

Biodiversidad

Ciencia ciudadana, saberes originarios y biodiversidad aplicada en la economía social del conocimiento

Buen Conocer - FLOK Society¹

v. 2.0

18/02/2015

Autores/as: Stefano Golinelli², Karina Vega-Villa³ y Juan Fernando Villa-Romero⁴.

Contribuidor: Joseph Vogel⁵.

Revisora: Patricia Briceño-Castillo⁶.

Participantes: Patricia Briceño-Castillo, Teresa Alurralde, Danida Navarrete, Tania Dávila, Dania Quirola, Gabriel Buitrón, Mario Ruales, Felipe Herrera, José Ariza Rueda, George Dafermos, Fabio Barone y David Vila-Viñas.

Resumen: Ecuador posee récords mundiales de diversidad de plantas y vertebrados y una de las densidades más altas de especies biológicas por unidad de área. Este recurso natural tiene un valor estratégico incalculable por tres razones: la aceleradísima tasa de extinción en masa del antropoceno, las características geomorfológicas que permitirían al Ecuador preservar esta biodiversidad a largo plazo y los avances sin precedentes en biotecnología que incluyen genómica aplicada, biología sintética y

1 Proyecto realizado bajo convenio con el Ministerio Coordinador del Conocimiento y Talento Humano, la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación y el Instituto de Altos Estudios Nacionales de el Ecuador.

2 Universidad de California, Berkeley.

3 PhD en Ciencias Farmacéuticas de la Universidad Estatal de Washington. Actualmente en LatinAmericanScience.org.

4 Investigador <http://pmb.berkeley.edu/profile/jvillaromero>.

5 Doctor y profesor de economía en la Universidad de Puerto Rico-Rio Piedras. Asesor técnico de la delegación de Ecuador en la Convención de Diversidad Biológica.

6 Investigadora Prometeo. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) de Ecuador.

ecología industrial. En los últimos años, el Gobierno de Ecuador ha invertido en educación, ciencia y tecnología más que todas las Administraciones anteriores juntas. Este tremendo capital natural e intelectual ofrece al país la posibilidad de convertirse en un referente mundial en desarrollo sustentable promoviendo la generación y exportación de conocimiento y tecnología derivados de la vastísima biodiversidad de su territorio. Este documento presenta un panorama actualizado de información relevante y sugiere políticas públicas que Ecuador puede implementar para transferir su economía hacia la generación de conocimiento y valor agregado.

Palabras clave: Biodiversidad, biotecnología, biología sintética, ecología industrial, genómica, bioinformática, educación.

Historia del documento: Este documento tuvo una versión 0 elaborada por los mismos autores (Golinelli *et al.*, 2014). Dicho documento se discutió en la mesa de trabajo sobre biodiversidad de la Cumbre del Buen Conocer, celebrada en Quito entre el 27 y el 30 de mayo de 2014. En la mesa participaron, además de la co-autora Dra. Karina Vega-Villa, que coordinó la mesa, Teresa Alurralde, Danida Navarrete (investigadora independiente), Tania Dávila (SENPLADES), Dania Quirola (Erasmus Universitet Rotterdam), Gabriel Buitrón (Diabluma), Mario Ruales (MCCTH), Felipe Herrera y José Ariza Rueda (Red Ciudadana Ambientalista PACHA y el movimiento ciudadano FATA). A partir de sus aportaciones, que los autores agradecen, se ha realizado un trabajo de sistematización e investigación que ha dado lugar a esta versión. También existe una versión 1.0 en inglés del documento en <https://flokociety.com/text/AUK6xhkWZIY/view/>

Como citar este documento: Golinelli, S., Vega-Villa, K. & VillaRomero, J.F. (2015). Biodiversidad: ciencia ciudadana, saberes originarios y biodiversidad aplicada en la economía social del conocimiento (v.2.0). En Vila-Viñas, D. & Barandiaran, X.E. (eds.), *Buen Conocer - FLOK Society Modelos sostenibles y políticas públicas para una economía social del conocimiento común y abierto en el Ecuador*, Quito, Ecuador: IAEN-CIESPAL, disponible en <http://book.flokociety.org/ec/2/2-2-biodiversidad-ciencia-ciudadana-saberes-originarios-y-biodiversidad-aplicada-en-la-economia-social-del-conocimiento>

Copyright/Copyleft 2015 FLOK Society / Buen Conocer, Stefano Golinelli, Karina Vega-Villa y Juan Fernando Villarromero bajo las licencias Creative Commons BY-SA (Reconocimiento compartir Igual) Ecuatoriana (v.3.0) e Internacional (v.4.0) y GFDL (Licencia de Documentación Libre de GNU):

CC BY-SA: Creative Commons Reconocimiento Compartir Igual 3.0 Ecuador y Creative Commons Reconocimiento Compartir Igual 4.0 Internacional

Usted es libre de copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato, re-mezclar, transformar y crear a partir del material, para cualquier finalidad, incluso

comercial. El licenciador no puede revocar estas libertades mientras cumpla con los términos de la licencia. Bajo las siguientes condiciones: a) Reconocimiento: debe reconocer adecuadamente la autoría, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de una manera que sugiera que tiene el apoyo del licenciador o lo recibe por el uso que hace; b) compartir igual: si remezcla, transforma o crea a partir del material, deberá difundir sus contribuciones bajo la misma licencia que el original. No hay restricciones adicionales, no puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que legalmente restrinjan realizar aquello que la licencia permite. Puede encontrar las licencias completas en los siguientes enlaces: https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.es_ES y <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/ec/legalcode>

GFDL: Licencia de Documentación Libre de GNU

Se concede permiso para copiar, distribuir y/o modificar este documento bajo los términos de la licencia de documentación libre GNU, versión 1.3 o cualquier otra versión posterior publicada por la Free Software Foundation; sin secciones invariantes ni textos de cubierta delantera, tampoco textos de contraportada. Una copia de la licencia se puede encontrar en <http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>

ÍNDICE

0. Resumen ejecutivo.....	349
1. Introducción.....	350
2. Crítica a los modelos capitalistas.....	354
2.1. La propiedad intelectual y los recursos biológicos.....	355
2.2. El Convenio de Diversidad Biológica.....	356
3. Modelos participativos de I + D en ciencia y biotecnología aplicados a la medicina y la industria.....	358
3.1. Apertura y democratización del dominio biotecnológico.....	358
a) Diversificación de I + D en biotecnología: países emergentes, creación de empresas y científicos ciudadanos.....	359
b) Alternativas a los enfoques privativos y biotecnología de código abierto.....	361
c) La democratización de la ciencia.....	365
3.2. El renacimiento de la bioprospección: negociaciones multilaterales y estrategias nacionales proactivas.....	366
a) Adaptación de normativas para la gestión de recursos biológicos.....	370
b) Conocimientos tradicionales comunes y protocolos bioculturales.....	373
4. Principios generales preliminares para la elaboración de políticas públicas.....	376
5. Marco jurídico-político ecuatoriano.....	381
5.1. La epibatidina: caso práctico y posibilidades bajo nuevas normativas.....	384
6. Recomendaciones.....	386
6.1. Políticas públicas.....	387
6.2. Instituciones y programas en curso.....	390
7. Referencias.....	392

O. RESUMEN EJECUTIVO

Con récords mundiales de biodiversidad de plantas y vertebrados y dieciséis dialectos indígenas que coexisten dentro de un área de aproximadamente 283.520 km², Ecuador es uno de los países biológica y culturalmente más diversos del mundo. Esta diversidad constituye un recurso estratégico y ofrece una plataforma ideal para materializar la propuesta de una matriz productiva basada en la generación de conocimiento, en la medida que el manejo responsable de tales recursos permita al Ecuador mantenerlos a largo plazo y a pesar de las perspectivas desalentadoras del cambio climático. En línea con los conceptos de responsabilidad ambiental e intergeneracional implícitos en el *sumak kawsay*, y conscientes de la inversión pública sin precedentes en educación, ciencia e infraestructura, el siguiente documento asume tres premisas congruentes con los vertiginosos avances científicos contemporáneos. La primera es que resulta necesario disponer de una definición más amplia del concepto biodiversidad adaptada al contexto ecuatoriano, que incluya elementos biológicos y culturales para preservar y enriquecer la íntima relación entre las culturas indígenas y la riqueza natural del país. La segunda postula la necesidad de proceder a la valoración de los elementos biológicos como fuente de información, y no solo de materiales, de una manera consistente con la revolución genómica y de las ciencias de la información. La tercera premisa es que la participación activa entre instituciones públicas, academia, sociedad y sector privado constituye un requisito indispensable para cimentar las capacidades científicas, técnicas, administrativas y comerciales requeridas para sostener una economía basada en la exploración y aplicación sustentable de la megabiodiversidad del Ecuador (fármacos y recursos microbianos, por ejemplo).

La biodiversidad ecuatoriana representa una de las colecciones más densas de conocimiento y formas de vida en el planeta. Dada la tendencia mundial hacia economías basadas en las ciencias biológicas y de la información, la sola magnitud del recurso biodiversidad resalta la posición estratégica del país para convertirse en un referente mundial en conservación y desarro-

llo económico sostenible. Sin embargo, Ecuador necesita implementar estrategias nacionales y locales que faciliten la exploración del recurso biodiversidad, que está solo parcialmente catalogado y en su totalidad desaprovechado en el país. El objetivo de esta propuesta política es contribuir al desarrollo de una concepción ecuatoriana de una bioeconomía del conocimiento local y nacional, que fomente la participación de las localidades y los territorios, genere respuestas concretas a las necesidades nacionales, reduzca la dependencia cognitiva de medios y recursos externos y promueva la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+i) nacionales. De igual manera propone evaluar el potencial que la generación local de conocimiento representa para la exportación de soluciones y experiencias a mercados regionales e internacionales.

1. INTRODUCCIÓN

El modelo económico del capitalismo basado en la propiedad de los medios de producción tangibles está cambiando hacia un capitalismo cognitivo basado en la apropiación y el control de la circulación del conocimiento y la información. En la última década, la revolución posgenómica y de las ciencias biológicas aplicadas ha llevado a Estados Unidos y a Europa a proponer el concepto de bioeconomía como motor del crecimiento económico. Se define como bioeconomía toda aquella actividad económica derivada de la investigación, desarrollo y comercialización de productos a través de las ciencias biológicas, incluyendo la medicina, la bioenergía y la calidad ambiental. En 2010, Craig Venter reporta un hito (bio)tecnológico sin precedentes: su equipo de trabajo alcanza con éxito el diseño y síntesis de un organismo artificial utilizando computadores para destilar información genómica mínima, sintetizar aquella información en la forma de un genoma artificial e introducir aquel genoma en una célula que pudo replicarse exitosamente. Casi de inmediato, el Comité de Energía y Comercio del Congreso de los Estados Unidos convoca a una discusión acerca de las implicaciones de ésta nueva disciplina, la biología sintética, para la sociedad, la tecnología, la economía y el medio ambiente. Dos años más tarde, Estados Unidos y Europa presentan propuestas oficiales para desarrollar una economía basada, de una u otra forma, en las ciencias de la vida. Ambas pro-

puestas difieren en términos de alcance y perspectiva, particularmente en el rol de la biología sintética y las tecnologías que la posibilitan en áreas que incluyen la medicina personalizada, la bioenergía y la calidad ambiental. En 2014, se reporta el primer cromosoma sintético y se inauguran plataformas continentales para el intercambio de información y organismos⁷. Aun más allá, la democratización de la información y los métodos científicos nutre hoy una comunidad global de entusiastas de la biotecnología que desde hogares, escuelas, colegios y universidades experimentan abiertamente con sistemas biológicos. Dentro de este escenario, es muy probable que el valor de los recursos biológicos ecuatorianos, hoy fatalmente subestimados, aumente.

Desde siempre, los seres humanos hemos aprovechado la variabilidad intrínseca de los sistemas biológicos para sobrevivir. Desde la domesticación de cultivos hasta la inmunidad innata a enfermedades específicas, esta diversidad biológica es la materia prima que sostiene los hasta hoy dispares mundos de la economía y la ecología. La revolución de las disciplinas «ómicas» en biología y el fenómeno de los *big data*, referente al manejo de bases de datos a gran escala, han añadido un nuevo valor al estudio y aplicación del conocimiento generado a partir de los recursos biológicos y genéticos. A escala global, se ha descrito menos del 1% del número estimado de especies y un porcentaje mucho menor se encuentra disponible para la tecnología y las industrias humanas. Por ejemplo, hasta la fecha se conocen cien mil especies de hongos pero se estima que hay 1,4 millones de especies aun por descubrir. En Ecuador, hallazgos como el de Scott Strobel de la Universidad de Yale, en 2011⁸, constituyen una pequeñísima evidencia del potencial que ofrece la biodiversidad aun inexplorada del país. Por otro lado, la variabilidad genética de las poblaciones humanas de Ecuador también ha sido objeto de estudio. En 2011, se describen las características genéticas que confieren resistencia al cáncer y a la diabetes a grupos humanos ecuatorianos (Guevara-Aguirre *et al.*, 2011). Asimismo, se estudian diferencias entre poblaciones indígenas amazónicas, europeas y estadounidenses para identificar los microorganismos responsables de desórdenes inmunológicos.

7 Véanse Fritze y Oumard (2013); Schüngel *et al.*, (2013) y <http://www.mirri.com/>.

8 Degradación anaeróbica de poliuretano por parte de *Pestalotiopsis microspora* (Russell, 2011).

cos y gastrointestinales. En 2014, se describe el microbioma de la chicha utilizada por las comunidades Shuar del Ecuador y su potencial uso terapéutico (Colehour, 2014).

La diversidad étnica y cultural de Ecuador, sin embargo, debe pasar de sujeto de investigación a fuerza investigativa. En este sentido, las numerosas farmacopeas y prácticas médicas indígenas pueden informar a la medicina occidental, hoy amenazada por una carencia global de terapias eficaces ante un sin número de enfermedades emergentes. La diversidad de plantas ecuatorianas, por ejemplo, constituye el recurso fundamental de las etnofarmacopeas tradicionales cuya eficacia sobrevive a la prueba más inflexible: la del tiempo. Desafortunadamente, estos conocimientos relacionados con las farmacopeas indígenas ecuatorianas se encuentran fragmentados y poco valorados, pese a que el interés mundial en la etnomedicina en las áreas de la salud humana y animal se ha incrementado significativamente en los últimos años. La investigación etnomédica mundial se ha visto fortalecida con la aplicación de tecnologías y métodos modernos para la evaluación y desarrollo de fármacos y terapias. En este sentido, la revalorización y exploración de las farmacopeas tradicionales ecuatorianas utilizando la tecnología contemporánea no solo es posible, sino que se reporta periódicamente en la literatura científica. Para aprovechar la biodiversidad nacional en el largo plazo, se requieren estrategias definidas que incentiven la participación activa de las comunidades poseedoras de los saberes originarios y el involucramiento de investigadores y científicos ecuatorianos.

El valor monetario de la biodiversidad ecuatoriana, resultado de tres mil ochocientos millones de años de evolución biológica y miles de años de evolución cultural, es prácticamente incalculable. Por supuesto, los valores estimativos existentes son objeto de interpretaciones dependientes de intereses políticos o económicos. Por ejemplo, en 1995 el precio de la diversidad vegetal ecuatoriana se calculó entre 256 millones USD y 429.000 millones USD (Vogel, 1995), valor obtenido multiplicando el número de plantas con potencial farmacológico por las regalías monetarias asociadas con su comercialización. Si el interés es conservar aquella biodiversidad, puede escogerse el valor más alto para justificar su protección. Si el interés es ex-

traer recursos minerales, lo que históricamente ha devastado la biodiversidad nacional, puede escogerse el valor más bajo para justificar el sacrificio de la biodiversidad en nombre del desarrollo a corto plazo. Además, la aplicación de distintos valores estimativos de la biodiversidad está sujeta a términos temporales. Una hectárea de selva tropical en Ecuador, por ejemplo, puede proporcionar un ingreso rápido a partir de la extracción de recursos materiales (productos vegetales, animales o minerales), o puede guiar, en el largo plazo, un trabajo científico que articula investigación, producción industrial y desarrollo económico centrado en la exportación de experiencia y valor agregado.

En este contexto, se espera que los productos y servicios derivados de los sistemas biológicos, tanto los inexplorados como los asociados con los saberes originarios, complementen una economía fatalmente ligada a recursos minerales no renovables. En ese sentido, los países del hemisferio Sur están generalmente en desventaja tecnológica, a pesar de ser ricos en recursos biológicos y culturales. Es por ello que los países con vastos recursos biológicos promueven esfuerzos para evitar la biopiratería, que se define como el uso indebido de recursos biológicos y culturales sin reconocimiento o autorización de sus autores. Afortunadamente, Ecuador ha aumentado significativamente su inversión en ciencia y educación: de uno a tres millardos USD entre 2006 y 2012, con una inversión total de 8 millardos hasta la fecha (Presidencia Ecuador, 2013). De esta manera, Ecuador invierte en las capacidades intelectuales y tecnológicas que le permitirán desarrollar plenamente los recursos asociados a su megabiodiversidad y evitar la pérdida de conocimiento y recursos tangibles a manos de terceros.

La generación de actividad económica derivada del robustecimiento científico y tecnológico y enfocada hacia la exploración y aplicación sostenible de la diversidad biológica y cultural del país promete materializar un modelo autóctono y soberano de bioeconomía, basado en la revalorización, generación e intercambio de conocimiento y (bio)tecnología. En este contexto, la información y materiales asociados a la biodiversidad ecuatoriana pueden considerarse productos comerciales en áreas que incluyen genómica aplicada, bioinformática, ecología industrial y biología sintética. La diversidad biológica y cultural del país puede desarrollarse científicamen-

te para generar experiencia y valor agregado. Para ello, Ecuador debe explorar y revisar críticamente cualesquiera conceptos e instrumentos relevantes. Con este objetivo, presentaremos propuestas de política pública desde un enfoque técnico-científico.

2. CRÍTICA A LOS MODELOS CAPITALISTAS

La bioprospección, es decir, la exploración, aplicación y comercialización de elementos biológicos, ha sido criticada por académicos y activistas como un ejemplo evidente de la mercantilización de la vida que, dentro del régimen neoliberal contemporáneo, reduce todo a una dimensión económica. Además, las ciencias de la vida pueden causar preocupación a quienes perciben la biotecnología como un intento nuestro de «jugar a ser Dios» e ir en contra de la «ley de la naturaleza» (Quaye *et al.*, 2009). Aun más, la tecnocracia y el neoliberalismo tocan temas vitales concernientes a la cosmogonía indígena. En nuestra opinión, deben considerarse las experiencias previas pero no pueden dar lugar a un rechazo *a priori* de la exploración racional y soberana del potencial económico de la diversidad biológica y cultural de Ecuador con el objetivo explícito de generar actividad comercial. La distribución desigual de costes y beneficios relacionados al acceso y desarrollo del recurso biodiversidad en Ecuador se debe a una profunda ignorancia y a un importante déficit tecnológico. La inversión pública en educación, ciencia y tecnología planea resolver ambos en alguna medida. Si esta inversión se acompaña de una conciencia comunitaria biocéntrica del recurso biodiversidad, de regulaciones que faciliten el intercambio activo de experiencia, conocimiento y tecnología y de un sistema de incentivos apropiados, la innovación científica resultante puede traducirse en actividad económica beneficiosa para Ecuador. Los modelos actuales de bioprospección valoran la biodiversidad como una fuente de materiales más que de información. Las normativas vigentes en Ecuador no permiten el acceso a recursos biológicos y tampoco fomentan un ambiente de colaboración y apertura necesario para el desarrollo de estos recursos.

2.1. La propiedad intelectual y los recursos biológicos

En las últimas décadas, las regulaciones de Estados Unidos y la Unión Europea concernientes a la propiedad intelectual han ampliado cada vez más su aplicación y alcance, mientras que la Organización Mundial del Comercio impone a sus miembros de forma simultánea normas que favorecen la protección de la propiedad intelectual. La Alianza del Trans-Pacífico (TPP, Trans-Pacific Partnership) entre Australia, Brunei Darussalam, Canadá, Chile, Japón, Malasia, México, Nueva Zelanda, Perú, Singapur, Estados Unidos y Vietnam es el último ejemplo. En estos países, las patentes se han establecido como condiciones necesarias para estimular la inversión privada en investigación básica, lo que puede ser cierto en algún sentido pero no necesariamente significa crear las condiciones para implementar una economía del conocimiento. En este contexto, en lugar de promover la innovación, se la obstaculiza (Boldrin y Levin, 2013; Dosi *et al.*, 2006; Heller, 1997, 2008), sobre todo en el dominio de la biotecnología dentro del contexto ecuatoriano, donde:

1. La gran mayoría de los recursos biológicos a escala ecosistémica y molecular permanece inexplorada, y
2. Los procesos de innovación implican la combinación de diferentes disciplinas y tecnologías (Van Overwalle, 2009).

Por lo tanto, reflejando el concepto de la «tragedia de los comunes», en el que el uso combinado de numerosos titulares excede la capacidad de un recurso y lo reduce (Hardin, 2008), se ha discutido mucho si los niveles excesivos de protección de la propiedad intelectual son precisamente los que dan lugar a la «tragedia de los anticomunes». Ello ocurriría sobre todo a partir de una alienación entre titulares cuya colaboración es fundamental para innovar y generar soluciones pero, casi imposible en un ambiente plagado de trabas legales muchas veces aplicadas con el objetivo explícito de detener procesos de I + D. En particular, este tipo de falencia en la coordinación surge cuando un recurso tiene numerosos titulares que impiden que otros lo usen, frustrando lo que sería un resultado socialmente deseable de desarrollo a través de la investigación científica (Heller, 1997, 2008).

2.2. El Convenio de Diversidad Biológica

Los obstáculos a la evaluación racional y oportuna de los recursos genéticos, por ejemplo, no proceden solo de la regulación de propiedad intelectual, sino también de las regulaciones nacionales y regionales que implementaron el Convenio de Diversidad Biológica (CDB), ratificado por 168 países durante la Cumbre de la Tierra de Río en 1992. El Convenio concede derechos de soberanía a los Estados nacionales sobre sus recursos genéticos y, por lo tanto, revoca su previa condición de patrimonio común de la humanidad. Como se explicará con más detalle en la sección 5, que describe el marco jurídico-político ecuatoriano, esta legitimación de los Estados nacionales para definir sus propias regulaciones ha generado una situación paradójica que obstaculiza gravemente la investigación básica y, con ello, niega las posibilidades que ofrece la ciencia para el progreso tecnológico. Además, no esclarece el alcance de un sistema de incentivos financieros para la investigación de biodiversidad aplicada.

El enfoque implícito en los principios del CDB convierte a los recursos genéticos en mercancía. Como consecuencia, países en vías de desarrollo han implementado regulaciones que restringen el acceso a estos recursos solo para aquellos agentes comprometidos en compartir los beneficios de su I + D. Sin embargo, los recursos biológicos y genéticos son diferentes de los productos básicos tradicionales en que:

1. Su valor comercial es por lo general desconocido, no evidente y requiere de varios años para verificarse. La exploración científica a gran escala es lo que agrega valor a la biodiversidad de Ecuador. Por ende, restringir las oportunidades para que dicha investigación ocurra disminuye el valor del recurso biodiversidad, ya que no se puede formular apropiadamente un desarrollo comercial.
2. A diferencia de las materias primas tradicionales, lo que es valioso en cuanto al recurso diversidad biológica y, en particular al material genético, es su contenido de información. Sin embargo, esta información (genética) puede ser obtenida, copiada, modificada y distribuida a través de medios digitales. Los genes, por ejemplo,

pueden transferirse en formato digital y sintetizarse sin necesidad de acceder el material físico tangible (Soplin y Muller, 2009).

En consecuencia, restringir el acceso físico a los recursos genéticos a través del hiperproteccionismo, mediante el establecimiento de trabas burocráticas que afectan a los investigadores nacionales principalmente, desalienta la investigación básica y el robustecimiento de las capacidades científicas nacionales, reduce el valor de la biodiversidad y de ninguna manera protege los recursos de Ecuador contra la biopiratería (Guiza y Bernal, 2013; Barreto, 2012; Cabrera Medaglia, 2007, pp.190-191; Ibish, 2005). Por ejemplo, un secuenciador de ADN MinION(TM), del tamaño de un USB, puede transferir información biológica a cualquier computador con conexión a Internet. Esta información puede aprovecharse comercialmente en cualquier lugar del mundo sin necesidad de acceder a la muestra física en Ecuador. En pocas palabras, el coste relacionado con el acceso ilícito es básicamente cero, puede desarrollarse comercialmente sin acceso a la muestra física y puede comercializarse sin inconvenientes en mercados cuyas Administraciones no ratifiquen el Tratado de Nagoya (Estados Unidos, China y Rusia, por ejemplo). Sería posible controlar el comercio de productos tradicionales que operan con sistemas de fijación de precios, pero en Ecuador y virtualmente en cualquier otro país, el fácil acceso y aprovechamiento de los recursos biológicos facilita la evasión de cualquier requisito relativo a la participación en los beneficios que se imponga⁹. Como consecuencia, después de más de veinte años de la entrada en vigor del CDB, los rendimientos financieros de la biodiversidad no se han materializado: como han sugerido Filoche y Foyer (2011), son un «paraíso verde» que todo el mundo sueña pero nadie ha visto. En resumen, el manejo de recursos biológicos y genéticos bajo un esquema mercantilista e hiperproteccionista no garantiza la generación de conocimiento ni la protección de los mismos y menos aun permite la transformación de la matriz productiva de forma que se sustente en una economía basada en recursos infinitos y que aproveche los actuales avances en biología molecular, ingeniería metabólica,

⁹ Estos actores «inescrupulosos» podrían no solo estar motivados por objetivos comerciales con fines de lucro, sino simplemente por los intereses de investigación básica. Por ejemplo, un estudio sobre la bioprospección en Colombia, entre 2008 y 2013, señaló un altísimo nivel de informalidad (70 %) de los equipos nacionales de investigación, que se vieron obligados a violar las reglas formales como para seguir adelante con su investigación (Guiza y Bernal, 2013).

biología de sistemas y biología sintética en Ecuador, uno de los países más biodiversos del planeta.

3. MODELOS PARTICIPATIVOS DE I + D EN CIENCIA Y BIOTECNOLOGÍA APLICADOS A LA MEDICINA Y LA INDUSTRIA

La última sección concluyó que las condiciones creadas por el uso excesivo de patentes y los requerimientos del CDB para el aprovechamiento de recursos genéticos limitan actualmente los beneficios que la bioprospección y otras ciencias podrían conllevar, tanto para países emergentes como para países desarrollados. Ecuador carece de muchos de los recursos necesarios para navegar los retos tecnológicos, financieros y jurídicos involucrados en la I + D de biotecnología para mercados locales, regionales y globales pero posee una colección única de recursos naturales y ha ejecutado una inversión preliminar y significativa en generación de conocimiento para desarrollarlos. Esta sección presenta prácticas, debates e iniciativas que ilustran la posibilidad de crear modelos tecnocientíficos más abiertos, eficientes y justos para la bioeconomía emergente. La subsección 3.1 revisará algunos desarrollos recientes en I + D en el campo de la biotecnología, haciendo hincapié en cómo la combinación de transformaciones materiales y sociojurídicas podrían preparar el camino para formas más participativas de investigación y aplicación del conocimiento. La subsección 3.2 revisará la evolución de regulaciones multilaterales y nacionales en materia de acceso a los recursos genéticos y distribución de beneficios derivados de su utilización. Demostraremos que, si bien el Protocolo de Nagoya proporciona una mayor seguridad jurídica para Ecuador, debe ajustarse a la realidad nacional incorporando enfoques flexibles para la regulación y desarrollo de la bioprospección sistemática de Ecuador.

3.1. Apertura y democratización del dominio biotecnológico

Durante las últimas décadas, el «feudalismo de la información» (Draho y Braithwaite, 2002), establecido a través del desarrollo de regímenes de

propiedad intelectual cada vez más restrictivos y extensos, así como de la elevada exigencia de capital de las ciencias biológicas han disuadido a países emergentes o a «pequeños actores privados» a participar en I + D en biotecnología. Aunque esta configuración ha promovido que la investigación se concentrara en las grandes corporaciones y los países industriales, tendencias recientes sugieren que esta situación está cambiando. Ecuador tiene claras oportunidades para implementar alternativas de desarrollo biotecnológico altamente adaptativas de carácter más difuso, descentralizado y participativo.

a) Diversificación de I + D en biotecnología: países emergentes, creación de empresas y científicos ciudadanos

En lo que respecta a las elevadas exigencias de capital en este ámbito, los costes de tecnologías vitales han disminuido exponencialmente (por ejemplo, el secuenciamiento y síntesis de ADN), mientras que las tecnologías de información y comunicación (TIC) han mejorado el acceso a información relevante. Herramientas bioinformáticas y computacionales de pequeña escala y extremadamente accesibles, por ejemplo, son de acceso libre y están abiertas a su modificación para poder aplicarse al contexto ecuatoriano. Varios países, desarrollados y emergentes, aprovechan esta situación para aumentar su participación en I + D de acuerdo a sus prioridades contextuales. Brasil, Malasia y Sudáfrica han invertido recientemente importantes recursos financieros, económicos y académicos en I + D. Por otro lado, países más pequeños, como Costa Rica y Cuba, ejecutan también inversiones significativas en estas áreas.

En el otro extremo del espectro, pequeñas compañías que aplican ciencias de la vida florecen en Estados Unidos y Europa, donde la inversión pública en ciencia y tecnología es considerable pero también en los BRICS, cuyas economías han dado un impulso importante a la I + D nacionales en los últimos años. De hecho, formas de biotecnología ciudadana de bajo coste, no institucionalizadas y distribuidas son una realidad y se pueden adaptar rápidamente al contexto ecuatoriano (Kera, 2012, 2014). Por ejemplo, el movimiento de biología hazlo-tú-mismo (DIYbio, *Do-It-Yourself*) ha hecho accesible la biotecnología para ciudadanos sin preparación técnica tradicio-

nal que, sin embargo, encuentran en la biotecnología casera una alternativa para crecer intelectualmente, generar soluciones y/o ejecutar exitosamente industrias a pequeña escala. Estas actividades son posibles al basarse en prácticas de laboratorio abiertamente comunicables en lenguaje cotidiano e intercambiables a través de recursos digitales. La comunidad DIYbio accede a fuentes abiertas de material e información biológica y genera soluciones y conocimiento intercambiando libremente información y protocolos. Usando un pequeño laboratorio en casa, por ejemplo, es fácil identificar especies comestibles y organismos específicos. A través de talleres abiertos y de una intensa cooperación, científicos ciudadanos pueden desarrollar soluciones creativas que incluyen *hardware* abierto para la I + D en el ámbito de biotecnología, modelos computacionales y plataformas multidisciplinarias para la formulación, ejecución y optimización de proyectos. A través de colaboraciones abiertas, los gastos de instalación de un laboratorio comunitario se reducen en uno o dos órdenes de magnitud (Landrain *et al.*, 2013). De hecho, ya se han realizado avances científicos y comerciales importantes utilizando métodos y tecnologías abiertas y colaborativas¹⁰, mientras que las prácticas DIYbio crecen rápidamente en sofisticación y siguen atrayendo financiamiento privado y público¹¹.

La biología ciudadana, por lo tanto, puede ofrecer en Ecuador la oportunidad de adoptar, optimizar y desarrollar métodos de investigación de vanguardia con una perspectiva mundial coherente con las capacidades disponibles. Al mismo tiempo, la estructura y organización de estos núcleos locales de investigación ciudadana permiten mantener la toma de decisiones económicas y científicas dentro de los marcos socioculturales tradicionales, pertinentes con las cosmologías indígenas, el Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) y/o el concepto de *buen vivir*¹². Comúnmente, las nociones occidentales de inno-

10 A través de una plataforma de videojuegos, por ejemplo, ciudadanos de todo el mundo contribuyeron a la solución de una estructura de proteína implicada en la maduración del VIH. Por otra parte, el éxito del proyecto de la Plant Glowing ilustra cómo pequeños grupos privados pueden desarrollar rápidamente productos comercialmente viables mediante infraestructuras locales de pequeña escala. El proyecto Plant Glowing busca producir en masa plantas que emiten luz usando ingeniería genética. Comenzó como un pasatiempo y rápidamente salió de Bio-Curious en Mountain View, California, para convertirse en una empresa privada.

11 Por ejemplo, véanse https://www.igem.org/Main_Page y <http://synbioaxlr8r.com>

12 Puede profundizarse en una noción postcolonial del buen vivir, aplicada a la economía social

vación se entienden, en los países en vías de desarrollo, como una fuerza perturbadora y extranjera que se estudia a través de la adopción; sin embargo, los intentos de la biología ciudadana de «cotidianizar las prácticas costosas y de alta tecnología usadas en el laboratorio» están, en efecto, dando lugar a acervos tecnológicos relevantes. En este sentido, las comunidades DIYbio pueden ser vistas como intermediarios entre el conocimiento científico producido en los laboratorios y los diversos intereses, actitudes y conocimientos de la gente común en contextos locales variados. Por ejemplo, Kera (2014) expone cómo ciudadanos científicos en Indonesia usan el conocimiento científico contemporáneo en función de sus valores propios y sus circunstancias sociales, ecológicas y económicas, que, a su vez, están inscritos e influyen en los desarrollos tecnológicos. De este modo, los modelos DIYbio pueden incentivar a la comunidad misma a generar conocimiento que produzca respuestas a necesidades locales, en la medida en que estas comunidades de investigadores y científicos ciudadanos generen conocimiento funcional, eficiente y altamente conectado con la experiencia diaria de las localidades en las que se desarrolla la investigación (Villavicencio, 2014).

b) Alternativas a los enfoques privativos y biotecnología de código abierto

En cuanto al tema de la propiedad intelectual, los intentos de modificar el escenario actual son evidentes por parte de activistas, países emergentes, científicos, empresarios y corporaciones, cada vez más conscientes de la «tragedia de los anticomunes». A continuación, se introducen los modelos ideales de licencia de colaboración propuestos y/o implementados en la actualidad: los consorcios de patentes, las cámaras de compensación, los regímenes de responsabilidad y los modelos de código abierto. Se debe tomar en cuenta que estos modelos responden a intereses específicos de muy diversos actores y que una revisión más detallada (Van Overwalle, 2009) está fuera del enfoque de este documento.

Los *consorcios de patentes* son sociedades de al menos dos empresas que aceptan otorgar patentes cruzadas en relación con una tecnología espe-

del conocimiento en el documento 5.3 del Proyecto FLOK Society (Crespo y Vila-Viñas, 2015).

cial. Estos consorcios pueden resultar en prácticas oligopólicas en las que determinadas empresas excluyen a otros jugadores de los procesos de innovación pero, en el contexto actual, son cruciales para hacer frente a la maraña de patentes que distinguen el dominio biotecnológico. Estados e institutos de investigación públicos pueden ser parte de estos consorcios.

Las *cámaras de compensación* son mecanismos mediante los que se relacionan proveedores y usuarios de patentes y tecnologías. Pueden simplemente proporcionar información (protegida) o facilitar el acceso y uso de las invenciones. En el campo de las biotecnologías agrícolas, Cambia Patent Lens y PIPRA son ejemplos conocidos del primer tipo de cámara de compensación.

Los *regímenes de responsabilidad* son mecanismos de inscripción en los que los participantes en el sistema pueden utilizar activos de propiedad intelectual sin una negociación directa con un propietario. Los usuarios de activos están obligados a pagar por el uso del activo, cuyo uso no puede negárseles, aunque controlan la decisión de tomar o no el activo. En otras palabras, los propietarios de los activos tienen el derecho a recibir un pago pero no el derecho a excluir el uso.

Por último, los *modelos de código abierto* presentan la posibilidad de traducir los principios del *software* libre (*copyleft*, producción horizontal entre iguales¹³) a la industria de las ciencias de la vida, con el objetivo de promover la diversificación de la innovación, tanto en términos de los objetivos (enfermedades desatendidas y otras tecnologías específicas al contexto), como de los titulares y de las instituciones que participan en la I + D (desde ciudadanos particulares hasta instituciones públicas). De hecho y según Janet Hope (2008), la I + D biotecnológica presenta las tres condiciones básicas de modularidad, granularidad y bajo coste de integración, que hacen que la producción horizontal entre iguales sea más eficiente que las configuraciones tradicionales (Benkler, 2006).

13 Puede profundizarse sobre los principios del *software* libre y su relevancia para la transición hacia una economía social del conocimiento en el documento 4.2 del proyecto FLOK Society (Petrizzo y Torres, 2015).

En nuestra opinión, este último concepto de biotecnología de código abierto resulta muy prometedor en, al menos, tres dimensiones:

1. Propone la creación de un procomún abierto pero protegido. A grandes rasgos, *libre* significa que los usuarios tienen la libertad de distribuir, estudiar, cambiar y mejorar el conocimiento, las tecnologías y el material genético de acuerdo con principios establecidos por el proveedor del material inicial. Por lo tanto, la biotecnología de código abierto es una manera de estimular la circulación de conocimiento priorizando innovación y equidad y, al mismo tiempo, previniendo la apropiación indebida de tecnologías y recursos.
2. Resulta particularmente valioso en el dominio de *software* y otras industrias basadas en la información. Desde este punto de vista, beneficia la gestión de recursos genéticos, ya que, como indicamos, hoy estos recursos deben tratarse como información y no solo como materiales. Así, como bienes de información, los recursos genéticos son no-competitivos, es decir, su consumo no excluye a otros de consumir el mismo recurso. Son no-excluyentes, en el sentido de que, si se conoce, es difícil excluir a otros de su uso y son no-transparentes u opacos, ya que para evaluar información, la información debe ser conocida.
3. Facilita en gran medida la circulación de conocimientos y recursos durante etapas de evaluación temprana, sin excluir automáticamente la participación comercial de actores privados. En la industria del *software*, este esquema dio lugar a una gran diversidad de productos y titulares incluyendo nuevos actores (públicos, privados y ciudadanos), que usaron su experiencia y capacidad innovadora y no solo sus recursos financieros para desarrollar, mantener y adquirir derechos de propiedad (Hope, 2008; Kloppenburg, 2013).

El modelo de procomún protegido y abierto debe considerarse dentro del contexto ecuatoriano para generar estrategias de gestión adecuadas que promuevan la innovación y la colaboración durante etapas iniciales de I + D, a la par que faciliten el establecimiento de precedentes legales para la recuperación de los derechos de propiedad. Un modelo protegido y abierto

estimula la curiosidad, facilita el descubrimiento y fortalece el recurso más crítico en una economía basada en el conocimiento: el talento humano. La exploración de la biodiversidad ecuatoriana, por ejemplo, se puede contextualizar dentro del esquema de educación escolar, secundaria y universitaria, al integrar en las mallas curriculares un énfasis académico en razonamiento crítico-científico, biología, ecología y multiculturalidad. De manera adicional, la experiencia práctica durante el periodo de aprendizaje se puede enfocar en la documentación de la biodiversidad local, con la participación de expertos locales, aprovechando y conservando mecanismos de difusión que consigan la concientización y educación del tema en las materias de naturaleza y biodiversidad. Por otro lado, la creación de fuentes de trabajo en distintas áreas de investigación, como la diversidad genómica y fenotípica, evolución, adaptación al cambio climático, bioenergía, conocimiento indígena aplicado, etnomedicina, simbiosis industrial, soluciones a enfermedades endémicas y descubrimiento de recursos, se puede vincular gradualmente al desarrollo científico del país y así atender necesidades específicas locales. Con estrategias educativas y laborales que preparen y capaciten a su capital humano, Ecuador puede producir profesionales con conocimiento técnico y dominio conceptual de desarrollo que se interesan en la exploración de las colecciones de «laboratorios naturales» en Ecuador para fomentar la producción autónoma de tecnologías basadas en el recurso biodiversidad (Villavicencio, 2014). Este conocimiento, derivado del estudio de la naturaleza y la cultura, puede sostener la actividad económica de Ecuador a largo plazo, al generar soluciones funcionales a necesidades nacionales y eventualmente exportar experiencia y conocimiento al mundo, por ejemplo, a través de la comercialización de *software* bioinformático, consultoría política e ingenierías y sistemas alternativos de salud. Mediante un intercambio activo de conocimientos y tecnología, asociaciones públicas, privadas o público-privadas pueden explorar el comercio y el aprendizaje recíproco a nivel local, regional e internacional.

Los méritos y la viabilidad financiera, legal y técnica de la biotecnología de código abierto¹⁴, a menudo elogiada por su analogía con las prácticas de

14 En particular, un gran obstáculo para el desarrollo de estrategias de *copyleft* en las ciencias de la vida se deriva del alto coste para la consecución de una patente en comparación con aquellos requeridos para obtener los derechos de autor, que son los comunes en el ámbito del *software*.

hardware libre que dio paso al computador personal en la década de 1970 y con las prácticas de *software* libre actuales, han sido comprobados dentro del contexto de investigaciones en ciencias de la vida guiadas por intereses ciudadano-científicos. La participación ciudadana en la biotecnología ha requerido una gran cantidad de licencias de código abierto, repositorios, acuerdos de transferencia de recursos, *software* y plataformas de producción entre iguales, lo que ha hecho que, hoy en día, la biotecnología se vuelva más abierta y accesible y tenga el potencial de revolucionar la economía ecuatoriana. En este contexto, la subsección 3.1.C presenta una iniciativa que muestra cómo los derechos de propiedad intelectual pueden ser adaptados para servir propósitos radicalmente distintos a los que sirven en el régimen neoliberal contemporáneo.

c) La democratización de la ciencia

La Iniciativa BIOS (Código Abierto Biológico/ Innovación Biológica para una Sociedad Abierta) es una iniciativa internacional para promover la innovación y la libertad para operar en las ciencias biológicas que responde a inequidades en seguridad alimentaria, nutrición, salud, manejo de recursos naturales y energía. BIOS fue lanzada oficialmente en 2005 por CAMBIA, una organización internacional independiente, sin fines de lucro dedicada a la democratización de la innovación. CAMBIA propone nuevas normas y prácticas para la creación de herramientas para innovación biológica y el uso de pactos vinculantes para proteger y preservar su utilidad, al tiempo que promueve diferentes modelos de negocio para su desarrollo comercial. En términos prácticos, trabaja en el diseño, desarrollo y difusión de herramientas jurídicas y tecnológicas para reorientar la I + D hacia metas específicas. En este sentido, las actividades de CAMBIA han generado tres resultados importantes:

1. Licencias BIOS estándares sin coste, que facilitan la libertad para innovar. En lugar de regalías y otras restricciones impuestas a menudo por acuerdos legales, los titulares de una licencia BIOS están

En la subsección 3.2, sin embargo, vamos a insistir en la posibilidad de establecer un *fondo común protegido* sin las formas tradicionales de protección de la patente. A su favor, algunos profesionales de la justicia sostienen que el ADN modificado de la biología sintética cumple con el requisito de creatividad que permite el derecho de autor y protección *copyright* (Torrance, 2012).

obligados a cumplir con tres condiciones: (a) compartir con todos los titulares de licencias BIOS cualquier innovación para la cual busquen algún tipo de protección de propiedad intelectual, (b) no hacer valer frente a otros titulares de licencias BIOS sus derechos propios o de terceros relacionados con tecnologías definidas en la licencia, y (c) compartir con el público toda la información sobre la bioseguridad de la tecnologías desarrolladas bajo licencia BIOS¹⁵.

2. Una serie de *acuerdos para la transferencia de materiales* (ATM) de código abierto, una forma común de comodato utilizada para proporcionar materiales para la investigación de ciencias de la vida, tales como cepas bacterianas, líneas de plantas, cultivos celulares o ADN. El sitio web de BIOS provee ATM para materiales biológicos.
3. Patent Lens: un servicio en línea de búsqueda de patentes y un recurso de conocimientos o, en términos técnicos, una cámara de compensación de patentes para las ciencias de la vida. Lanzado en el 2000 y restaurado en 2013, permite la búsqueda de más de diez millones de documentos de patentes de texto completo. Es la única organización sin fines de lucro de su tipo, con cobertura internacional y enlaces a otras publicaciones técnicas y tutoriales (Jefferson *et al.*, 2013; Nature, 2013).

3.2. El renacimiento de la bioprospección: negociaciones multilaterales y estrategias nacionales proactivas

Como se ha visto en la sección 2, la CDB contempla la bioprospección como una manera de proporcionar a los países ricos en biodiversidad una compensación económica por la preservación del medio ambiente. Sin embargo, desde hace casi veinte años, este principio se ha aplicado solo a través de directrices débiles y voluntarias para la distribución de los beneficios procedentes de la utilización de recursos genéticos, como por ejemplo

15 CAMBIA proporciona dos tecnologías biológicas de código abierto: TransBacter y GUSPlus, que están disponibles para todos los investigadores e institutos sin fines de lucro, cuando se firma un Acuerdo de Transferencia de Materiales (ATM) de BIOS. Las empresas con fines de lucro firman la licencia BIOS y hacen una contribución a CAMBIA calculada en base a los medios financieros de la empresa.

puede verse en las Directrices de Bonn¹⁶. Esto crea un clima de desconfianza e incertidumbre que, junto con expectativas excesivas acerca de los beneficios económicos a corto plazo, ha llevado a los países ricos en biodiversidad a imponer regulaciones restrictivas, que a su vez han dificultado la investigación básica y que seguramente la mayoría de opciones comerciales ignoran (Tvedt, 2007).

En 2010, sin embargo, los participantes del CDB acordaron implementar el Protocolo de Nagoya, que entró en vigor en octubre de 2014. Si bien la adopción del Protocolo representa un paso positivo hacia un sistema internacional menos predatorio (Kamau *et al.*, 2010), pone en desventaja a los países proveedores de recursos genéticos, al promover una «guerra de precios» en la que, dada la naturaleza transfronteriza de los recursos, países megabiodiversos, como los ubicados en la cuenca Amazónica, compiten por ofrecer el precio más bajo por el acceso (Ruiz, 2011). El precio del material genético sería el coste relacionado con recolectar el material más el coste relacionado con el permiso de acceso (un solo acceso o acceso múltiple, por ejemplo). Dentro de este escenario, es poco probable que el precio final del material genético (recolección y permisos) pueda competir con las regalías generadas a través de la extracción de recursos minerales y petroleros. Además, la definición de material genético enmascara el hecho de que es prácticamente imposible acceder a un solo gen en particular. Más bien, la colección de material biológico implica la colección de cientos, miles o hasta millones de genes. Por lo tanto, el precio de dicho material genético es tan bajo que no justifica la conservación del recurso biodiversidad pero sí facilita el acceso al «material» (y mucho más importantemente, la información que cientos, miles o millones de genes pueden contener) y la satisfacción de la marca «origen y acceso justos y equitativos». La información contenida en tal material genético puede, sin embargo, catalizar actividad económica significativa. Sirvan dos ejemplos:

1. Russell *et al.* (2011). *Pestalotiopsis microspora* es un organismo recuperado del Parque Nacional Yasuní capaz de degradar plástico en la ausencia de oxígeno, lo que hace a este organismo extremadamen-

16 Véase <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-bonn-gdls-es.pdf>.

te interesante para el tratamiento de desechos municipales en rellenos sanitarios. La colección de material biológico que descansa en repositorios de la Universidad de Yale en Estados Unidos y del Herbario Nacional del Ecuador contiene material genético con un número indeterminado de genes. Cada uno de estos genes puede secuenciarse y almacenarse digitalmente en una base de datos e incorporarse a biotecnologías existentes sin necesidad de acceder a los repositorios físicos. Cualquier compañía privada puede consultar los repositorios de la Universidad de Yale para desarrollar y comercializar sistemas de tratamiento de desechos municipales, sin importar ni el origen ni las condiciones de acceso relacionados con el material biológico original. Aun dentro de países signatarios del Protocolo de Nagoya (Ecuador, por ejemplo), tal compañía podría comercializar la biotecnología desarrollada porque es virtualmente imposible identificar el gen comercial recuperado inicialmente del Parque Nacional Yasuní, al tiempo que puede exigir regalías por la biotecnología desarrollada (incluso al propio Ecuador) o prohibir el desarrollo posterior de otros resultados o procesos basados en dicha biotecnología.

2. Colehour *et al.* (2014). El microbioma de la chicha tradicional de la comunidad Shuar en Ecuador podría suplementar microbiomas humanos relacionados con anomalías inmunes e infecciosas en el tracto digestivo. El material biológico consiste en un número indeterminado de especies microbianas con un número mucho mayor de genes. Este material biológico y la información genómica asociada descansan en repositorios físicos y digitales en la Universidad de Oregón en Estados Unidos y otros fuera de Ecuador. Pese a que el estudio explícitamente indica que «el material genético obtenido nunca se usará para el patentamiento de cepas comerciales», cualquier compañía privada puede consultar el estudio o los repositorios referidos para desarrollar y comercializar terapias contra desórdenes inmunes e infecciosos comunes en países industrializados, sin importar ni el origen ni las condiciones de acceso relacionados con el material biológico original. Aun dentro de países signatarios del Protocolo de Nagoya (Ecuador, por ejemplo) tal com-

pañía podría comercializar la biotecnología desarrollada porque es virtualmente imposible identificar el gen comercial recuperado inicialmente de la chicha tradicional de la comunidad Shuar Ecuatoriana.

Así, en el hipotético caso de que se cumpliera rigurosamente con las regulaciones establecidas a través del Protocolo de Nagoya para garantizar el acceso y distribución equitativa de beneficios relacionados con el desarrollo de recursos genéticos, liberar tanto el material como la información biológica relevante a un precio ínfimo relacionado con la recolección de muestras y la obtención de permisos no garantiza rédito alguno al país de origen. Sobre todo porque los investigadores y mercados más grandes (Estados Unidos, Rusia y China, por ejemplo) no son signatarios del Protocolo (Vogel, 2008) y porque, incluso entre los países signatarios como Ecuador, la distribución equitativa de los beneficios relacionados con el acceso al «material genético» es virtualmente imposible en términos legales, ya que es virtualmente imposible identificar sin lugar a dudas el gen comercial específicamente recuperado dentro del territorio ecuatoriano (o de cualquier otro territorio). La capacidad de identificar un gen determinado y asignarle una sola locación geográfica simplemente no existe.

El Protocolo de Nagoya constituye un ambicioso intento de elaborar un instrumento internacional que complementa aspectos críticos de instrumentos anteriores para el *acceso y distribución de beneficios* (ADB), tales como el reconocimiento de las obligaciones de los países usuarios de garantizar el cumplimiento del principio de reparto de beneficios dentro de su legislación nacional (art. 15), la creación de instrumentos de seguimiento que ofrezcan a los proveedores mayor seguridad jurídica (art. 17); y la conceptualización de un fondo multilateral para administrar los recursos genéticos (art. 10), como el que ya existe para una amplia gama de alimentos y recursos genéticos agrícolas en virtud del tratado de TI-RFAA¹⁷.

17 El tratado ha implementado un sistema multilateral (MLS) de acceso y distribución de beneficios, entre los países que lo han ratificado en relación con una lista de sesenta y cuatro de algunos de los cultivos alimentarios y forrajeros más importantes para la seguridad alimentaria y la interdependencia. Aunque también reconoce derechos a los agricultores de acceder libremente a los recursos genéticos, de participar en las discusiones de políticas pertinentes y la toma de decisiones, así como de utilizar, conservar, vender e intercambiar semillas. Sin embargo, varios estudios han hecho hincapié en la escasa aplicación de este último principio.

Sin duda, soluciones multilaterales de «código abierto» (Oldham, 2009), «basadas en cártel» (Vogel, 2000) o «basadas en los comunes» (Dedeurwaerdere *et al.*, 2012) habrían tratado mejor la esencia transfronteriza y el componente informático de los recursos genéticos. En este sentido, el reconocimiento de la insuficiencia de los modelos restrictivos implementados desde la década de 1990 ha empujado a varios países ricos en biodiversidad a revisar sus normas sobre el acceso a los recursos genéticos con el fin de crear un marco regulador que estimule la investigación básica y el desarrollo de las capacidades de producción nacional y que también proteja los derechos del público en general y en particular de las comunidades indígenas. En esta sección, vamos a presentar primero algunas ideas sobre el surgimiento, en los últimos años, de sistemas basados en comunes, tanto en términos del acceso a la biodiversidad como en función de la protección de las innovaciones. En segundo lugar, presentaremos algunos modelos regulatorios que intentan proteger los derechos indígenas sobre sus saberes originarios, al tiempo que estimulan su vinculación con centros de investigación públicos y privados.

a) Adaptación de normativas para la gestión de recursos biológicos

La experiencia brasileña proporciona un valioso ejemplo de la evolución de las normas para la gestión y valorización de los recursos biológicos y genéticos. De hecho, desde la entrada en vigor del CDB, la regulación brasileña en materia de acuerdos de distribución de beneficios (ADB) y propiedad intelectual se ha orientado a evitar la pérdida del control de los recursos genéticos y sustancias naturales durante los procesos de I + D. En este sentido, Brasil ha reafirmado la soberanía sobre su recurso biodiversidad y la importancia de la participación de autoridades estatales. Sin embargo, también se ha generado un cierto «fetichismo de la biodiversidad»: la biodiversidad se ha convertido en un objeto de fantasías económicas, en un espejo de la identidad nacional y en un tabú político encarnado en un régimen de ADB que evita el acceso o el uso de los recursos (Filoche, 2012). Conscientes de ello, algunos políticos brasileños han iniciado en los últimos años procesos de reforma.

En relación al acceso y distribución de recursos genéticos, investigadores y empresas privadas criticaron el régimen de ADB brasileño, cuyas prerrogativas consideraban demasiado exclusivas. Como consecuencia, se han incorporado algunos cambios en la regulación. A destacar:

1. Las normativas en caso de acceso con fines comerciales se han relajado. En su diseño original, el sistema requería que se firmara un acuerdo de ADB antes de iniciar la investigación. Desde 2007, la regulación reconoce que investigadores y empresas no saben exactamente cuáles son o dónde se encuentran las innovaciones. Así, a no ser que se solicite el acceso con el objetivo explícito de desarrollar productos comerciales, es posible posponer los acuerdos de ADB hasta que la evidencia científica permita la formulación de estrategias de desarrollo apropiadas. En el caso de solicitudes con propósito de uso comercial, los proyectos se califican como bioprospección después de que la producción industrial o comercial se demuestre viable.
2. El sistema de acceso se ha convertido en un híbrido de patrimonio público, propiedad privada y propiedad común pero los poderes relativos de la comunidad científica en la gestión de los recursos se han incrementado gradualmente. Los científicos, representados en distintos consejos, disfrutaban de derechos preferenciales y pueden tener acceso más fácil a un recurso determinado, especialmente en el caso de la investigación no comercial, aun cuando estén vigentes sobre aquél derechos privados y públicos¹⁸.

En lo que respecta a cómo se asignan los derechos de estas innovaciones y sustancias naturales, la regulación brasileña promueve el desarrollo biotecnológico nacional sin depender del modelo neoliberal. Ello se apoya en consideraciones tales como:

18 El Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (CGEN) ha delegado la mayor parte de sus responsabilidades al Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que representa a la comunidad de investigación y está supuestamente más cualificado para entender las prácticas científicas y su rápida evolución.

1. Se adoptan las disposiciones de la CDB y del Protocolo de Nagoya que pueden contribuir al desarrollo de la industria nacional y al fortalecimiento de los derechos públicos sobre los recursos genéticos. Por un lado, el control a nivel nacional se mantiene a través de la regulación del acceso, mientras que, en el ámbito internacional, el control se ejerce a través de la participación preceptiva de instituciones de investigación públicas o de empresas brasileñas. Estas compañías se benefician del intercambio de experiencia, tecnología y recursos de los socios extranjeros mientras garantizan el respeto a las regulaciones nacionales por parte de los bioprospectores extranjeros. En el caso ecuatoriano, desde el año 2010, las patentes registradas en el Instituto Ecuatoriano de la Propiedad Intelectual (IEPI) incluyen un «certificado de origen legal» en las aplicaciones para recursos genéticos, que sería necesario en sistemas de patentes a escala mundial con la entrada en vigor del Protocolo de Nagoya.
2. En Brasil, las formas de vida que ocurren naturalmente no pueden ser apropiadas. Sin embargo, aquellas que «debido a una intervención humana directa sobre su composición genética obtengan alguna característica que normalmente no podrían obtener bajo condiciones naturales» sí son patentables. En una situación similar a la de Ecuador, la considerable inversión en educación, ciencia y tecnología en Brasil, articulada con una intensa colaboración científica internacional centrada en la generación de valor agregado y el robustecimiento de las capacidades científicas locales, ha permitido al aparato agrobiotecnológico brasileño posicionarse global y regionalmente como referente internacional. En el plano nacional, esta configuración garantiza el acceso al recurso biodiversidad a científicos brasileños y el intercambio internacional de *know how*, que también permite un monitoreo más cercano de los recursos brasileños, ya que, por ley, cualquier investigación internacional en Brasil debe contar con la participación activa de científicos locales.

b) Conocimientos tradicionales comunes y protocolos bioculturales

El Artículo 8(j) del CDB afirma los derechos de las comunidades indígenas y locales sobre sus saberes originarios y la necesidad de reconocer su soberanía. Hasta ahora, sin embargo, la aplicación de estos principios ha sido difícil, a pesar de los acuerdos incluidos en las legislaciones nacionales y regionales. En particular, una limitación ha sido la aparente incompatibilidad entre el derecho de la cultura indígena y los conceptos occidentales de propiedad privada. En Ecuador, colaboraciones entre la industria y las comunidades indígenas han buscado acuerdos bipartitos y beneficios recíprocos en las áreas de turismo y agricultura con valor agregado, lo que ha generado una actividad económica significativa.

De forma similar, son necesarios esfuerzos colaborativos referidos a la I + D de saberes originarios relacionados con recursos biológicos. En este sentido, se deben tomar en consideración valores mancomunados que son compartidos por la mayoría de las comunidades indígenas incluyendo la reciprocidad, el equilibrio y la dualidad. Reciprocidad se refiere a un intercambio equitativo en la sociedad y en la naturaleza, lo que sugiere que el acceso debería ser recíproco para que las comunidades reciban conocimientos y recursos comparables a los conocimientos e información que proporcionan a través de sus saberes originarios. Equilibrio significa armonía en la naturaleza y la sociedad, es decir, que el respeto por la naturaleza y la equidad social juegan un papel importante en la articulación de términos y condiciones para el uso de sus recursos biológicos y culturales¹⁹. Por último, dualidad se refiere a la idea de que todo tiene un opuesto complementario, que apoya la apertura a sistemas complementarios y sugiere que los sistemas tradicionales y occidentales pueden ser compatibles. Estos valores están incorporados en modelos de licencia de conocimiento tradicional común que garantizan tanto el acceso a los saberes originarios de comunidades indígenas, como la transferencia de tecnología valiosa por parte de los miembros no tradicionales. Por lo tanto, los modelos de licencia de co-

19 Las comunidades indígenas, en efecto, se ven a sí mismas no como dueñas sino más bien como guardianes de los conocimientos originarios. Así, la lucha por sus derechos no se dirige exclusivamente a la consecución de resultados financieros, sino también, y con mayor importancia, a evitar la apropiación indebida y el uso inaceptable por parte de terceros.

nocimiento tradicional común podrían ser considerados formas verdaderas y obligatorias de contratos y/o protección de propiedad intelectual.

En este sentido, las *licencias de conocimiento tradicional común* no son un obstáculo para que las comunidades indígenas obtengan acuerdos comerciales de ADB, con el fin de utilizar sus saberes originarios a cambio de una compensación económica. Al mismo tiempo, ofrecen la posibilidad de ir más allá de las interpretaciones dominantes en el artículo 8(j) del CDB, según las cuales la venta de conocimientos tradicionales conduce a la conservación. Es decir, las comunidades pueden compartir sus saberes originarios con otras comunidades indígenas y con actores no tradicionales y también pueden definir y controlar su uso y beneficios derivados. Además, las licencias de conocimiento tradicional común aseguran que el conocimiento de las comunidades indígenas pueda circular sin ser separado de su entorno sociocultural de origen. En tal sentido y a pesar de que la definición de «comunidad» se amplía para incluir a todos los usuarios no comerciales, su derecho a hacer uso de los saberes originarios depende del cumplimiento de las normas naturales establecidas por los custodios de este *know how*²⁰.

Los siguientes elementos son las bases del modelo de licencias de conocimiento tradicional común, tanto en su forma digital como física:

1. El uso de los saberes originarios se lleva a cabo solo bajo los términos de la licencia. Por lo tanto, se considera que cualquier persona que utilice los saberes originarios quedará vinculada por la licencia, la cual establece cómo se pueden utilizar los saberes originarios y las obligaciones de los usuarios de respetar los valores culturales y espirituales y las leyes naturales de la comunidad asociada con el conocimiento, en lugar de proporcionar un permiso genérico para usar esos saberes. El modo de impedir que el titular de la licencia se apropie o beneficie de cualquier nuevo derivado de los saberes originarios no es tanto limitar el acceso a tales o exigir un pago por ello, sino volver a colocar esos nuevos derivados en el fondo común de saberes originarios, por lo general bajo esa misma licencia.

²⁰ Los usuarios no comerciales también pueden ser instituciones de orientación comercial que participen en investigación no comercial.

2. Se prohíbe el uso de los saberes originarios de formas incompatibles con los términos y condiciones establecidos en la licencia.
3. Todos los usuarios posteriores de los saberes originarios o derivados basados en ellos, que acceden a través del titular de la licencia, también tendrán que cumplir con los términos de la licencia.
4. Todos los titulares de la licencia deben proporcionar un reconocimiento perdurable de la fuente de estos saberes.
5. Cualquier cambio en el uso autorizado de los saberes originarios requiere el permiso explícito de los titulares de dichos conocimientos.
6. El titular de la licencia no utilizará los saberes originarios en cualquier forma que pueda causar daños al medio ambiente o a las condiciones de vida que han permitido la reproducción de la comunidad y sus saberes.
7. El titular garantizará la confidencialidad de todo el material de la investigación con el fin de evitar el acceso no autorizado a los saberes originarios o los derivados basados en ellos por parte de terceros que no son parte de la licencia.

Un ejemplo interesante de licencias de conocimiento tradicional común ha sido propuesto por las comunidades indígenas de la zona Bushbuckridge, en la provincia de Mpumalanga en Sudáfrica. Estas comunidades establecieron un *protocolo comunitario biocultural*: un acta desarrollada como resultado de un proceso consultivo en el seno de sus comunidades que describe los valores culturales y espirituales fundamentales de la comunidad y las leyes naturales relativas a sus conocimientos y recursos tradicionales. Este protocolo comunitario biocultural proporciona términos y condiciones claras para el acceso a sus conocimientos y recursos (Abrell *et al.*, 2009).

4. PRINCIPIOS GENERALES PRELIMINARES PARA LA ELABORACIÓN DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Como se ha expuesto, la biología es la tecnología clave del siglo XXI y sus aplicaciones desempeñarán un rol crucial en los ámbitos sociales, económicos, ambientales y culturales. Ecuador, así como otros países emergentes y con un alta biodiversidad, tiene que cumplir con las siguientes condiciones para aprovechar las nuevas tecnologías con el fin de construir un modelo bioeconómico policéntrico legítimo, donde el conocimiento se trate como un bien común protegido que promueve la innovación, mientras facilita la consecución de objetivos socialmente beneficiosos. Con esta orientación, pueden enunciarse los siguientes principios, que deberían guiar la regulación y la formulación de política pública y acciones en la materia:

1. *Mayor participación de comunidades indígenas en procesos bioeconómicos.* Es esencial proveer a la comunidad ecuatoriana del criterio necesario para valorar su relación holística con el recurso biodiversidad, haciendo énfasis en los grupos históricamente subalternizados (indígenas, montubios y afrodescendientes) para facilitar su participación en el ámbito de la I + D en biotecnologías. Dada la magnitud de lo que desconocemos en cuanto a este recurso en Ecuador, un ambiente de colaboración abierta e intercambio libre de información incluyente de las comunidades, y no solo para el entorno científico, resulta indispensable para desarrollar razonablemente el recurso. Cabe indicar que las comunidades indígenas del continente americano mantienen una relación con su medio ambiente natural que es ajena a la mercantilización de los recursos materiales comunes en las sociedades occidentales. Esta relación está determinada por una apreciación de la relación inseparable que existe entre la naturaleza y la humanidad y por un profundo conocimiento de los ciclos que permiten el buen funcionamiento de un ecosistema²¹.

21 Esta relación íntima ha colocado a las comunidades indígenas a la vanguardia de un enfrentamiento entre el desarrollo económico a través del extractivismo y el derecho a la vida y a una existencia pacífica, debido a que los esfuerzos de reubicación cuando los intereses indígenas y financieros chocan suelen dar lugar a etnocidio y/o extinción cultural.

Dado que los recursos naturales constituyen no solo materiales, sino también instrumentos sagrados, las comunidades indígenas se ven a sí mismas como guardianes de la biodiversidad local. En este contexto, los derechos de las comunidades sobre sus conocimientos y los recursos asociados a su conservación tienen reconocimiento expreso en la legislación nacional, regional y mundial. Esto debería fomentar su participación en el desarrollo funcional de la biotecnología, de tal forma que se garantice la protección de sus recursos para generaciones futuras. En otras palabras, la supervivencia cultural de muchas comunidades depende en gran medida de su autonomía en la administración de sus recursos biológicos dentro del marco legal ecuatoriano. A modo de ejemplo, los acuerdos de cooperación técnica y científica entre la Universidad Técnica Particular de Loja, la Dirección Provincial de Salud de Loja y el Consejo de Saraguro y Sanadores han permitido estudios etnobotánicos que promueven la cultura saraguro y el desarrollo sostenible de recursos medicinales y biológicos saraguros (Armijos *et al.*, 2014). Esta experiencia debería guiar futuras colaboraciones dentro y fuera de Ecuador. Cabe destacar que, en el campo de la etnobotánica, los saberes originarios a menudo exceden el conocimiento científico formal, por lo que la participación de médicos originarios capacitados en proyectos de I + D maximiza la posibilidad de desarrollar productos comerciales y fomenta el reconocimiento de autoría a las comunidades indígenas.

2. *Distinción fundamental entre investigación básica, comercial y la divisa de información.* La gran mayoría de los recursos biológicos y culturales en Ecuador permanece inexplorada. Por ello, se requiere de una distinción entre la investigación orientada a la generación de conocimiento y la investigación orientada a la generación de ingresos. La investigación básica va dirigida a aumentar el conocimiento relevante de los sistemas ecosistémicos y biológicos: qué son, cuántos tipos existen y cómo funcionan, sin explorar explícitamente aplicaciones comerciales. La investigación comercial, por otro lado, parte del conocimiento generado por la investigación básica para producir soluciones comerciales, en el mejor caso, asociadas a necesida-

des locales. Dichas soluciones son potencialmente exportables a mercados regionales e internacionales e incluyen no solamente recursos físicos, sino también información genética, genómica y metagenómica, modelos, métodos y protocolos. La formulación de políticas debe, por lo tanto, considerar ambos tipos de investigación para fomentar la colaboración e investigación abierta en las primeras etapas y un activo intercambio de conocimientos, tecnología y materiales en etapas avanzadas. La actual regulación de la bioprospección en Ecuador no protege el recurso biodiversidad, ya que no considera críticamente las diferencias entre ambos tipos de investigación y espera, literalmente, compensación económica por cada acceso concedido. Esta expectativa no es compatible con la actividad científica y/o comercial, por lo que son mínimas las oportunidades de investigación y colaboración, mientras que las instituciones de investigación comercial optan por enfoques de desarrollo que no requieren acceso permanente. De igual manera, desestimar el potencial comercial de la información asociada al recurso biodiversidad (genómica y biología de sistemas, por ejemplo) resulta en una minusvaloración del valor estimado del recurso. En el modelo actual, valorar y transferir la biodiversidad ecuatoriana solo como recursos materiales no es otra cosa que explotación extractivista con diferentes tecnologías (biología molecular y bioinformática), actividad indistinguible de aquella que ha generado disputas a nivel nacional y continental, dadas nuestras reservas de recursos estratégicos y nuestra condición de exportadores de materias primas.

3. *Establecimiento de repositorios físicos y digitales para la colección y administración de recursos naturales y culturales.* En el contexto de un intercambio activo de conocimientos y materiales, los esfuerzos para establecer repositorios físicos y digitales para la recaudación y administración del recurso biodiversidad en Ecuador son altamente recomendables. Estos fondos comunes de recursos cumplirían cuatro tareas fundamentales. En primer lugar, los repositorios facilitarían el acceso a recursos por parte de investigadores y expertos locales para estimular la innovación en el ámbito local, fomentar la colaboración y facilitar la generación de conocimiento y el inter-

cambio de tecnologías. Los repositorios biológicos pueden diseñarse como un procomún, a través de esquemas de licencias de código abierto estándar y procedimientos preferenciales sin fines de lucro. En segundo lugar, los repositorios constituirían un precedente legal para certificar el origen ecuatoriano de los recursos, ya que, para acceder a los repositorios, los interesados acordarían respetar la soberanía ecuatoriana, en lo que constituiría una protección jurídica *sui generis* en el marco del Protocolo de Nagoya. A partir de esta posibilidad de registros, el fraude y el acceso o apropiación ilegal pueden tipificarse como delitos. Además, mediante el establecimiento de los derechos de propiedad, Ecuador puede litigar con participantes que no reconocen el CDB. En tercer lugar, la creación de estos repositorios estimularía significativamente el desarrollo gradual de las capacidades nacionales en el ámbito de la biotecnología. El manejo de las bases de datos y la investigación científica pueden guiar desarrollos locales en bioinformática, una meta en perfecta sintonía con las capacidades tecnológicas y financieras existentes en Ecuador. Por último, bases de datos bien gestionadas maximizarían la transparencia sobre el origen y aplicación de los recursos biológicos y culturales, lo que aumentaría la confianza mutua entre partes interesadas. Por medio del Decreto Presidencial n° 245, esta base de datos será administrada por el Instituto Nacional de Biodiversidad (INB), adscrito al Ministerio de Ambiente (MAE). Sería pertinente la inclusión de un comité de científicos independientes, de representantes de médicos originarios capacitados y del IEPI en la toma de decisiones para el desarrollo de aplicaciones de recursos biológicos y culturales.

4. *Implementación de sistemas alternativos de protección de propiedad intelectual enfocados en el código abierto que fomenten la educación, el conocimiento, el descubrimiento y la biología ciudadana.* En los modelos contemporáneos de bioprospección, desempeñan un rol muy relevante los acuerdos para la transferencia de materiales, dedicados, como su nombre indica, a la transacción de materiales que pueden incluir material biológico, organismos y muestras ambientales. Sin embargo, la transferencia de materiales por sí sola no resuelve dos aspectos

tos cruciales para Ecuador: el intercambio indispensable de información y tecnología con los países industrializados y la cuestión de cómo valorar apropiadamente el recurso biodiversidad dentro de mercados globales. Lo primero es condición para robustecer la investigación científica nacional. Lo segundo, para priorizar la conservación de la biodiversidad ecuatoriana frente a presiones asociadas con una economía extractivista basada en productos con escaso valor agregado. Un énfasis desmedido en la propiedad intelectual fomenta una interacción corrosiva entre normas y realidades nacionales de acceso, exploración, uso y desarrollo de recursos biológicos con fines económicos. Es decir, un régimen de «hiperpropiedad» (Safrin, 2004) no sirve a ningún interés a largo plazo (Kloppenbug, 2013). Por lo tanto, el acceso a conocimiento y materiales relevantes del recurso biodiversidad no debe promoverse solo en el dominio de la bioprospección, paso inicial para proyectos de investigación aplicada, sino también a lo largo de todas las etapas estratégicas requeridas durante procesos de I + D. En la subsección 3.1.2, se han presentado varios modelos de licencia colectiva que abordan las deficiencias del modelo de patentes. En Ecuador, el modelo de código abierto fomentaría la actividad científica, fortalecería el talento humano, favorecería la circulación del conocimiento, impediría la apropiación privada o del Estado, preservaría los derechos de participación de las personas y de las comunidades locales e incentivaría a los actores privados a explorar y evaluar intereses comerciales. Además, el modelo de código abierto es particularmente adecuado para hacer frente a los desafíos asociados con la estructuración de elementos biológicos como fuente de información, en particular en el campo emergente de la biología sintética.

5. Por otra parte, *sincronizar los objetivos del sistema de educación nacional* (Escuelas del Milenio, Yachay, Ikiam, por ejemplo). Para ello se deben articular los currículos de educación básica e investigación profesional con el desarrollo soluciones locales y biotecnología pospetrolera exportable. Provistos de la infraestructura necesaria, el (re)descubrimiento de la vasta colección de formas de vida y saberes ecuatorianos debe incentivar a jóvenes estudiantes a conver-

tirse en los/as científicos/as e ingenieros/as del futuro. Concientizar al público acerca de la magnitud, valor estratégico y potencial del recurso biodiversidad en el Ecuador del siglo XXI proporciona un contexto y justificación para aprovechar la curiosidad natural de la juventud. Un sistema educativo multicultural y biocéntrico podría ampliarse a nivel nacional para fomentar la revitalización de las diversas culturas y etnias en Ecuador, incentivar la investigación científica y reconciliar la ciencia nativa y occidental. En el corto plazo, el alumnado puede avanzar dentro de un marco de educación culturalmente sensible hacia la capacitación formal y el empleo en ciencias biológicas aplicadas. A largo plazo, incluso científicos y biólogos ciudadanos pueden contribuir a una red de innovación centrada en la búsqueda de soluciones a pequeña escala adaptadas a las condiciones ambientales, sociales y culturales ecuatorianas. Como resultado final, la ciudadanía ecuatoriana en general podrá valorar y aprovechar mejor los recursos biológicos y culturales del Ecuador.

5. MARCO JURÍDICO-POLÍTICO ECUATORIANO

En esta sección, se examina el entorno ecuatoriano para la bioprospección, con el fin de identificar los limitantes existentes en el sistema actual y establecer el contexto para la propuesta que se introducirá en la siguiente sección. La diferencia fundamental entre Ecuador y otros países megadiversos es la extrema densidad de diversidad biológica que existe en el territorio relativamente pequeño de aquél. La segunda diferencia es su lugar privilegiado, con acceso a los mercados de Asia y América del Norte. La tercera es la importantísima inversión pública en ciencia e infraestructura. Con normativas claras, marcos flexibles e incentivos adecuados que se adapten a los cambios extremadamente rápidos en ciencia y tecnología, Ecuador puede constituirse en un vanguardia regional para la creación de una economía basada en conocimientos derivados de la exploración sostenible del capital local natural y cultural, sobre la premisa de que la catalogación y administración del recurso biodiversidad pueden ser más eficientes en un país pequeño.

El Plan Nacional para el Buen Vivir 2013 – 2017 (SENPLADES, 2013) es el programa de gobierno vigente e incluye las directrices a seguir para la planificación de políticas públicas en doce objetivos nacionales. El objetivo 7 establece el interés nacional en «garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global», en particular la conservación de la biodiversidad, bioconocimiento y bioseguridad. Dentro de este objetivo, la presente propuesta intenta priorizar tres estrategias específicas: generar mecanismos para proteger, recuperar, catalogar y socializar el conocimiento tradicional y los saberes originarios para la investigación e innovación mediante el diálogo de saberes y la participación de los/las generadores/as de estos conocimientos y saberes (estrategia 7.4.a); implementar un marco normativo para el desarrollo del bioconocimiento, la innovación, los emprendimientos productivos y el biocomercio (estrategia 7.4.c); e investigar los usos potenciales de la biodiversidad para la generación y aplicación de nuevas tecnologías que apoyen los procesos de transformación de la matriz productiva y energética del país, así como para la remediación y restauración ecológica (estrategia 7.4.e).

En lo que respecta a la utilización sostenible de la biodiversidad, normativas regionales promulgadas en la década de 1990 para la aplicación del CDB han influenciado fuertemente el marco normativo ecuatoriano, en especial las decisiones 391 y 481 de la Comunidad Andina de Naciones (CAN). En particular, el Reglamento Nacional de Régimen Común de Acceso a los Recursos Genéticos, en aplicación a la Decisión 391 de la CAN (Decreto Presidencial nº 905), establece procedimientos internos específicos para acceder a los recursos biológicos y genéticos en Ecuador. En lo que se refiere a la participación indígena, se reconocen los derechos de las comunidades indígenas y locales como autores del componente intangible asociado a los recursos genéticos (art. 8.8). Además se establecen distintos actores participantes en la aprobación del acceso a los recursos con un componente intangible: Ministerio del Ambiente (MAE); la Secretaria Nacional de los Pueblos, Movimientos Sociales y Participación Ciudadana y el IEPI (art. 20). Sin embargo, no se proporcionan directrices claras para facilitar la protección de recursos por parte de las comunidades locales. Por ejemplo, el MAE es el actor principal en las decisiones relacionadas con el componente intangible de los recursos biológicos (arts. 34-38), minimizando así el papel de

las comunidades indígenas en el proceso de toma de decisiones. Del mismo modo, se establece la formación de depósitos de recursos biológicos en las instituciones de investigación (arts. 43, 44), sin reconocer los valores de las comunidades indígenas en términos de sus recursos culturales. A este respecto, la formación de redes locales de bioconocimiento administradas por las comunidades lograría catalogar la biodiversidad local e involucraría a los poseedores de conocimiento de las comunidades.

Aun más problemática es la falta de comprensión de los mecanismos de I + D actuales. En primer lugar, se requiere una compensación económica y la firma de un acuerdo de ADB para cada acceso (art. 26.1, 26.5), lo cual es poco razonable porque el resultado de los esfuerzos de I + D es impredecible. En otras palabras, no todas las solicitudes de acceso tienen el mismo valor potencial, a la vez que el criterio profesional requerido para diferenciarlas hasta ese extremo es virtualmente inexistente en las entidades reguladoras y, en todo caso, muy costoso. En segundo lugar, no se aborda adecuadamente la distinción fundamental entre la investigación no comercial y comercial (art. 2.4). Aunque ciertos tipos de investigación no comercial se excluyen del objeto del Decreto n° 905, se requiere invariablemente un contrato marco que proporcione detalles de la investigación y las excepciones no cubren todas las actividades de investigación que se pueden clasificar como básicas o no orientadas al comercio.

En la actualidad, Ecuador está desarrollando el Código Orgánico de la Economía Social Del Conocimiento y la Innovación (COESC+i), un marco normativo para el desarrollo de la investigación responsable y la gestión del conocimiento y la innovación, que regirá el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Innovación y Saberes originarios. Pendiente su aprobación, el borrador declara que el conocimiento constituye un bien de interés público para la sociedad, cuyo acceso debe ser libre y que la generación, circulación, gestión, uso y aprovechamiento de los conocimientos, tecnología y la innovación se orientarán al aprovechamiento sostenible de recursos que incrementen la productividad y genere valor agregado. Esta normativa pretende reconocer los derechos patrimoniales de autor y/o derechos conexos de colectivos sociales en los que pueden incluirse las comunidades indígenas. Estas consideraciones son congruentes con las recomendaciones

presentadas en la presente propuesta. Sin embargo, será necesario un análisis posterior una vez se haya aprobado la regulación específica para investigación científica.

5.1. La epibatidina: caso práctico y posibilidades bajo nuevas normativas

El caso de la epibatidina ilustra la importancia de las consideraciones expuestas, entre ellas de la participación indígena, la necesidad de crear repositorios locales y nacionales y la de distinguir entre los tipos de investigación básica y comercial.

El conocimiento de las comunidades indígenas acerca de la utilización de secreciones de anfibios para la caza, junto con cerca de dos décadas de trabajo científico, concluyeron con el descubrimiento de la *epibatidina*, identificada como el componente de la piel de ranas venenosas (*Epipedobates anthonyi*), responsable de un potente efecto analgésico, por lo que se la consideró un agente terapéutico prometedor que no causaría dependencia o adicción. En 1974, científicos de los Institutos Nacionales de Salud de Estados Unidos (NIH) recolectaron cientos de especímenes de esta especie de anfibio, endémica al sur de Ecuador y norte de Perú. Dicha recolección continuó sin dificultad hasta el año 1987, cuando la familia de las ranas dendrobátidos fue incluida en la lista de especies amenazadas redactada por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2013), un acuerdo internacional concertado entre Estados contra la explotación excesiva de especies en el comercio internacional. Ante la falta de muestras, los estudios preliminares se estancaron, lo que imposibilitó nuevas investigaciones sobre la farmacología del (los) compuesto(s) responsable(s) del efecto analgésico e impidió su producción sintética. Sin embargo, el desarrollo posterior de nuevas tecnologías permitió la utilización de cantidades mínimas de muestra para el análisis y finalmente se descifró la estructura química de la epibatidina (Daly *et al.*, 1992), lo que hizo posible su síntesis industrial y desarrollo posterior. La publicación de la estructura química de la epibatidina en 1992 impulsó a los Laboratorios Abbott a centrar su investigación en compuestos que tenían estructuras químicas similares a la epibatidina. Otros

estudios preliminares demostraron que la epibatidina no sería un candidato adecuado para el uso en seres humanos, debido a que la dosis efectiva y la dosis tóxica se encuentran en un rango demasiado cercano. Sin embargo, algunos derivados sintéticos mostraron menos efectos secundarios y un derivado en particular (*tebaniclina* o ABT-594) se ha estudiado para el tratamiento del dolor en seres humanos desde el 2009 (Rowbotham *et al.*, 2009; Dutta y Awni, 2012; Dutta *et al.*, 2012). En resumen, transcurrieron más de treinta años desde el momento de la primera colección registrada de muestras de ranas y los primeros estudios en humanos con el derivado sintético y, pese a un acceso limitado a los especímenes de origen, distintos avances científicos y tecnológicos permitieron finalmente el descubrimiento de la epibatidina.

Aunque es demasiado temprano para predecir el éxito clínico de la tebaniclina, es interesante destacar algunas consideraciones en cuanto al reparto de beneficios y a la integración de las comunidades indígenas en el proceso. En un escenario ideal, Ecuador elabora y administra repositorios físicos (organismos) y digitales (bases de datos) del recurso biodiversidad, con lo que proporciona material e información para responder a demandas locales y globales para el desarrollo de soluciones en las áreas de bioenergía, agricultura, calidad ambiental, mitigación del cambio climático y cuidado de la salud. Mientras el trabajo de catalogación continúa, las peticiones institucionales para el acceso a recursos se enfocan, primero, a establecer colaboraciones internacionales y fortalecer el aparato investigativo ecuatoriano, por ejemplo, exigiendo la participación de instituciones ecuatorianas en estudios preliminares de acceso y evaluación. En el caso de que se requiera acceso a los saberes originarios, la Administración garantiza a los representantes indígenas el criterio necesario para evaluar solicitudes en su lengua nativa y para responder a los intereses de sus comunidades, por ejemplo, comunicando los objetivos y protocolos a su comunidad para que aporte con discusiones relevantes a la estimación de compromiso y valor monetario. Además y más allá de un procedimiento concreto, los saberes originarios contribuyen al refinamiento y optimización de protocolos científicos. Las comunidades indígenas tienen la autoridad para aprovechar el conocimiento y limitar las colecciones y su participación desalienta colecciones no autorizadas por parte de terceros, lo cual es especial-

mente relevante para especies en peligro de extinción. Por otra parte, los acuerdos de investigación recíprocos incluyen el conocimiento activo e intercambio de tecnología, innovación científica y económica y un sistema adecuado de incentivos para la investigación y actividades comerciales. La Administración facilita el intercambio internacional y fomenta la educación, ciencia e innovación a nivel local. En tales condiciones, el intercambio y la colaboración dan lugar al desarrollo de productos y su comercialización, en paralelo con la protección ambiental y el fortalecimiento de las capacidades científicas de Ecuador.

6. RECOMENDACIONES

Nuestra propuesta está orientada a la generación de conocimiento, tecnología y soluciones derivadas de los vastos recursos biológicos y culturales de Ecuador. En este contexto, se propone que los esfuerzos en curso de industrialización se vinculen a la exploración a largo plazo de su capital natural y cultural únicos y faciliten la participación ciudadana. Los recursos biológicos ecuatorianos pueden guiar el desarrollo de soluciones impulsadas por las prioridades locales en las áreas de agricultura sostenible, seguridad alimentaria, exploración de energía, medicina y calidad del medio ambiente, tanto en el sector público como privado. A largo plazo, Ecuador puede exportar estas experiencias para cumplir el objetivo de alcanzar una economía basada en el conocimiento común y abierto.

Destaquemos, en primer lugar, que ningún otro país tiene un capital natural tan denso como el de Ecuador y que ninguno ha invertido recientemente y de forma tan amplia en infraestructura y educación. En la actualidad, la (bio)tecnología y la economía convergen íntimamente a escala mundial. En este contexto, el capital natural y cultural de Ecuador puede generar conocimiento que transforme la matriz productiva y cognitiva tomando en cuenta pertinencias territoriales y culturales. Esto, a su vez, debe promover la exploración aplicada, el desarrollo sostenible y la conservación eficiente de los recursos biológicos ecuatorianos. Asimismo resultan vitales las colaboraciones en los niveles comunitario, institucional, nacional e internacional. El extraordinario y dinámico conocimiento de las comuni-

dades indígenas en el ámbito local y nacional, por ejemplo, aporta un valor incalculable a los esfuerzos de descubrimiento científico. Colaboraciones interinstitucionales y mecanismos de incentivos adecuados que mejoren la participación de los sectores académico y privado pueden conectar tecnologías rápidamente cambiantes con el conocimiento local dinámico y la economía global para cristalizar en la construcción de una economía del conocimiento basada en la investigación de la biodiversidad aplicada. Por lo tanto, se proponen recomendaciones mutuamente complementarias para acelerar el descubrimiento científico, proveer un desarrollo comercial y fortalecer las capacidades de investigación en Ecuador.

6.1. Políticas públicas

Conforme a lo indicado hasta aquí, nuestras recomendaciones incluyen, de manera sintética:

1. *Definición de las condiciones para la participación de las comunidades indígenas durante la divulgación y el desarrollo de saberes originarios.* Su participación implicaría el establecimiento y manejo de repositorios locales, autoridad en la toma de decisiones sobre los recursos relacionados con los saberes originarios, la difusión del conocimiento recogido en los repositorios entre las comunidades en sus lenguas nativas y el reconocimiento como autores/innovadores en colaboraciones recíprocas. Esta participación no solo es un mandato de los acuerdos internacionales, sino también del Decreto nº 905. Por lo tanto, no se requiere ninguna medida legislativa especial para alcanzar esta meta, sino más bien la ampliación de los mecanismos institucionales existentes previstos por el Decreto nº 905 y la clarificación de los titulares, sus derechos y sus responsabilidades durante el intercambio de materiales e información. En especial, una mejor definición de las prerrogativas del MAE, el IEPI y la Secretaría Nacional de los Pueblos, Movimientos Sociales y Participación Ciudadana es necesaria para garantizar el respeto de los derechos indígenas. Además, el desarrollo y la implementación de los protocolos relacionados con los recursos culturales, posible pero no necesariamente anclados en el modelo de conocimiento tradi-

cional común presentado en la sección 3.2.b, podría fortalecer aún más los derechos de adopción de decisiones y al mismo tiempo reducir los costos de transacción para los investigadores.

2. *Distinción efectiva de la investigación básica y la comercial, así como la definición del valor del recurso informacional asociado con la biodiversidad del Ecuador.* Aun si se ampliara el alcance de las exenciones de investigación (art. 2.4 Decreto nº 905) para establecer comités científicos que evalúen los requisitos de acceso y si fuera posible permitir el aplazamiento de los acuerdos de distribución de beneficios hasta que se puedan formular las peticiones respectivas, cualquier marco legal carece de posibilidades de éxito para controlar la biopiratería mientras se ignoren los protocolos de bioprospección y Ecuador carezca de las capacidades necesarias para hacer cumplir la regulación vigente en la materia. En cuanto a lo primero, las tecnologías de bioprospección mejoran a pasos agigantados: una muestra de menos de 10 gramos es suficiente para desarrollar tecnología comercial (Russell *et al.*, 2011, Colehour, 2014) y es logísticamente imposible controlar la transferencia de material biológico. De hecho, las regulaciones existentes obstaculizan no el trabajo de los biopiratas, sino de los científicos que quieren apegarse a los reglamentos existentes. Es más, actualmente no existe la capacidad de asignar una muestra de material biológico a una región geográfica determinada, es decir, demostrar que un recurso biológico se descubrió en una locación determinada resulta prácticamente imposible por el momento. En cuanto a lo segundo, la prioridad de Ecuador debe ser liderar la transición económica hacia modelos sustentables de generación científica y comercial de la mano de los recursos que solamente Ecuador posee. Esta transición requiere inversión en ciencia y tecnología, no políticas incoherentes con la realidad científica. En resumen, aun si todas las entidades con experiencia relevante en I+D, es decir, sociedades científicas, instituciones académicas y organizaciones de investigación privadas en Ecuador fueran parte de la gobernanza de la bioprospección, al momento, Ecuador no está en posición de hacer cumplir las leyes nacionales o internacionales que regulan el intercambio de material

biológico y/o que buscan una auténtica y verdadera distribución de los beneficios derivados de la bioprospección. En otros contextos, como Brasil (subsección 3.2.a) se han incorporado gradualmente y con éxito regulaciones para la gestión de recursos biológicos y genéticos adaptadas a las necesidades y realidades en I + D. De ahí que propongamos revisar la regulación vigente, de acuerdo con las Decisiones de la CAN 391 y 486, a fin de reflejar la cambiante realidad de la I + D en ciencia y tecnología. Finalmente, hay que recalcar que los marcos normativos locales y globales relativos a la administración y aprovechamiento del recurso biodiversidad no estarán completos hasta que contemplen exhaustivamente el valor económico de la información contenida en sistemas biológicos, hoy accesibles y aplicables a través de las herramientas que hacen posible la biología sintética: bioinformática, metagenómica y biología de sistemas.

3. *Robustecimiento de la colección y administración de recursos biológicos y culturales por parte del Instituto Nacional de Biodiversidad (INB) mediante la participación de redes locales de bioconocimiento.* Los repositorios biológicos y culturales deberían basarse en un régimen de conocimiento procomún abierto (subsección 3.1.b) pero protegido y monitorearse a escala nacional por el INB como lo establece el Decreto nº 245. Además, sería pertinente la participación de la SENESCYT y la Comisión de Biodiversidad de la Asamblea Nacional. En este contexto, es necesario identificar los recursos asociados con saberes originarios, es decir, los recursos culturales, con el objeto de acelerar la investigación cuando la participación de las comunidades indígenas no es obligatoria. Para lograr la operatividad de esta distinción, deben establecerse las condiciones para la gestión de los repositorios culturales de forma local por parte de expertos indígenas (arts. 43 y 44 del Decreto nº 905), de tal forma que se incentive la formación de redes locales de bioconocimiento. De esta manera, se puede asegurar que existe pertinencia territorial, cultural y ecosistémica en la gestión de los recursos culturales y que se consolidan las capacidades para una cultura biocéntrica. Cabe subrayar además que unas políticas públicas que apoyen la formación de redes locales de bioconocimiento aseguran el desarrollo de proyectos

productivos sustentables según los ecosistemas locales y fomentan la creación de proyectos DIYbio (sub-sección 3.1.a), escalables en el sistema de educación nacional.

6.2. Instituciones y programas en curso

Nuestra propuesta ha incluido recomendaciones específicas para la implementación de un marco normativo que regule el uso de la biodiversidad como sector estratégico de acuerdo al Plan Nacional del Buen Vivir 2013–2017, de tal forma que el bioconocimiento que se genere pueda ser eficaz al proceso de cambio de la matriz productiva. Estas recomendaciones deben ser consideradas en la implementación y funcionamiento de los siguientes proyectos y programas actualmente en desarrollo:

1. El Instituto Nacional de Biodiversidad, dentro del MAE, se verá fortalecido con la implementación de las recomendaciones en el presente documento para articular y potenciar todas las iniciativas nacionales de investigación y monitoreo de la biodiversidad.
2. La Estrategia Nacional de Biodiversidad (ENB, dentro del MAE), que integra las obligaciones del país frente al CDB la planificación nacional y políticas públicas ecuatorianas, deberá tomar en cuenta estas recomendaciones para la actualización de los Lineamientos Estratégicos Nacionales de Investigación Ambiental (LENIA²²) y del Sistema de Información de Biodiversidad (SIB²³).
3. La Universidad Regional Amazónica IKIAM (Ministerio Coordinador de Conocimiento y Talento Humano), que centra su investigación en áreas no intervenidas de la Amazonia Ecuatoriana, donde gran parte de la biodiversidad del país se encuentra concentrada.

22 Véase «MAE presentó los Lineamientos De Investigación Ambiental (Lenia)», 12-7-2013, disponible en <http://www.ambiente.gob.ec/mae-presento-los-lineamientos-de-investigacion-ambiental-lenia-en-guayaquil/> (último acceso, junio 2014).

23 Véase <http://www.ambiente.gob.ec/sistema-de-informacion-de-biodiversidad-del-ecuador-sib/>.

4. El Proyecto Nacional Arca de Noé (SENESCYT²⁴), que se encarga de la caracterización de especies en áreas protegidas e intenta generar un sistema centralizado de información taxonómica y genética cuya metodología se replicará a escala nacional.
5. El Programa Regional de Bioconocimiento de la Zona de Planificación 7-Sur²⁵, donde cooperan instituciones públicas²⁶ y privadas (Universidad Técnica Particular de Loja), organismos no gubernamentales (Naturaleza y Cultura Internacional) y comunidades en tres áreas principales: (1) la conservación de la biodiversidad, (2) la investigación básica y aplicada para la generación de bioconocimiento y (3) el desarrollo de la industria basada en bienes y servicios ecosistémicos.
6. El Programa Nacional de Biocomercio Sostenible²⁷ (MAE, Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones, EcoCiencia), que impulsa el desarrollo sostenible y la conservación de la biodiversidad de acuerdo con los objetivos de la CDB, mediante la promoción del comercio y las inversiones que potencien el uso de estos recursos, enfocándose en tres sectores principales: ingredientes naturales y productos terminados de la industria farmacéutica y cosmética, ingredientes naturales y productos terminados de la industria alimenticia y turismo sostenible. Proyectos de biología ciudadana, que también podrían impulsarse como parte de las estrategias del Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017. Bancos de semillas originarios para coleccionar, almacenar y conservar la diversidad genética de plantas nativas; laboratorios comunitarios para promover e incentivar la investigación científica local con pertinencia territorial y laboratorios móviles para difundir el aprendizaje de temas

24 Véase <http://intranet.senescyt.gob.ec/index.php/yo-me-informo/notas-secretaria/33-notas-secretaria/47-proyecto-arca-de-noe>

25 Véase Noticias Zamora (2011).

26 Entre ellas, Ministerio del Ambiente; Ministerio de Industrias y Productividad; Ministerio Coordinador de la Producción, Empleo y Competitividad; Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca, SENPLADES; Universidad Nacional de Loja; Universidad Técnica de Machala.

27 Véase <http://www.biocomercioecuador.ec/biocomercio-en-el-ecuador/programa-nacional-de-biocomercio-sostenible>.

relacionados a la naturaleza y biodiversidad en escuelas y colegios urbanos y rurales.

7. REFERENCIAS

- Abrell, E. (2009). *Implementing Traditional Knowledge Commons: Opportunities and Challenges*. Natural Justice. Recuperado a partir de http://naturaljustice.org/wp-content/uploads/pdf/Implementing_a_TKC-2009.pdf.
- Armijos, C., Cota, I., & González, S. (2014). Traditional medicine applied by the Saraguro yachakkuna: a preliminary approach to the use of sacred and psychoactive plant species in the southern region of Ecuador. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 10(1), 26. <http://doi.org/10.1186/1746-4269-10-26>.
- Barreto, D. W. (2012). The brazilian genetic heritage: protect it or use it commercially? *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 23(2), 194–196.
- Benkler, Y. (2006). *The wealth of networks. How social production transforms markets and freedom*. New Haven: Yale University Press.
- Boldrin, M., & Levine, D. K. (2013). The case against patents. *The journal of economic perspectives*, 27(1), 3–22.
- Cabrera Medaglia, J. (2007). Accessing and Sharing the Benefits of the Genomics Revolution, Springer. En P. W. B. Phillips & C. B. Onwuekwe (Eds.), *Bioprocessing partnerships in practice: a decade of experiences at INBIO in Costa Rica* (pp. 183–198). Dordrecht.
- Colehour, A. M., Meadow, J. F., Liebert, M. A., Cepon-Robins, T. J., Gildner, T. E., Urlacher, S. S., ... Sugiyama, L. S. (2014). Local domestication of lactic acid bacteria via cassava beer fermentation. *PeerJ*, 2, e479. <http://doi.org/10.7717/peerj.479>.
- Crespo, J. M., & Vila-Viñas, D. (2015). Comunidades: Saberes y conocimientos originarios, tradicionales y populares. En D. Vila-Viñas & X. E. Barandiaran (Eds.), *Buen Conocer - FLOK Society. Modelos sostenibles y políticas públicas para una economía social del conocimiento común y abierto en el Ecuador*. Quito: IAEN - CIESPAL. Recuperado a partir de <http://book.floksociety.org/ec/3/3-2-comunidades-saberes-y-conocimientos-originarios-tradicionales-y-populares>.
- Daly, J. W., Secunda, S. I., Garraffo, H. M., Spande, T. F., Wisnieski, A., Nishihira, C., & Cover, J. F., Jr. (1992). Variability in alkaloid profiles in neotropical poison frogs (Dendrobatidae): Genetic versus environmental determinants. *Toxicon*, 30, 887–898.
- Dedeurwaerdere, T., Broggiato, A., Louafi, S., Welch, E., & Batur, F. (2012). Global Scientific Research Commons under the Nagoya Protocol: Governing Pools of Microbial Genetic Resources. En E. Morgera, E. Buck, & E. Tsioumani (Eds.), *The Nagoya Protocol in Perspective: Implications for International Law and Implementation Challenges*. Brill/Martinus Nijhoff.
- Dosi, G., Marengo, L., & Pasquali, C. (2006). How much should society fuel the greed of innovators? On the relations between appropriability, opportunities and rates of Innovation. *Research Policy*, 35(8), 1110–1121.
- Drahos, P., & Braithwaite, J. (2002). *Information Feudalism: Who Owns the Knowledge Economy?*. New: Press.
- Dutta, S., & Awni, W. (2012). Population pharmacokinetics of ABT-594 in subjects with

- diabetic peripheral neuropathic pain. *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics*, 37(4), 475-480. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2710.2011.01325.x>
- Dutta, S., Hosmane, B. S., & Awni, W. M. (2012). Population analyses of efficacy and safety of ABT-594 in subjects with diabetic peripheral neuropathic pain. *The AAPS Journal*, 14(2), 168-175. <http://doi.org/10.1208/s12248-012-9328-7>.
- Filoche, G. (2012). Biodiversity Fetishism and Biotechnology Promises in Brazil: From Policy Contradictions to Legal Adjustments. *Journal of World Intellectual Property*, 15(2), 133-154.
- Filoche, G., & Foyer, J. (2011). La bioprospección en Brasil y México. ¿Un nuevo eldorado? Entre la inestabilidad de las prácticas y la permanencia de las representaciones. *Mundo Amazónico*, 2, 17-44.
- Fritze, D., & Oumard, A. (2013). *The Pan-European project Microbial Resource Research Infrastructure (MIRRI) has among its goals the elaboration of common policies for BRCs to comply with the Nagoya Protocol on Access and Benefit Sharing of the CBD*. Leibniz Institut DSMZ. Recuperado a partir de <http://biogov.uclouvain.be/iasc/doc/full%20papers/Fritze.pdf>.
- Guevara-Aguirre, J., Balasubramanian, P., Guevara-Aguirre, M., Wei, M., Madia, F., Cheng, C. W., ... Longo, V. D. (2011). Growth hormone receptor deficiency is associated with a major reduction in pro-aging signaling, cancer, and diabetes in humans. *Sci Transl Med*, 16(3), 70. <http://doi.org/10.1126/scitranslmed.3001845>.
- Guiza, L., & Bernal, D. (2013). Bioprospecting in Colombia. *Universitas Scientiarum*, 18(2), 153-164.
- Hardin, G. (2008). Tragedy of the Commons. En D. R. Henderson (Ed.), *Concise Encyclopedia of Economics. Library of Economics and Liberty* (2nd ed.). Recuperado a partir de <http://www.econlib.org/library/Enc/TragedyoftheCommons.html>.
- Heller, M. (1997). *The tragedy of the anti-commons. Property in transition from Marx to the markets* (Working Paper No. 40). William Davidson Institute, University of Michigan Business School.
- Heller, M. (2008). *The Gridlock Economy: How Too Much Ownership Wrecks Markets, Stops Innovation, and Costs Lives*. Basic Books.
- Hope, J. (2008). *Biobazaar: the open source revolution and biotechnology*. Cambridge, US: Harvard University Press.
- Ibish, P. L. (2005). Access and benefit-sharing regulations in Bolivia: consequences for research and biodiversity conservation. En U. Feit, M. von den Driesch, & W. Lobin (Eds.), *Access and Benefit-Sharing of Resources. Ways and means for facilitating biodiversity research and conservation while safeguarding ABS provisions* (pp. 65-73). Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- Jefferson, O. A., Ehrlich, T., & Jefferson, R. (2013). Transparency tools in gene patenting for informing policy and practice. *Nature Biotechnology*, 31, 1086-1093.
- Kamau, C., Fedder, B., & Winter, G. (2010). The Nagoya Protocol on Access to Genetic Resources and Benefit Sharing: What Is New and What Are the Implications for Provider and User Countries and the Scientific Community? *Law, Environment and Development Journal*, 6(3), 246-262.
- Kera, D. (2012). Hackerspaces and DIYbio in Asia: connecting science and community with open data, kits and protocols. *Journal of Peer Production*, 1(2), 1-8. Recuperado a partir de <http://peerproduction.net/issues/issue-2/peer-reviewed-papers/>.
- Kera, D. (2014). Innovation regimes based on collaborative and global tinkering: Synthetic

- biology and nanotechnology in the hackerspaces. *Technology in Society*, 37, 28–37.
- Kloppenborg, J. (2013). Re-Purposing the Master's Tools: The Open Source Seed Initiative and the Struggle for Seed Sovereignty. En *International Conference «Food Sovereignty: a critical dialogue»*, Conference Paper 56 (Vol. Conference Paper 56). Yale.
- Landrain, T., Meyer, M., Perez, A. M., & Sussan, R. (2013). Do-it-yourself biology: Challenges and Promises for an Open Science and Technology Movement. *Systems and Synthetic Biology*, 7(3), 115–126.
- Nature. (2013). The patent bargain. An open-source patent database highlights the need for more transparency worldwide. *Editorial, Nature*, 504, 187–188.
- Noticias Zamora. (2011, septiembre 19). Programa Regional de bioconocimiento. *La Hora Nacional*. Recuperado a partir de http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101207126/-1/Programa_Regional_de_bioconocimiento.html.
- Oldham, P. (2009). *The role of commons/open source licenses in the international regime on access to genetic resources and benefit-sharing* (Discussion Paper). Initiative for the prevention of biopiracy.
- Petrizzo, M., & Torres, J. (2015). Software: programas libres y de código abierto en la administración pública. En D. Vila-Viñas & X. E. Barandiarán (Eds.), *Buen Conocer - FLOK Society. Modelos sostenibles y políticas públicas para una economía social del conocimiento común y abierto en el Ecuador*. Quito: IAEN - CIESPAL. Recuperado a partir de <http://book.floksociety.org/ec/4/4-2-software-programas-libres-y-de-codigo-abierto-en-la-administracion-publica>.
- Presidencia República del Ecuador. (2013). Ecuador es el País que más invierte en Educación Superior en la región. Recuperado a partir de <http://www.presidencia.gob.ec/ecuador-es-el-pais-que-mas-invierte-en-educacion-superior-en-la-region/>.
- Quaye, W., Yawson, R. M., & Williams, I. E. (2009). Acceptance of biotechnology and social-cultural implications in Ghana. *African Journal of Biotechnology*, 8, 1997–2008.
- Rowbotham, M. C., Duan, W. R., Thomas, J., Nothhaft, W., & Backonja, M.-M. (2009). A randomized, double-blind, placebo-controlled trial evaluating the efficacy and safety of ABT-594 in patients with diabetic peripheral neuropathic pain. *Pain*, 146(3), 245–252. <http://doi.org/10.1016/j.pain.2009.06.013>.
- Ruiz, M. (2011). Un ensayo crítico del Protocolo de Nagoya sobre acceso a los recursos genéticos: problemas de definición y de fondo. *Anuario Andino de Derechos Intelectuales*, 7, 373–378.
- Russell, J. (2011). Biodegradation of Polyester Polyurethane by Endophytic Fungi. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(17), 6076–6084.
- Safrin, S. (2004). Hyperownership in a Time of Biotechnological Promise: The International Conflict to Control the Building Blocks of Life. *The American Journal of International Law*, 98, 641–685.
- Schüngel, M., Stackebrandt, E., Bizet, C., & Smith, D. (2013). MIRRI - The Microbial Resource Research Infrastructure: managing resources for the bio-economy. *Embnet.Journal. Bioinformatics in Action*, 19(1), 5–8.
- SENPLADES. (2013). *Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017*. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. Recuperado a partir de <http://www.buenvivir.gob.ec>.
- Soplin, S. P., & Muller, M. (2009). *The Development of an International Regime on Access to Genetic Resources and Fair and Equitable Benefit Sharing in a Context of New Technological*

- Developments* (No. 10). Initiative for the prevention of biopiracy.
- Torrance, A. W. (2012). DNA Copyright. *Valparaiso Law Review*, 46, 1–41.
- Tvedt, M. W. (2007). The Disclosure Obligation: Fair and Equitable Benefit Sharing? *Environmental Policy and Law*, 38(1-2), 100-107.
- Van Overwalle, G. (Ed.). (2009). *Gene Patents and Collaborative Licensing Models*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Villavicencio, A. (2014). *Innovación, matriz productiva y universidad*. Fundación Hernán Malo González. Corporación Editora Nacional.
- Vogel, J. H. (1995). La biodiversidad del Ecuador vale 20 millones de millones. *Gestión*, 17(11), 32–35.
- Vogel, J. H. (Ed.). (2000). *The Biodiversity Cartel: Transforming Traditional Knowledge into Trade Secrets*. CARE.
- Vogel, J. H. (2008). The unspeakable Economics of ABS. *Bridges*, 12(4), 22.

