

Biocontroladores: una alternativa para el agro

Biocontrollers: an alternative for agriculture

Pablo Roberto Vela Núñez¹, Julio Amilcar Pineda Insuasti², Astrid Stefanía Duarte Trujillo³

¹ Universidad Técnica del Norte (UTN), Ibarra, Ecuador.

² Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA), Ibarra, Ecuador.

³ CasOrellana, Andalucía, Colombia.

Autor para correspondencia: velapablo1981@gmail.com

Recibido: octubre 21 de 2019

Aceptado: diciembre 23 de 2019

RESUMEN

La demanda mundial de alimentos está creciendo continuamente y los patrones de consumo se están inclinando hacia lo ecológico, inocuo y orgánico; por lo que la agricultura sostenible está en auge. El objetivo de este trabajo es describir cómo los biocontroladores permiten responder sosteniblemente a la demanda mundial de alimentos, destacando su importancia en el crecimiento agrícola del Ecuador. Una revisión exhaustiva de la literatura permitió concluir que el control biológico constituye una alternativa viable en el Ecuador ya que el marco legislativo le promueve, el país es altamente biodiverso y la economía agrícola está en crecimiento.

PALABRAS CLAVE: bioinsumos, sostenibilidad, agricultura, biotecnología aplicada.

ABSTRACT

The world demand for food is growing continuously and consumption patterns are leaning towards the ecological, innocuous and organic; so sustainable agriculture is booming. The objective of this paper is to describe how biocontrollers can sustainably respond to the global demand for food, highlighting its importance in the agricultural growth of Ecuador. An exhaustive review of the literature allowed to conclude that biological control constitutes a viable alternative in Ecuador since the legislative framework promotes it, the country is highly biodiverse and the agricultural economy is growing.

KEYWORDS: bioinsumers, sustainability, agriculture, applied biotechnology.

INTRODUCCIÓN

El ensayo sobre el Principio de la Población (Malthus, 1846) que afirma que la población aumenta exponencialmente mientras los alimentos se producen linealmente, alarmó a la comunidad internacional, al igual que la obra de Ehrlich (1968) denominada la Explosión Demográfica o la Bomba P, que predecía una hambruna masiva a causa del aumento

poblacional. A partir de allí los gobiernos implementaron políticas demográficas para frenar el aumento explosivo de la población, dado durante la primera mitad del siglo XX. Además, el auge de la revolución verde, que consistía en la siembra de variedades mejoradas de plantas y el uso de agroquímicos, permitió el aumento de los rendimientos de los cultivos (Sumpsi, 2012). No obstante, polémicas se desataron sobre la pertinencia de

emplear agroquímicos para obtener estos resultados, ya que estudios afirmaron que la mala gestión de los agro-insumos afecta negativamente el medio ambiente y la salud de los trabajadores.

El objetivo de este artículo es describir cómo los biocontroladores permiten responder sosteniblemente a la demanda mundial de alimentos, destacando su importancia en el crecimiento agrícola del Ecuador.

LA CRISIS DE LOS PLAGUICIDAS

Una plaga es cualquier planta, animal o microorganismo que aumenta su densidad de tal manera que perjudica directa o indirectamente al ser humano; para el caso de la agricultura, la afección se traduce en pérdidas económicas (Brechelt, 2010). Un pesticida o plaguicida es cualquier sustancia o mezcla de sustancias cuyo fin es prevenir, destruir o controlar cualquier plaga (WHO & FAO, 2010). El término plaguicida abarca una amplia gama de compuestos como insecticidas, fungicidas, herbicidas, raticidas, molusquicidas, nematocidas, reguladores del crecimiento de las plantas y otros (Aktar, Sengupta, & Chowdhury, 2009).

Los plaguicidas constituyen contaminantes persistentes porque pueden encontrarse volatilizados en el aire, la lluvia, las nubes y la neblina, representando un riesgo para los seres vivos no objetivo (Kommanet, 1998) (Aktar, Sengupta, y Chowdhury, 2009). Una forma de cuantificar el impacto de dichos químicos es mediante el método de evaluación del ciclo de vida medioambiental (Margni, Rossier, Crettaz, & Jolliet, 2002).

El desequilibrio en el ecosistema de los cultivos agrícolas incide negativamente en la calidad de vida de los agricultores y la salud de los consumidores (Duarte, 2012). La alimentación es la fuente de mayor nivel de exposición a residuos de pesticidas para los humanos; se reporta que es alrededor de 10^3 a 10^5 veces

mayor que a la exposición en el aire y el agua (Margni, Rossier, Crettaz, y Jolliet, 2002). Está reportado que muchas de las llamadas “nuevas enfermedades” son generadas por la inadecuada calidad de los alimentos (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2002) y que los factores ambientales son responsables de más del 24 % de la carga mundial de enfermedad y de alrededor del 36 % de las muertes de los niños (Prüss-Üstün y Corvalán, 2005).

En los animales no diana, los plaguicidas inducen efectos adversos en las funciones reproductivas e inmunológicas; en plantas no diana provocan disminución de los rendimientos y mayor susceptibilidad a enfermedades; y en el suelo ocasionan pérdida de fertilidad, al resultar mortales para los microorganismos benéficos que participan en los ciclos de carbono y nitrógeno. Los plaguicidas constituyen contaminantes persistentes, exposición prolongada a estos químicos puede ocasionar en el ser humano trastornos cardiopulmonares, neurológicos y hematológicos, enfermedades de la piel (Pingali, Marquez, Palis, y Rola, 1995), alteraciones endocrinas (Campos y Freire, 2016), hiperlipidemia en fetos (Monteagudo *et al.*, 2016), entre otros malestares.

Con el paso del tiempo, las plagas se han hecho resistentes a los pesticidas, haciendo necesario el empleo de dosis de más grandes para lograr el mismo efecto, lo que genera mayores costos de producción por concepto de aumento de los requerimientos de agroinsumos y mayor liberación de estos compuestos contaminantes al ambiente (Laxminarayan, 2003).

Los pesticidas de mayor impacto son endosulfán, clorpirifós, cipermetrina (Ronco *et al.*, 2008), lambdacialotrina, carbofurano y fipronil (Vieira, Noldin, Deschamps, y Resgalla, 2016).

SITUACIÓN GLOBAL

En vista del disímil crecimiento poblacional con respecto a la producción de los alimentos y su inequitativa distribución, se creó el Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA) en 1994, con el objetivo de reducir la incidencia del hambre y la malnutrición en países en desarrollo (FAO, 2003). Este fue el abrebocas para que en noviembre de 1996 se realizara en Italia la primera Cumbre Mundial sobre la Alimentación, donde representantes de 185 países y de la Comunidad Europea se reunieron en torno a un tema principal: la erradicación del hambre. Bajo el marco de este evento se firmó la Declaración de Roma sobre la seguridad alimentaria mundial, donde los países se comprometieron a consagrar su voluntad política y a realizar un esfuerzo común y constante para erradicar el hambre de todos los países, con el objetivo inmediato de reducirla a la mitad para el 2015 (FAO, 1996). Estas intenciones se reafirmaron años más tarde durante la Declaración del milenio, donde se establecieron los ocho objetivos del milenio, entre los cuales se destaca la erradicación del hambre y la garantía de la sostenibilidad ambiental (ONU, 2000). En la Cumbre Mundial sobre la Alimentación del año 2009 se reconoció la importancia de la agricultura sostenible como una forma de aumentar la producción sin afectar el medio ambiente, y se manifestó el compromiso de los países para gestionar políticas que permitan a los pequeños agricultores acceder a tecnologías agrícolas sostenibles mediante créditos, subvenciones, capacitaciones, entre otras estrategias. Lo anterior para lograr un mejor aprovechamiento de los recursos naturales, y a la vez se proteja y se conserve el medio ambiente (FAO, 2009a). La agricultura sostenible es la consolidación de tres objetivos principales: la salud ambiental, la rentabilidad económica y la equidad social. Puede lograrse mediante la aplicación de diversas prácticas agrícolas como la diversificación de los cultivos, la diversidad genética, la gestión integrada de los nutrientes, la gestión

integrada de plagas, la gestión sostenible del agua, la tecnología poscosecha y programas de extensión de sonido (Verma, Jaiswal, Meena, Kumar, y Meena, 2015).

A pesar del enorme esfuerzo hecho durante el primer quindenio del siglo XXI, todavía existen 800 millones de personas en situación de desnutrición crónica a nivel mundial (ONU, 2015); sumado a esto, la población mundial ha aumentado el 29% en los últimos 30 años (Banco Mundial [BM], 2016), mientras que el consumo de alimentos por persona, en términos calóricos, lo ha hecho el 17% (Alexandratos y Bruinsma, 2012). Es paradójico que aumente el consumo calórico por persona, pero todavía persista la desnutrición en países en desarrollo, lo que se debe principalmente a la inequitativa distribución de los alimentos. A escala mundial, hay comunidades donde el alimento es insuficiente y provoca estados de desnutrición severa, mientras en otras las dietas son hipercalóricas, conduciendo a su población a la obesidad (van Mil, Foegeding, Windhab, Perrot, y van der Linden, 2014).

Se estima que para el año 2050 la población mundial aumentará un 35%, y que la población urbana pasará del 49 % al 70 %; por lo cual la producción mundial de alimentos debe aumentar un 70 % y duplicarse en los países en desarrollo, teniendo en cuenta que cada vez es menos la población rural (Sumpshi, 2012). Además, el consumo de alimentos por persona aumentará un 11 % para 2050 (Alexandratos y Bruinsma, 2012), lo que enfatiza en la necesidad de aumentar la producción agrícola para responder a la demanda mundial de alimentos. Según previsiones de FAO (2009), el 90 % del aumento de la producción para el año 2050 procederá del aumento del rendimiento de los cultivos, mientras el porcentaje restante corresponderá a un aumento de la superficie cultivada, lo que resulta en una disminución de la superficie agraria por habitante en un contexto de escasez de recursos (agua,

tierra...) y cambio climático (Karunasagar y Karunasagar, 2016).

Retos mundiales como la seguridad alimentaria, los cambios ambientales a nivel mundial y la desnutrición necesitan un enfoque multidisciplinario para abordar los problemas asociados con ellos (Karunasagar y Karunasagar, 2016). Sumpsi (2011) menciona que los progresos para afrontar dichos retos se verán obstaculizados por los impactos del cambio climático en la productividad agraria, la resistencia de las plagas a los plaguicidas y el aumento de la utilización de materias primas agrarias como insumos para la producción de biocombustibles. Además, el crecimiento de la productividad para el 2050 será de alrededor del 0,8 % anual, en contraste con el 2,1 % anual reportado durante la primera década del siglo XXI (FAO, 2009; OCDE/FAO, 2013; Montealegre y Pérez, 2015).

La FAO estima que las pérdidas en producción a causa de diferentes plagas oscila entre el 20 y 40 %, siendo predominantes en Asia, África y Sudamérica, cuyo participación en las pérdidas mundiales es del 43%, 42% y 33% respectivamente (UNAD, 2001). En los cultivos de arroz las pérdidas pueden llegar hasta el 51% (Oerke y Dehne, 2004).

Sumado a la necesidad de aumentar los rendimientos en la agricultura y a las restricciones referente a la superficie de cultivo; las nuevas exigencias del mercado en términos de inocuidad y ecología reflejan la necesidad de impulsar e implementar tecnologías sostenibles que permitan aumentar la producción agrícola mediante el aumento de la productividad y el Manejo Integrado de Plagas (MIP) y enfermedades, causantes de muchas pérdidas económicas a los productores de alimentos. El MIP se enfrenta a retos tanto externos como internos, en el primer grupo se encuentra el aumento de las necesidades para el control de plagas debido al cambio climático, el desarrollo de resistencia de estas plagas a los pesticidas, y la

complejidad para diseñar estrategias sostenibles eficaces para su control (Lamichhane *et al.*, 2016; FAO, 2009b).

La implementación de agentes de control biológico en las prácticas agrícolas ha incrementado en los últimos años, principalmente en los países desarrollados, mientras que en los países en desarrollo ha sido escasa (Murillo, Rueda, García, y Ruiz Espinoza, 2010). Se reporta que los países en desarrollo consumen el 70 % de los agroquímicos del mundo (Alexandratos y Bruinsma, 2012), y el aumento de consumo es del 5,4 % anual (Oerke y Dehne, 2004), lo cual es alarmante. Este comportamiento erróneo se debe principalmente a: la necesidad de asegurar su supervivencia económica; la ignorancia sobre la insostenibilidad del uso de plaguicidas; la falta de diagnóstico del estado de su salud por exposición a estos químicos, ya que usualmente suele atribuir sus enfermedades a otras causas. Además, muchas variedades de plantas mejoradas están adaptadas al uso de estos químicos para obtener altos rendimientos, por ejemplo, las variedades de plantas RR. Lo que desconocen los productores es que el retorno de inversión en tecnologías orgánicas (como el uso de biocontroladores) es constante mientras el de tecnologías convencionales (como el uso de pesticidas) presenta un aumento exponencial inicial del retorno de inversión y luego un declive abrupto, puesto que con el tiempo deteriora la calidad de los recursos naturales y habría que invertir más dinero en su recuperación (Wilson y Tisdell, 2001).

Es necesario implementar estrategias de promoción para su implementación, ya que todavía gran cantidad de productores agrícolas de países en desarrollo emplean pesticidas y fertilizantes, cuyo carácter tóxico y persistente ya ha sido comprobado en varios estudios (Alexandratos y Bruinsma, 2012).

AMÉRICA LATINA

América Latina y el Caribe (ALC) contribuyen al 11 % de la producción mundial de alimentos y poseen el 24 % de las tierras cultivables del mundo (IDB, 2016). La tasa de crecimiento anual del sector agrícola en los últimos tres años fue del 2,9 %, superior al crecimiento de la economía (2,6%); lo que se debió principalmente al crecimiento de la productividad, que correspondió a 2,2 puntos porcentuales del aumento reportado en la producción agrícola (3,2 %), mientras el punto porcentual restante se debió a la expansión de la superficie de cultivo. Dicho crecimiento fue notorio principalmente en Sudamérica, donde se presentaron elevados volúmenes de cereales y oleaginosas durante 2013-2014, que a diferencia de Centro América presentó condiciones climáticas favorables. En cuanto a comercio internacional, ALC presentó disminución de sus exportaciones agroalimentarias en un 2,5% mientras sus importaciones lo hicieron un 8% a causa de la fuerte competencia con países africanos y China, que han presentado un ritmo de crecimiento acelerado durante los últimos años. ALC es la región que ha presentado más pérdida de dinamismo; seguida de Asia, sin incluir China. (CEPAL, FAO, y IICA, 2015).

Pese a estos inconvenientes, los países de la región han realizado esfuerzos importantes para incrementar la productividad agrícola y el valor agregado de los productos. El incremento de la productividad fue posible gracias a la adopción de tecnologías e innovaciones como la utilización de organismos genéticamente modificados (OGM), tecnologías de labranza cero, producción bajo ambientes protegidos, principalmente. También hubo un aumento del grado de concientización de los productores agrícolas sobre el cambio climático y la necesidad de producir utilizando métodos más ecológicos para lograr un crecimiento estable y sostenido del sector. Por tanto, se ha visto un aumento del uso de

bioinsumos, que todavía no es generalizado, pero será tendencia durante los años venideros, logrando así responder a una creciente demanda de productos orgánicos y gourmet (CEPAL *et al.*, 2015).

ECUADOR

La agricultura es uno de los ejes principales sobre los que se desenvuelve la economía nacional (Monteros Guerrero, Sumba Lusero, y Salvador Sarauz, 2013), durante la última década ha representado el 8 % del Producto Interno Bruto (PIB) agropecuario con un crecimiento del 4 % al año. Se fundamenta principalmente en la producción de banano, café, cacao, flores y actividades pecuarias; donde más del 50 % es exportable. El valor de las exportaciones agropecuarias cuadruplica el de las importaciones y se ha visto sustentado por el aumento de la productividad en un 6 % durante el 2015 y el de la producción nacional en un 4 % durante 2015 y un 54 % durante los últimos diez años. Este posicionamiento del sector agropecuario en la economía nacional durante el año 2015 ha sido posible gracias a las políticas gubernamentales que permiten un mayor acceso a los agro insumos y crean un mercado favorable para el productor ecuatoriano. Para el año 2015 se reportó un crecimiento del 7,4 % en el Índice de Precios al Productor (IPP), que incentiva al productor ecuatoriano y garantiza la sostenibilidad de la producción; disminuciones del 11 % para el Índice de Fertilizantes (IPF) y del 0,3 % para el Índice de Agroquímicos (IPI), teniendo en cuenta que todos los pesticidas tendieron al alza con excepción de los herbicidas. Es necesario resaltar que la contribución promedio de los fertilizantes al costo de producción del agricultor es del 22 % mientras la de los agroquímicos es de tan sólo el 6,7 % (Monteros Guerrero y Salvador Sarauz, 2015).

Los pesticidas empezaron a emplearse durante la segunda mitad del siglo XX, muchos de los cuales provenían de subvenciones estatales en respuesta a la llamada "Revolución verde" que

pretendía aumentar la productividad del agro para poder responder a la creciente demanda mundial de alimentos. Con el tiempo se fueron comprobando los efectos nocivos de estos químicos en el ambiente y la salud de los trabajadores, quienes lo desconocían (Grieshop y Winter, 1989). Un estudio afirma que las principales causas de que se siga empleando estos químicos pese a que se conozca su impacto negativo en el medio ambiente y la salud son: falta de conocimientos sobre el manejo de pesticidas, tecnología obsoleta y mayor prevalencia dada al ámbito económico sobre la salud humana (Love y Pollanis, 2015).

En vista de la necesidad de aumentar la productividad agrícola y de que el Plan Nacional Para el Buen Vivir plantea garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global, así como consolidar el sistema económico social y solidario, de forma sostenible (SENPLADES, 2013), es recomendable la Gestión Integrada de Plagas con agentes biológicos.

ZONA 1

Esta situación ha afectado principalmente a Carchi cuyos cultivos de papa han sido confiados a los pesticidas desde 1960. Entre los principales pesticidas empleados se reportó el uso de fungicidas como ditiocarbamatos de metales e insecticidas como organofosforados y carbofuranos, que se aplicaban sin medidas de protección por diversas razones como la presión social en términos de masculinidad, y limitaciones de calidad, disponibilidad y costo, lo que desencadenaba en cuadros clínicos de toxicidad. Adicionalmente, las prácticas de disposición de desechos contaminaban otros lugares no objetivo. Por tanto, el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) realizó a finales de siglo talleres de capacitación a los campesinos; abarcando temas como la dosificación de los pesticidas, las buenas prácticas a la hora de

manipular estos químicos y el control biológico, logrando mantener el mismo nivel de producción de papa con la mitad de los gastos en pesticidas y fertilizantes. Posteriormente se realizó la reunión titulada "El impacto de los plaguicidas en la Salud, la Producción y el Medio Ambiente", donde participaron 105 representantes del gobierno, industria, organizaciones de desarrollo, comunidades y medios de comunicación; a partir de allí surgió la "Declaración para la Vida, Medio Ambiente y Producción en Carchi", que reglamenta la formulación de agroquímicos y prohibición de los altamente tóxicos por parte del Servicio Ecuatoriano de Salud Agrícola (SESA), la realización de actividades educativas sobre el uso de pesticidas, la inversión estatal en Gestión Integrada de Cultivos. Sin embargo, la presión de la industria de plaguicidas persuadió a funcionarios del gobierno para retirar el apoyo para la reducción y eventual eliminación de los pesticidas alta y extremadamente tóxicos (Cole, Sherwood, Crissman, Barrera, y Espinosa, 2002; Crissman, Cole, y Carpio, 1994).

A inicios del siglo XXI, pese a que la mayor parte de trabajadores de la Amazonía y de la Sierra Norte ecuatoriana eran conscientes del impacto nocivo de los plaguicidas, se siguieron empleando estos químicos para no perjudicar los rendimientos de los cultivos y asegurar su estabilidad económica, a la vez que se continuaron realizando una serie de conductas inadecuadas que ponían en riesgo el medio ambiente y la salud de los trabajadores (Hurtig *et al.*, 2003).

Con la financiación del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC), otros donantes, investigadores y juntas parroquiales se ha logrado con el tiempo encontrar formas de reducir el uso de pesticidas y la exposición de las familias de los agricultores, sin reducir los rendimientos. No obstante, la tasa de intoxicación por plaguicidas en Carchi se encuentra entre las más altas del mundo; pues 4 de cada 100 habitantes sufre intoxicación

mientras 4 de cada 10 000 mueren a raíz de estos químicos. Los riesgos se acentúan por el hecho de que los plaguicidas más comunes en esta zona están entre los más peligrosos del mundo, que adicionalmente son los más baratos (Stephen, 2003) y porque las soluciones para fumigar son usualmente preparadas en casa, involucrando a todos los miembros del hogar (Mera-Orcés, 2001). En el año 2006 un estudio demostró que estos químicos son causantes de crecimiento retrasado, anomalías neuroconductuales (Grandjean, Harari, Barr, y Debes, 2006), inhibición de la coliesterenasa, disrupción endocrinos y cáncer (Crissman *et al.*, 1994; Srivastava y Singh, 2013).

ALTERATIVAS SOSTENIBLES

Sumpsi (2012) propone cuatro tecnologías sostenibles económica y ambientalmente, estas son: a) La agricultura de conservación, que se basa en el laboreo mínimo o nulo de la tierra, y la siembra de cultivos asociados o intercalados; b) la agricultura de precisión para el uso eficiente de fertilizantes y del agua de riego; c) la Gestión Integrada de Plagas y enfermedades, que combina el uso de variedades de plantas resistentes y el uso razonable de pesticidas; d) la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, mediante la mejora genética. No obstante, existen todavía preocupaciones por algunos riesgos hipotéticos de los organismos genéticamente modificados, en lo referente a la salud humana, la nutrición, el medio ambiente natural, la viabilidad económica y el desarrollo rural (Morales Estupiñán, 2001), principalmente en los países en desarrollo. Por su parte, la Gestión Integrada de Plagas (MIP) pretende el crecimiento de cultivos sanos con el menor impacto ambiental, haciendo uso de mecanismos naturales (Duarte, 2012).

El biocontrol constituye una estrategia biotecnológica ecológicamente limpia y compatible con la agricultura orgánica y el MIP (Monte y Llobell, 2003). El objetivo de usarlo

es crear un equilibrio entre las plagas y los biocontroladores, de modo que la plaga llegue a un nivel donde ya no sea dañina. Además, el biocontrol presenta amplias ventajas sobre las prácticas convencionales de control de plagas, ya que es económico, no genera resistencia en las plagas, no pone en riesgo la salud de los fumigadores y no afecta el medio ambiente. Sin embargo, su uso es completamente preventivo, no retroactivo, ya que actuar cuando la plaga está en pleno auge no trae resultados (Hanke, 2012).

Los bioinsumos surgieron como respuesta a la demanda mundial de alimentos trazables, inocuos y ecológicos; ya que sin tener compuestos contaminantes en su formulación mejoran la productividad, la calidad y la salud de las plantas, o las características biológicas del suelo. Son productos elaborados a partir de microorganismos, los cuales son seleccionados por su capacidad de promover el crecimiento vegetal, directamente al facilitar la absorción de nutrientes por la planta o indirectamente al contribuir al control de enfermedades y plagas. Por tanto, los bioinsumos pueden dividirse en biofertilizantes y biocontroladores, aunque a veces la misma cepa microbiana posee ambas funciones (Nora Altier, Elena Beyhaut, 2012); tal es el caso de *Beauveria* spp., que además de parasitar hongos patógenos de plantas induce el crecimiento de las plantas y su respuesta inmunitaria tanto localizada como sistémica (Dou *et al.*, 2014). Algunos de los productos orgánicos utilizados en el biocontrol de enfermedades se incluyen hongos como *Trichoderma harzianum* y *Gliocadium virens*, actinomicetos como *Streptomyces griseoviridis* y bacterias como *Bacillus subtilis*. (Murillo *et al.*, 2010).

El desarrollo de bioproductos constituye una forma de valorización de la biodiversidad a través de la biotecnología, permitiendo su aprovechamiento económico de forma sostenible con potencial industrial (Quezada,

Roca, Szauer, Gómez, y López, 2005; Ramón *et al.*, 2005). Esto constituye una ventaja comparativa para los cinco países miembros de la Comunidad Andina de Naciones (CAN), entre los que se encuentra Ecuador; ya que poseen alrededor del 25 % de la biodiversidad mundial (Manosalvas, Estrella, Mariaca, y Ribadeneira, 2005).

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), firmado en la década de los 90's (incluyendo a la CAN), declara la soberanía de los Estados sobre sus recursos genéticos y establece lineamientos para el acceso y uso de

dichos recursos. Para el caso específico del Ecuador, existe el Grupo Nacional de Trabajo sobre Biodiversidad (GNTB), y dentro de él varios subgrupos como el de Bioseguridad y Acceso a Recursos Genéticos (Manosalvas *et al.*, 2005), alineados a la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015-2030 (Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE], 2015). Se evidencia la importancia de los Bancos de Recursos Genéticos (BRG) con cepas potenciales para uso como bioinsumos, lográndose identificar y conservar las especies para su estudio y/o posterior selección con fines industriales.

CONCLUSIÓN

El control biológico constituye una alternativa para aumentar la productividad del agro de forma sostenible, con el objetivo de responder a la creciente demanda mundial de alimentos, que a la vez presenta nuevas características de consumo, entre las que se destaca la ecología

y la inocuidad. El Ecuador presenta ventajas comparativas frente a estos retos de la agricultura, principalmente: un marco legislativo que promueve el desarrollo sostenible, gran riqueza en biodiversidad y una economía agrícola creciente.

REFERENCIAS

- Aktar, W., Sengupta, D., & Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology*, 2(1), 1–12. <https://doi.org/10.2478/v10102-009-0001-7>
- Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (2012). *World Agriculture: towards 2015-2030: the 2012 revision* (No. 12-03). Rome. Retrieved from <http://large.stanford.edu/courses/2014/ph240/yuan2/docs/ap106e.pdf>
- Banco Mundial [BM]. (2016). Población Mundial. Retrieved June 20, 2008, from <http://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL>
- Brechelt, A. (2010). El manejo ecológico de plagas y enfermedades. Santiago de Chile: O'Reilly Media publishers. Retrieved from http://www.rap-al.org/articulos_files/Manejo_Ecologico_de_Plagas_A.Bretchel.pdf
- Campos, É., & Freire, C. (2016). Exposure to non-persistent pesticides and thyroid function: A systematic review of epidemiological evidence. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 219(6), 481–497. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2016.05.006>
- Cole, D. C., Sherwood, S., Crissman, C., Barrera, V., & Espinosa, P. (2002). Pesticides and Health in Highland Ecuadorian Potato Production: Assessing Impacts and Developing Responses. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 8(3), 182–190. Retrieved from <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Pesticedes.pdf>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], & Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA]. (2015). *Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia*

- América Latina y el Caribe 2015 - 2016* (Sexta). San José: CEPAL, FAO, IICA.
- Crissman, C., Cole, D. C., & Carpio, F. (1994). Pesticide Use and Farm Worker Health in Ecuadorian Potato Production. *American Journal of Agricultural Economics*, 76(3), 593–597. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/1243670>
- Dou, K., Wang, Z., Zhang, R., Wang, N., Fan, H., Diao, G., & Liu, Z. (2014). Cloning and characteristic analysis of a novel aspartic protease gene Asp55 from *Trichoderma asperellum* ACCC30536. *Microbiol. Res.*, 169(12), 915–923. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2014.04.006>
- Duarte, F. (2012). El control biológico como estrategia para apoyar las exportaciones agrícolas no tradicionales en Perú: un análisis empírico. *Contabilidad y Negocios*, 7(14), 81–100.
- Ehrlich, P. R. (1968). *The Population Bomb*. New York: Ballantine Books. Retrieved from <http://faculty.washington.edu/jhannah/geog270aut07/readings/population/Ehrlich - Population Bomb Ch1.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (1996). *Declaración de Roma sobre la seguridad alimentaria mundial y plan de acción de la cumbre mundial de la alimentación* (No. 338.19 C969d). Roma. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/003/w3613s/w3613s00.htm>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2003). EL Programa Especial para la Seguridad Alimentaria: Respuesta a los nuevos desafíos. Retrieved June 20, 2008, from <http://www.fao.org/docrep/006/ac828s/ac828s00.htm>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2009a). *Cumbre Mundial sobre la Seguridad Alimentaria* (No. WSFS 2009/2). Italia.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2009b). How to Feed the World in 2050. High-level expert Forum 12-13 October. Rome. Retrieved from http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf
- Grandjean, P., Harari, R., Barr, D. B., & Debes, F. (2006). Pesticide Exposure and Stunting as Independent Predictors of Neurobehavioral Deficits in Ecuadorian School Children. *Pediatrics*, 117(3), e546–e556. <https://doi.org/10.1542/peds.2005-1781>
- Grieshop, J. I., & Winter, D. M. (1989). Agricultural pesticide accidents and prevention in Ecuador. *Accident Analysis & Prevention*, 21(4), 394–398. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(89\)90033-X](https://doi.org/10.1016/0001-4575(89)90033-X)
- Hanke, G. (2012). El control biológico: base de la agricultura sostenible. *La Revista Agraria*, 144(13), 10–11. Retrieved from <http://www.larevistaagraria.org/content/el-control-biológico-base-de-la-agricultura-sostenible>
- Hurtig, A., San Sebastián, M., Soto, A., Shingre, A., Zambrano, D., & Guerrero, W. (2003). Pesticide use among farmers in the Amazon basin of Ecuador. *Arco Environ Health.*, 58(4), 223–228. <https://doi.org/10.3200/AEOH.58.4.223-228>
- Inter-American Development Bank [IDB]. (2016). Agriculture in Latin America by the numbers. Retrieved June 20, 2008, from <http://www.iadb.org/en/about-us/about-the-inter-american-development-bank,5995.html>
- Karunasagar, I., & Karunasagar, I. (2016). Challenges of Food Security – Need for Interdisciplinary Collaboration. *Procedia Food Science*, 6, 31–33. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2016.02.005>
- Kommanet, B. (1998). *Eco Trade Manual: environmental challenges for exporting to the European Union*. Rotter-dam: CBI. Retrieved from <http://library.wur.nl/WebQuery/clc/980235>
- Lamichhane, J. R., Aubertot, J.-N., Begg, G., Birch, A. N. E., Boonekamp, P., Dachbrodt-Saaydeh, S., ... Messéan, A. (2016). Networking of integrated pest management: A powerful approach to address common challenges in agriculture. *Crop Protection*, 89, 139–151. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.07.011>
- Laxminarayan, R. (2003). *Battling Resistance to Antibiotics and Pesticides: An Economic Approach*.

Washington D. C.: Resources for the future.

- Love, I., & Pollanis, C. (2015). Health effects of pesticides on agricultural farmers in the developing countries of Fiji, Ecuador, the Philippines, and Costa Rica versus the United States. Atlanta: Department of Biology, Spelman College. Retrieved from <http://www.isctjournal.com/wp-content/uploads/2015/07/Health-effects-of-pesticides-on-agricultural-farmers-in-the-developing-countries-of-Fiji-Ecuador-the-Philippines-and-Costa-Rica-versus-the-United-States.pdf>
- Malthus, T. R. (1846). Ensayo sobre el principio de la población. Madrid: Est. Lit. y Tip. de Don Eusebio María del Valle y colaboradores. Retrieved from https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=2aOuxVUqw6YC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Ensayo+sobre+el+principio+de+la+población+maltus&ots=7Fe1kZGWIs&sig=PDUPEiBrMFyLbPDPPD_rllJqw98&redir_esc=y#v=onepage&q=Ensayo+sobre+el+principio+de+la+población+maltus
- Manosalvas, R., Estrella, J., Mariaca, J., & Ribadeneira, M. (2005). *Biodiversidad y recursos genéticos: Una guía para su uso y acceso en el Ecuador* (1st ed.). Quito: EcoCiencia, INIAP, MAE y Abya Yala. Retrieved from <http://www.ecociencia.org/archivos/Biodiversidadyrecursosgeneticos-110922.pdf>
- Margni, M., Rossier, D., Crettaz, P., & Jolliet, O. (2002). Life cycle impact assessment of pesticides on human health and ecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 93(1), 379–392. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00336-X](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00336-X)
- Mera-Orcés, V. (2001). The sociological dimensions of pesticide use and health risks of potato production in carchi, ecuador. In *Open Meeting of the Human Dimensions of Global Environmental Change Research Community* (p. 21). Rio de Janeiro-Brazil. Retrieved from https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http://sedac.ciesin.columbia.edu/openmeeting/downloads/1004629612_presentation_paperrio.doc
- Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE]. (2015). Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015-2030. Quito, Ecuador. Retrieved from https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/EQU/ENBPA 2015-2030_Versión final_21.07.2015.pdf
- Monte, E., & Llobell, A. (2003). Trichoderma in organic agriculture. In *V World Avocado Congress* (pp. 725–733). Retrieved from http://www.avocadosource.com/WAC5/Papers/WAC5_p725.pdf
- Monteagudo, C., Mariscal-Arcas, M., Heras-Gonzalez, L., Ibañez-Peinado, D., Rivas, A., & Olea-Serrano, F. (2016). Effects of maternal diet and environmental exposure to organochlorine pesticides on newborn weight in Southern Spain. *Chemosphere*, 156, 135–142. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.04.103>
- Montealegre, J. R., & Pérez, L. M. (2015). *Control biológico de enfermedades de las plantas en Chile* (Vol. 1). Santiago de Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Retrieved from <http://uchile.cl/u97145>
- Monteros Guerrero, A., & Salvador Sarauz, S. (2015). Panorama agroeconómico del Ecuador: una visión del 2015. Quito: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Retrieved from http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/panorama_agroeconomico_ecuador2015.pdf
- Monteros Guerrero, A., Sumba Lusero, E., & Salvador Sarauz, S. (2013). *Productividad Agrícola en el Ecuador*. Quito. Retrieved from http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/indice_productividad.pdf
- Morales Estupiñán, C. (2001). *Las nuevas fronteras tecnológicas: promesas, desafíos y amenazas de los transgénicos*. Santiago de Chile. Retrieved from http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4490/S018664_es.pdf?sequence=1
- Murillo, B., Rueda, E. O., García, J. L., & Ruiz Espinoza, F. H. (2010). *Agricultura orgánica*. (Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Ed.). Ciudad de México, México: Plaza y Valdés S.A.

- Nora Altier, Elena Beyhaut, M. R. & F. R. (2012). Plataforma De Bioinsumos De Uso Agrícola En Base a Microorganismos Benéficos. *INIA*, (29), 47–50. Retrieved from <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos compartidos/18429300612191129.pdf>
- OCDE/FAO. (2013). *Perspectivas Agrícolas 2013-2022*. Paris. https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2013-es
- Oerke, E.-C., & Dehne, H.-W. (2004). Safeguarding production—losses in major crops and the role of crop protection. *Crop Protection*, 23(4), 275–285. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2003.10.001>
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2000). *Declaración del milenio. A/RES/55/2*. New York. Retrieved from <http://www.un.org/spanish/milenio/ares552.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2015). *Objetivos de Desarrollo del Milenio: informe de 2015*. (C. Way, Ed.). Retrieved from http://www.un.org/es/millenniumgoals/pdf/2015/mdg-report-2015_spanish.pdf
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2002). Estrategia global de la OMS para la inocuidad de los alimentos: alimentos más sanos para una salud mejor. Ginebra: OMS. Retrieved from <http://apps.who.int/iris/handle/10665/42705>
- Pingali, P. L., Marquez, C. B., Palis, F. G., & Rola, A. C. (1995). The Impact of Pesticides on Farmer Health: A Medical and Economic Analysis in the Philippines. In P. L. Pingali & P. A. Roger (Eds.), *Impact of Pesticides on Farmer Health and the Rice Environment* (pp. 343–360). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-011-0647-4_12
- Prüss-Üstün, A., & Corvalán, C. (2005). *Preventing Disease through Healthy Environments: Towards an Estimate of the Environmental Burden of Disease*. Ginebra. Retrieved from http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/preventingdisease.pdf
- Quezada, F., Roca, W., Szauer, M. T., Gómez, J. J., & López, R. (2005). *Biotecnología para el uso sostenible de la biodiversidad: Capacidades locales y mercados potenciales*. Caracas: CAF. Retrieved from <http://publicaciones.caf.com/media/1275/99.pdf>
- Ramón, D., Morán, M., Costa, J., López, F., Arriola, A., Martín, A., ... Rodríguez, F. (2005). Biotecnología en el Sector Alimentario. *Genoma España*, 5(2), 1–81. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ronco, A. E., Carriquiriborde, P., Natale, G. S., Martín, M. L., Mugni, H., & C., B. (2008). Integrated approach for the assessment of biotech soybean pesticides impact on low order stream ecosystems of the pampasic region. In J. Chen & C. Guô (Eds.), *Ecosystem Ecology Research Trends* (pp. 209–239). New York: Nova Science Publishers. Retrieved from https://books.google.es/books?id=AH9JghsCN0gC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q=pampasic&f=false
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES]. (2013). Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017. Quito: Gobierno de la república del Ecuador. Retrieved from <http://documentos.senplades.gob.ec/Plan Nacional Buen Vivir 2013-2017.pdf>
- Srivastava, P., & Singh, A. (2013). In-vivo 13 study of effects of dithiocarbamates fungicide 14 (Mancozeb) and its metabolite ethylenethiourea 15 (ETU) on fresh water fish *Clarius batrachu*. *Journal of Biology and Earth Sciences*, 3(2), B228–B235. Retrieved from <http://www.journals.tmkarpinski.com/index.php/jbes/article/view/83>
- Stephen, D. (2003). Preventing pesticide poisonings in Ecuador. Ottawa: IDRC/CRDI. Retrieved from <https://www.idrc.ca/en/article/case-study-ecuador-preventing-pesticide-poisonings-ecuador>
- Sumpsi, J. M. (2011). La volatilidad de los mercados agrarios y la crisis alimentaria. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 229, 11–35.
- Sumpsi, J. M. (2012). Los retos de la agricultura para alimentar al mundo en 2050. *Tiempo de Paz*, 106, 37–48. Retrieved from <http://www.iesa.csic.es/eventos/071120110.pdf>
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia [UNAD]. (2001). Lección 13: Importancia de las

enfermedades de los cultivos en el sector económico. Retrieved June 20, 2008, from http://datateca.unad.edu.co/contenidos/30165/contenido_en_linea_exe/30165FITOPATOLOGIA/exe_fitopatologia/leccin__13_importancia_de_las_enfermedades_de_los_cultivos__en_el_sector_economico.html

- van Mil, H. G. J., Foegeding, E. A., Windhab, E. J., Perrot, N., & van der Linden, E. (2014). A complex system approach to address world challenges in food and agriculture. *Trends in Food Science & Technology*, *40*(1), 20–32. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.07.005>
- Verma, J. P., Jaiswal, D. K., Meena, V. S., Kumar, A., & Meena, R. S. (2015). Issues and challenges about sustainable agriculture production for management of natural resources to sustain soil fertility and health. *Journal of Cleaner Production*, *107*, 793–794. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.130>
- Vieira, D. C., Noldin, J. A., Deschamps, F. C., & Resgalla, C. (2016). Ecological risk analysis of pesticides used on irrigated rice crops in southern Brazil. *Chemosphere*, *162*, 48–54. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.07.046>
- Wilson, C., & Tisdell, C. (2001). Why farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainability costs. *Ecological Economics*, *39*(3), 449–462. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00238-5](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00238-5)
- World Health Organization (WHO), & Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2010). *International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides: Guidelines for the Registration of Pesticides*. Roma. Retrieved from <http://apps.who.int/iris/handle/10665/70293>