

Biología agroambiental: un enfoque emergente frente a la crisis mundial

Agro-environmental biotechnology: an emerging approach
in the face of the global crisis

Camilo Torres^{1*}, Janeth Ortega², Manuel Francisco Polanco¹,
Juan Carlos Padilha³, Sandra Montenegro¹

Cómo citar este artículo: Torres-Romero, J. C., Ortega, J. Polanco, M. F., Padilha J. C. y Montenegro S., (2019). Biología agroambiental: un enfoque emergente frente a la crisis mundial. *Revista Ciencias Agropecuarias*, 6(1), 79-85. DOI: 10.36436/24223484.316

¹ Especialización en Biotecnología Agroambiental. Unad, Dosquebradas, Risaralda.

² Programa de Zootecnia. Unad, Bogotá.

³ ECAPMA ZOCC, Dosquebradas, Risaralda.

* Autor de correspondencia: jose.torres@unad.edu.co

Un contexto de la biología agroambiental

Desde la definición dada en el documento del Convenio sobre la Diversidad Biológica de las Naciones Unidas, en 1992, que define a la biología como “toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos, para usos específicos”, se ha conceptualizado el uso de la biología como herramienta para la generación de nuevas tecnologías que favorecen el desarrollo del sector agropecuario y agroforestal, entre otros. En tal sentido, la biología moderna se puede definir como una actividad que involucra diferentes disciplinas (la biología molecular, ingeniería genética, microbiología, genómica, inmunología, ingeniería ambiental y bioquímica, entre otras), que definitivamente deberían contribuir a resolver problemas de la humanidad en la medida

en que la evocamos, como el resultado histórico para solucionar inconvenientes de impacto relacionados con desnutrición, con contaminación, con ecosistemas destruidos, con demanda creciente de alimentos y de agua, con sostenibilidad de recursos energéticos y agroforestales, y con suplir necesidades básicas en salud y vivienda para una población creciente.

Sin embargo, a pesar de que la biotecnología moderna incursionó en el mundo ya hace más de 50 años con la promesa de resolver problemas de origen antrópico, tales como el crecimiento demográfico, el hambre y la desnutrición, la deforestación, el uso ineficiente del suelo, la necesidad de producir energía limpia y, más recientemente, el calentamiento global y la búsqueda de vacunas, la biotecnología no ha resuelto de manera definitiva ninguno de ellos, pero sigue teniendo un papel fundamental en la sociedad moderna como herramienta para el desarrollo.

La experiencia de este último medio siglo resultó en importantes avances para aumentar la esperanza de vida humana a expensas de

un deterioro de los recursos naturales; en ese sentido, el desarrollo tecnológico y su relación implícita con el consumo requiere entonces la construcción de sujetos que ejerzan la ciencia de una manera ética. Entonces y ante la necesidad de construir herramientas conceptuales y metodológicas que sean útiles para la generación de nuevos paradigmas, proponemos el concepto de biotecnología agroambiental como el ejercicio por el cual se utilizan organismos y moléculas provenientes de estos, de manera inteligente, respetuosa y sustentable, para producir tecnología eficaz, limpia y competitiva que responda a solucionar problemas del sector agropecuario, industrial, medioambiental y agroambiental (Figura 1). Se entiende este último, como una perspectiva intersectorial que desde el territorio consigue proponer alternativas de solución frente a problemas ambientales causados por los sistemas de producción agrarios en el contexto en el que se desarrollan, tal como fue acuñado en el proceso de formulación de la Especialización en Biotecnología Agroambiental de Universidad Abierta y a Distancia (Unad) en 2018 (1).



Figura 1. Acontecimientos relevantes para la conceptualización de la biotecnología agroambiental.

La biotecnología en Colombia

A pesar de que la biotecnología estaba siendo utilizada para resolver problemas ambientales relacionados con el consumo desde los años, solo hasta la década de los 90 se empezó a utilizar en Colombia, concentrándose, en centros de investigación, institutos y universidades, pero sin articularse aún al sector productivo. Desde 1997, se inició formalmente la investigación en biotecnología hacia la investigación agropecuaria en la rama de la sanidad agrícola, principalmente en los cultivos de café, plátano, banano, flores, etc. En la rama clínica, la investigación se orientó hacia enfermedades tropicales con alta incidencia

en el país, tales como malaria, leishmaniasis y chagas (2).

Con la presentación del Plan Nacional de Desarrollo 1999-2002, se promovió la transferencia de tecnología y la generación de políticas que fomentaran la inversión de capital en biotecnología, promoviendo, además, la formación del recurso humano para formar equipos de trabajo en todas las instituciones dedicadas al desarrollo biotecnológico. De acuerdo con el plan anteriormente mencionado, se pueden indicar a continuación las áreas beneficiadas para el desarrollo en biotecnología (Tabla 1):

Tabla 1. Áreas beneficiadas para el desarrollo de la biotecnología según el Plan Nacional de Desarrollo 1999-2002 (1).

Área específica	Temáticas por desarrollar
Salud humana	Diagnóstico, prevención y tratamiento de problemas de salud de importancia nacional.
Sector agrícola	Estudios genómicos, fitomejoramiento, biopesticidas y biofertilizantes.
Sector pecuario	Mejoramiento animal, diagnóstico, tratamiento y prevención de patologías del sector ganadero en Colombia.
Sector industrial	Aplicación de biotecnología para mejoramiento de productos o procesos.

Con la creación del Plan Nacional de Desarrollo 2002-2006, se da un nuevo avance en el campo de la biotecnología colombiana debido a que se resalta la gran biodiversidad y los recursos genéticos existentes en el país, los cuales, según el documento, podrían ser aprovechados en investigación biotecnológica; en el mismo año, Colombia ingresa a ser parte de los países que utilizan los organismos genéticamente modificados con la siembra del clavel azul.

En 2003 fue aprobada la siembra en Colombia de algodón genéticamente modificado y en 2007 se siembra el maíz genéticamente modificado mediante el esquema de siembras controladas (3). A finales de 2009, se aprueba en Colombia la siembra comercial de rosas azules y en 2011 con el documento Conpes 3697 elaborado por el Departamento Nacional de Planeación, el Gobierno colombiano aborda explícitamente la importancia de la biotecnología como una

herramienta con potencial para el desarrollo en un territorio megadiverso y traza las políticas para el desarrollo comercial de la biotecnología a partir del uso sostenible de la biodiversidad. En 2018, se promueven los avances en biotecnología y en bioprospección iniciados en la Reserva de Biosfera Seaflower, según el plan nacional de desarrollo vigente.

Por otro lado, la bioinformática en Colombia surge con los análisis del grupo de farmacia de la Facultad de Química de la Universidad Nacional. El profesor Emiliano Barreto, del Instituto de Biotecnología, lideró la generación del nodo colombiano EMBnet (European Molecular Biology network) que fue avalado por la comunidad internacional en 2002, cuyo principal interés de investigación está basado en la descripción de las enzimas betalactamasas y en entender la resistencia de los antibióticos betalactámicos; para ello, el grupo del profesor Barreto ha creado diversos recursos bioinformáticos como BLEE (<http://bioinf.ibun.unal.edu.co/servicios/BLEE>) y BLA.id (<http://bioinf.ibun.unal.edu.co/BLA.id>), con los cuales se organiza y sistematiza el amplio espectro de las enzimas en diversos microorganismos (1,4).

El área de patología de plantas ha permitido el desarrollo de la biología computacional y bioinformática en Colombia; como ejemplo, el café ha sido uno objeto de investigación permanente desde los años 80 y gracias a estas y otras investigaciones, se ha construido una plataforma para el almacenamiento y análisis de datos genómicos, que ha sido alimentada desde el 2000, y cuyo objetivo principal es el de proveer a investigadores con herramientas de acceso gratuito para análisis de genomas, incluso sin la necesidad de previos conocimientos en programación o manejo de bases de datos de esta índole. Esta investigación le ha permitido a Colombia ser líder en conocimiento genómico del café y sus variedades.

La Universidad de los Andes es abanderada en la utilización de biología computacional aplicada a problemas agrarios, y cuenta con un grupo de investigación del patógeno *Phytophthora infestans* en tomate y además de patologías y mejoramiento genético de la casava. Otros grupos de amplio desarrollo en bioinformática en el país son liderados por Pedro Moreno de la Universidad del Valle y Patricia Vélez de la Universidad del Cauca, quienes se dedican a entender secuencias de ADN de diversos organismos, basados en la teoría del caos y en general al desarrollo de diversas herramientas bioinformáticas que ayuden a resolver y entender problemas biológicos. Estos ejemplos sirven de ilustración para contextualizar la disponibilidad de recursos actuales y la amplia posibilidad de enseñanza, desarrollo e investigación, que brindan la bioinformática y la biología de sistemas en el país (1).

El manejo de recursos genéticos hasta hace poco tiempo fue una limitante debido a los impedimentos legales para su uso. Sin embargo, en la actualidad la gran cantidad de información genética relacionada con bases de datos ha abierto caminos para la investigación y aplicación de la biotecnología en Colombia. El Gobierno colombiano ha promulgado los decretos 1375 de 2013 y 1376 de 2013 del Ministerio de Ambiente, los cuales definen la actividad de investigación científica básica y facilitan el manejo de la información e investigación provenientes de análisis genéticos; además, y por fortuna en este sentido, se expide la Resolución 1348 de 2014 en la cual se definen las actividades de bioprospección y su aprovechamiento comercial e industrial con fines de lucro.

En este contexto es prospectivo entender a la bioinformática como una herramienta poderosa para abordar problemáticas agroambientales que desde supuestos teóricos y el manejo de bases de datos, pueden permitir el desarrollo *in situ*

de la solución de problemas desde un enfoque territorial.

Oportunidades y tendencias en el ámbito del ejercicio profesional

Respecto a la formación del talento humano en biotecnología, en Colombia se reportan dos programas de pregrado, ocho especializaciones, oncemestrías y tres programas de doctorado, que considerando las oportunidades para el país son todavía insuficientes. En ese sentido, se registran 114 grupos de investigación reconocidos por Colciencias en temas agropecuarios, de salud, de farmacia, ambientales e industriales y uno solo para biotecnología agroambiental.

Según datos consultados en el Observatorio Laboral para la Educación (7), la tasa de profesionales con posgrado vinculados laboralmente para el período comprendido entre los años 2012 a 2018 fue en media de alrededor del 92 %. Sin embargo, las potencialidades trascienden las oportunidades del contexto laboral, y Colombia es un país agropecuario, con gran potencial de expandir su área agrícola sin afectar el área de bosques naturales (5). Además, de acuerdo con el Censo Agropecuario Nacional publicado en el 2015, del total del área (42.3 millones de hectáreas) dispersa correspondiente al uso agropecuario (Unidades de Producción Agropecuaria - UPA), el 80 % se dedicó a la actividad pecuaria (pastos), el 19.8 % a la actividad agrícola y el 0.3 % a infraestructura agropecuaria. No obstante, existen aproximadamente 19 millones de hectáreas destinadas a la producción pecuaria, que no han sido utilizadas para tal fin (1).

En cuanto a la producción pecuaria, el inventario del Censo Pecuario Nacional del 2016 indica que en el territorio colombiano existen 22 689 420 bovinos, 5 094 664 porcinos, 157 135 371 aves, 248 893 búfalos y 1 423 274 ovejas. Estas cifras evidencian que Colombia cuenta con un gran potencial para contribuir a la disminución de la desnutrición por sus condiciones agroecológicas, las cuales favorecen la implementación de sistemas productivos pecuarios, que por un lado colaboran con la oferta de proteína de origen animal en los ámbitos nacional e internacional, pero que por otro lado afectan de forma definitiva el ambiente (5). A continuación, se exponen los desafíos que se pueden abordar desde la biotecnología agroambiental:

Producción de mayor cantidad de alimentos para una población creciente. Se espera que para el 2050, el 70 % de la población mundial estará ubicado en grandes ciudades. Se prevé que el actual consumo medio de calorías, que se encuentra en 3050 kcal/persona, aumente hasta en un 10 %, lo que representará en el futuro una mayor producción de cereales; de igual manera, se estima que incrementará el consumo de carne, que en la actualidad llega a ser igual o superior a 52 kg/persona. También se espera que la población mundial crezca por encima de los 9 billones de personas (6). Para incrementar la oferta de proteína proveniente de la carne o la leche bovina, la forma más fácil y en la cual se pueden observar en forma rápida incrementos en la producción ganadera bovina, es por medio de ajustes en la nutrición y en una alimentación debidamente planificada, en las cuales se deben emplear las innovaciones tecnológicas provenientes de la biotecnología, tales como: utilización de microorganismos eficientes, junto con el uso de los mánanos oligosacáridos y las enzimas exógenas.

Cambio climático

Es bien reconocido que el éxito de la agricultura depende de la adaptación al cambio climático, sin embargo, actualmente el cambio climático generado por la alteración de ciclos geológicos relacionados con el carbono presenta grandes retos para el desarrollo de la agricultura debido a que ya no se trata de adaptarse a las variaciones climáticas naturales, sino que existen variaciones con frecuencia y magnitud extremas que están modificando las condiciones medias del clima, ante lo cual el proceso neto de adaptación se limita; así entonces, quienes serán los más afectados se encuentran en los países en donde la agricultura determina un renglón importante de su economía, como son los de América Latina y el Caribe. En este sentido, es urgente definir acciones que propongan programas y políticas intencionadas a favorecer la adaptación al cambio climático, con el objetivo de mitigar y prever sus efectos en el contexto de la emergente agricultura eficiente (8).

Producción de bioinsumos

Debido a los problemas anteriormente planteados, se visualiza la necesidad de utilizar insumos agrarios derivados de materiales

generados en la finca desde una perspectiva prospectiva (bioprospección), elaboración de fertilizantes orgánicos, bioinsumos y extractos orgánicos, como alternativas para bajar la huella de carbono. De igual manera, se tiene la imperativa necesidad de desarrollar combustibles no derivados del petróleo.

Teniendo en cuenta el contexto en el que se desarrolla la biotecnología en Colombia, la pertinencia de un enfoque agroambiental, que en definitiva consiste en uno que desde el inicio de la actividad antrópica en el contexto de producción agropecuaria evalúa el impacto sobre los ecosistemas, la disponibilidad y viabilidad de la utilización de *software* y bases de datos, el marco legislativo y las necesidades descritas anteriormente, se plantea este artículo de opinión como una herramienta que pretende favorecer la apropiación y promoción de la investigación y el desarrollo tecnológico en diferentes sectores, desde una perspectiva armónica entre sociedad, cultura, biotecnología y satisfacción de necesidades. Entendemos que para generar aprendizaje significativo desde la perspectiva agroambiental se requiere que la biotecnología adquiera funcionalidad conceptual y metodológica en contexto, lo cual se manifestará en definitiva en la apropiación conceptual y del papel que ejercen los investigadores para solucionar problemas sentidos de la sociedad.

Referencias

1. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (Unad). Documento maestro de la Especialización en Biotecnología Agroambiental. Bogotá, Colombia. 2018.
2. Forero Acosta G. Estado del arte de la biotecnología en Colombia. 2011. Disponible en: <https://doi.org/10.21158/9789588153711>
3. Giraldo AC. Cultivos transgénicos: entre los riesgos biológicos y los beneficios ambientales y económicos. *Acta Biológica Colombiana*. 2011;16(3):231-251. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/19986/27963>
4. Restrepo S, Pinzón A, Rodríguez LM, Sierra R, Grajales A, Bernal A, et al. Computational biology in Colombia. *PLoS Comput Biol*. 2009;5(10):e1000535. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1000535>
5. Gómez-Álvarez LE. El financiamiento en el sector agropecuario, oportunidades para la agroindustria. *Revista Palmas*. 2014;35(3):71-76. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/10988>
6. Food and Agriculture Organization of the United Nations. La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050. Cómo alimentar al mundo 2050. Foro de expertos de alto nivel. 2009. Roma, Italia, 12-13 sep. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_SP/La_agricultura_mundial.pdf
7. Ministerio de Educación Nacional. Observatorio Laboral para la Educación. Bogotá, Colombia. Disponible en: <https://www.mineducacion.gov.co/portal/micrositios-institucionales/Sistemas-de-Informacion/Educacion-Superior/156290:Observatorio-Laboral-para-la-Educacion>
8. Organización de las Naciones Unidas. Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. 2015. Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015, 17-30 sep. Nueva York, EE. UU.