticos privados (por ejemplo, mediante el uso del "archivo plano"), los usuarios de IDSb a gran escala estarán preparados para argumentar que la ventaja de añadir conjuntos de datos IDSb nacionales relativamente pequeños al conjunto es marginal, lo que forzaría a abaratar su acceso a la IDSb.

Abrir el acceso a una gran cantidad de metadatos sobre IDSb puede ser tentador, ya que podría implicar un valor, pero también podría perjudicar los derechos de los pueblos indígenas, ya que la información sobre la ubicación (por ejemplo, el tipo de suelo) y las características morfológicas, por ejemplo, podría revelar los conocimientos tradicionales. También podría facilitar la localización de IDSb similares de fuentes alternativas.

Sin embargo, si se revela poco o nada sobre la IDSb, y sobre todo si no puede utilizarse con herramientas analíticas sin un compromiso de reparto de beneficios, y aún más si existen dudas sobre su conservación, el valor de la IDSb para un usuario potencial no estará claro, y esto puede reducir la demanda de acceso.

Llevar a cabo políticas de IDSb significa que **deben existir recursos legales para ejecutar y potencialmente hacer cumplir los TMA**, en otras palabras, leyes y abogados. Este puede ser un obstáculo menor para la IDSb, en particular la ejecución de los contratos de acceso, un asunto en el que muchos países tienen ahora experiencia, pero la aplicación de la IDSb, a diferencia de los recursos genéticos físicos, puede ser más complicada. Si una patente se deriva del uso de miles de secuencias dispares, ¿no podría ser relativamente fácil para los titulares de la patente persuadir a un tribunal de que una sola era trivial para el proceso? ¿O que el valor de una invención lo aporta una herramienta analítica patentada y no la IDS que la herramienta utiliza como combustible?

Y aunque hay excepciones, si se observa en general la historia de la capacidad de los tribunales de los países en desarrollo para imponer eficazmente, y en última instancia ejecutar, sanciones contra las multinacionales en el ámbito de los delitos ecológicos y contra la biodiversidad (pensemos en la industria petrolera, por ejemplo), el historial no es alentador. Y eso suponiendo que el delito se detecte en primer lugar, lo que no es ni mucho menos un hecho teniendo en cuenta cómo se utiliza la IDS.

En relación con la aplicación de los TMA y la conservación, **los países deberán tener en cuenta las repercusiones en la colaboración científica y contar con una estrategia para responder a la publicación no autorizada de IDSb en bases de datos de acceso abierto.**

La ciencia contemporánea implica a menudo colaboraciones transfronterizas, y la financiación de estudios por parte de fuentes del Norte fomenta o incluso obliga (mediante obligaciones contractuales) a colocar la IDS en bases de datos de acceso abierto. Esto supone un problema para la regulación de la IDSb por parte

de los países en desarrollo, ya que puede limitar la capacidad de los científicos nacionales de participar en colaboraciones internacionales, y/o reducir el atractivo de los científicos e instituciones científicas de un país como socios.

Los países que deseen ejercer un control bilateral sobre gran parte de su IDS se enfrentarán a presiones internas para dar marcha atrás a medida que sus científicos busquen la colaboración, y se sentirán presionados para renunciar a los controles de la IDSb en aras de adquirir financiación para la investigación, que generalmente se consumirá en el curso de la propia actividad. (Podría decirse que se trata de un beneficio, pero que probablemente no tendrá repercusiones más amplias en la conservación y el uso sostenible, y que probablemente no captará una parte de los beneficios comerciales relacionados).

Aparte de la cuestión de las IDS procedentes de colecciones *ex situ* (véase más adelante), los países necesitarán una estrategia para hacer frente a la publicación no autorizada de IDSb en bases de datos de acceso abierto, o incluso de forma privada a usuarios extranjeros. Para ello será necesario supervisar las bases de datos de libre acceso con el fin de identificar los problemas.

Los países necesitarán una estrategia para los problemas que plantea el acceso abierto a IDS de especímenes *ex-situ*. Al restringir el IDSb para las especies endémicas, y probablemente para las especies con diversidad que están más extendidas pero que son especialmente interesantes dentro de sus fronteras (por ejemplo, los parientes silvestres del tomate no son exclusivos de Ecuador, pero las colecciones de las Islas Galápagos han producido una variedad de genes valiosos), los países fomentarán la secuenciación y la colocación en bases de datos de acceso abierto de los especímenes de su diversidad encontrados en colecciones *ex-situ*. ¿Por qué pagar si está disponible en otro lugar de forma gratuita?

Es importante destacar que la IDS puede proceder de fuentes “muertas”, como los herbarios y las colecciones de entomología, donde algunos especímenes conservados, aunque no sean viables, contienen genomas enteros o parciales recuperables. Por lo tanto, los problemas que plantean las colecciones *ex-situ*, que son familiares para cualquiera que siga las cuestiones de acceso y distribución de beneficios, son sustancialmente mayores para la IDS que para los recursos genéticos físicos debido a la capacidad de extraer secuencias de muestras no vivas.

Los planes del Proyecto BioGenoma de la Tierra (EBP), que pretende secuenciar todas las especies eucariotas, son indicativos de esta amenaza. El EBP, que busca fondos para ponerse en marcha, no dice haber llegado a acuerdos con proveedores, sino que pregona su intención de explotar las colecciones *ex-situ*, que incluyen “cientos de miles de muestras, mantenidas con la última tecnología de preservación del genoma, 'listas para ser utilizadas' en este proyecto”, que están en manos de la Institución Smithsonian, una entidad gubernamental estadounidense. Y la EBP está dispuesta a financiar la secuenciación de estas muestras encargando el trabajo a una empresa privada, y a dar a esa empresa privada un derecho de rechazo sobre las solicitudes comerciales (un acuerdo que también buscan las empresas de secuenciación de otros lugares).

Otros museos de historia natural y colecciones *ex-situ*, como el Museo Australiano, Kew Gardens y la Universidad de Florida (especialista en los neotrópicos), se están sumando al esfuerzo del EBP. No todo el valor económico potencial de la IDS de las especies endémicas, pero sí una parte, será eliminado por proyectos como el EBP que secuencian los genomas *ex-situ* y los colocan en bases de datos de acceso abierto.

¿Cómo abordar los problemas particulares que plantean las colecciones *ex-situ*? En un sistema puramente bilateral, hay pocas opciones. Si las Partes del CDB optan por un “sistema híbrido”, éste será un problema especialmente espinoso que habrá que resolver para que los sistemas IDSb tengan éxito.

Por último, para que el esfuerzo tenga sentido más allá de la afirmación del orgullo nacional o la resistencia neocolonial, **los sistemas IDSb deben ser capaces de pagar todo lo anterior y generar ingresos adicionales para apoyar los esfuerzos nacionales de conservación**, que es el objetivo, en línea con el CDB, después de todo. Esta observación necesita poca explicación. Gestionar la IDS de forma bilateral generará importantes



Search the Department of Entomology Collections

Entomology Collections | Keyword Search | General Search | Types Search | Specimen Inventory | Species Inventory | Genetic Sample Search | Illustrations

Entomology Collection

The **U.S. National Entomological Collection (USNM)** traces its origins in part to the acquisition of the U.S. Department of Agriculture Collection of 138,000 specimens donated in 1885. These specimens became the foundation of one of the world's largest and most important accessible entomological collections, with over 33 million specimens taken care of by the combined staff of three government agencies: the Smithsonian Institution; the **Systematic Entomology Laboratory** (Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture); and the **Walter Reed Biosystematics Unit** (Walter Reed Army Institute of Research).



Approximately 450,000 records are currently available in this online catalog, including Genetic Samples, and the Primary Type, Specimen, and Species Inventories. Also available are the Illustration Archive records that include images and data about published scientific illustrations.

Search the Entomology Collection

We recommend using Search by Field (Scientific Name or Precise Locality) for best results, but you can also search by Keywords. You may also restrict your search to Genetic Samples, Primary Type Specimens, Species Inventory, Specimen Inventory, records with images, records with geo-referenced localities, or Illustrations.

Search results are sorted by taxonomic group and limited to 5,000 records. If you need to retrieve a larger record set, please **contact** the Department of Entomology's Collection Information Manager. You can also customize the sort and fields to be seen in the results.

Help

See the Help tab to learn more about searching and then exploring your returned results (sorting, exporting, etc.).

Featured Searches



Search the
Primary
Type
Specimens
Catalog



Search the
Specimen
Inventory



Search the
Species
Inventory



Search the
Illustration
Archive

NMNH Data Access Policy

LA COLECCIÓN DE ENTOMOLOGÍA DEL INSTITUTO SMITHSONIANO CONTIENE MÁS DE 33 MILLONES DE ESPECÍMENES, DE LOS CUALES SÓLO UN 1% APARECE EN SU INVENTARIO EN LÍNEA. DEBIDO A LA EDAD Y A LAS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO, NO TODOS DARÁN IDS, PERO LA TECNOLOGÍA PARA EXTRAER DICHA INFORMACIÓN ESTÁ MEJORANDO. HACE AÑOS, LAS COLECCIONES DE HISTORIA NATURAL EMPEZARON A CONSERVAR DELIBERADAMENTE ALGUNOS ESPECÍMENES DE UNA MANERA QUE FACILITA LA EXTRACCIÓN DE IDS.

costes y cargas administrativas y técnicas continuas para los países en desarrollo, y los beneficios derivados de hacerlo deben compensar los costes.

Podría argumentarse que los beneficios no monetarios serían significativos en un sistema híbrido, por ejemplo, negociando el acceso a recursos analíticos a cambio de IDSb. Pero es muy poco probable que ese acceso incluya la bioinformática de vanguardia utilizada por las empresas, y es muy difícil cuantificar esos beneficios, cuyo valor puede depender en última instancia de otras políticas nacionales (es decir, de la orientación del establecimiento científico de un país para apoyar la conservación de la biodiversidad nacional).

Del mismo modo, la restricción del acceso a la IDS podría interpretarse como una política paralela a la de mantener el petróleo bajo tierra, con el objetivo de evitar los daños ahora y preservar un recurso nacional hasta el momento en que pueda utilizarse mejor en beneficio de un país, si es que llega a producirse. Incluso, para los escépticos de la biotecnología especialmente, podría ser parte de una declaración más amplia sobre

las relaciones entre la tecnología y la conservación. Pero “mantener la IDS en el bosque” significa que no puede utilizarse para generar ingresos para la conservación.

Tales motivaciones son un cálculo incomprensible para quienes tienen una fe implícita en la tecnología, pero incluso los tecnófilos deberían admitir que no hay pruebas de que la biotecnología haya resuelto o vaya a resolver los problemas de pérdida de biodiversidad del mundo en una medida significativa. De hecho, en la conservación de la biodiversidad, los puntos que brillan por su éxito son las tierras de los pueblos indígenas, y éstas dependen de sistemas de conocimiento, valores y tecnologías casi totalmente diferentes a los que impulsan los proyectos de secuenciación del mundo. Tal vez sean esos sistemas los que deban ser apoyados con más fuerza por el reparto de beneficios monetarios de la IDS.

Conclusión

El autor espera que quede claro que es bastante incierto que muchos países en vías de desarrollo sean capaces de aplicar eficazmente sistemas de IDSb cuyos beneficios superen sus costes. En este sentido, lo mejor sería buscar un sistema multilateral de reparto de beneficios para la IDS que dirija sus beneficios monetarios a los pueblos indígenas y a las comunidades locales y que esté sustancialmente gobernado por ellos, en colaboración con los gobiernos nacionales.

Este sistema debería basarse en contribuciones fijas, revisables periódicamente, que sumen varios cientos de millones de dólares estadounidenses en concepto de reparto de beneficios anuales pagados a un fondo internacional, que se destinaría a reforzar y profundizar el desarrollo de los sistemas de conocimiento y las prácticas que están demostrando ser más eficaces en la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad.

Pero si la gestión bilateral de la IDS, incluidos los sistemas híbridos, va a ser el resultado del trabajo del CDB sobre la IDS, ¿qué aspecto tendría la agenda bilateral de los países en desarrollo en el CDB?

A nivel técnico:

- Elaboración de modelos de contrato y opciones de condiciones de acceso a la IDSb.
- Identificar/desarrollar/adaptar prácticas de conservación para su uso por parte de los países en desarrollo y que sean, preferiblemente, técnicamente compatibles con las de los usuarios potenciales.
- Identificar/desarrollar/adaptar herramientas básicas de búsqueda y análisis para los conjuntos nacionales de IDSb que permitan "mostrar la mercancía" sin revelar demasiados secretos.
- Revisar y asesorar sobre las prácticas de seguridad de la información para el IDSb.
- Estudiar la posible interoperabilidad de los sistemas IDSb entre los países proveedores.

En el ámbito político:

- Iniciar urgentemente la consideración de los problemas de acceso y reparto de beneficios que plantea la IDS de las colecciones *ex-situ*, incluyendo el conjunto más amplio de colecciones no vivas que hasta ahora apenas se han considerado en este contexto.
- Evaluar las repercusiones en la distribución de los beneficios de la falta de controles sobre la procedencia de las IDS cargados en el INSDC y bases de datos similares.
- Elaborar orientaciones para los financiadores científicos internacionales sobre cómo evitar la incompatibilidad entre la investigación que patrocinan y las políticas y leyes nacionales de IDSb de los países proveedores.

Por lo tanto, una agenda bilateral será difícil y desafiante para los países en vías de desarrollo, especialmente para los países más pequeños con menos recursos y capacidades. Un sistema multilateral con un beneficio financiero anual mínimo acordado, dirigido sustancialmente a los pueblos indígenas y suficiente para lograr un cambio real en los resultados de la conservación, sigue siendo preferible, además de “eficiente, factible y práctico”, como han discutido las Partes.

Pero si los países quieren llevar a cabo un programa bilateral de IDS, deben ir con los ojos bien abiertos y ser plenamente conscientes de las importantes exigencias que dicho programa conlleva.

Para el Norte, una inyección de transparencia sobre el valor económico de la IDS sería útil por la honestidad que se espera que genere. Por lo mismo, es necesario admitir las desigualdades del statu quo. Esas desigualdades amenazan con crear un mundo en el que una gran parte de la IDS está encerrada tras “muros de pago”, lo que no redundaría en el interés a largo plazo de las empresas del Norte ni de sus científicos.

El pensamiento a corto plazo, estimulado por una industria interesada que ejerce una influencia indebida en la política del Norte, fomenta el aplazamiento o incluso evita todo lo posible, la aceptación de la necesidad de una distribución de beneficios financieros verdaderamente sustantiva para que la IDS pueda seguir siendo accesible al público y se cumplan los tres objetivos del CDB. Pero al negarse a cambiar de rumbo ahora y al no acudir a la mesa con una oferta seria, el Norte corre el grave riesgo de acelerar los procesos bilaterales que pueden acabar con una situación caótica de acceso y reparto de beneficios de la IDS que beneficiará a unos pocos sobre muchos y que probablemente no tendrá los beneficios de conservación -y económicos- que podría tener una financiación seria de un sistema multilateral.

Edward Hammond dirige Prickly Research (www.pricklyresearch.com), una consultoría de investigación y redacción con sede en Austin (Texas, Estados Unidos). Ha trabajado en temas relacionados con los recursos genéticos y la biotecnología desde 1994, y ha formado parte de grupos de expertos de la Organización Mundial de la Salud, el Convenio sobre la Diversidad Biológica y la Organización para la Agricultura y la Alimentación. De 1999 a 2008, dirigió el Sunshine Project, una pequeña ONG internacional centrada en los aspectos de seguridad de la biotecnología. Es licenciado por la Universidad de Texas en Austin y es muy conocido en la comunidad de solicitantes de la Ley de Libertad de Información de Estados Unidos. Cuando se aleja del ordenador, Hammond lucha por convertir una pequeña granja de árboles del monocultivo clonal a un bosque nativo más diverso y productivo.