

IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LA AGRICULTURA COLOMBIANA 1970 - 2014

MEDINA MEDINA, David Camilo¹

Artículo de Reflexión
Recibido: 27/05/2017
Aceptado: 29/10/2017

RESUMEN

La revolución verde, desde su introducción e implementación en Colombia en la primera mitad del siglo XX, transformó la forma de hacer agricultura; ligando los factores de producción a un conjunto de tecnologías integradas, que ofrecían mayores rendimientos y aumentos de producción en terrenos más pequeños. Esta investigación establece que en el período de estudio entre 1970 y 2014, se ha presentado degradación ambiental, y se determina que es la producción agrícola, la responsable de una serie de efectos que comprometen la sostenibilidad de los recursos naturales. A través de cifras estadísticas existentes para este período, se realiza un análisis de las implicaciones ambientales relacionadas con la agricultura.

Palabras clave: innovación tecnológica, producción agrícola, recursos naturales, degradación ambiental.

1 Economista y Candidato a Magíster en Desarrollo Rural, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. davidkmedina@gmail.com.

ENVIRONMENTAL IMPACT CAUSED BY COLOMBIAN AGRICULTURE 1970 - 2014

ABSTRACT

The green revolution, since its introduction and implementation in Colombia in the first half of the 20th century, has transformed the way of performing agriculture; by linking production factors to a set of integrated technologies, which offered higher yields and production increases in smaller areas. This research establishes that during the study period between 1970 and 2014, environmental degradation has occurred, and it is agricultural production that is responsible for a series of negative effects on the sustainability of natural resources. Through existing statistical data for this period, an analysis of the environmental implications related to agriculture is carried out.

Keywords: technological innovation, agricultural production, natural resources, environmental degradation.

L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DE L'AGRICULTURE COLOMBIENNE 1970 - 2014

RÉSUMÉ

La révolution verte, depuis son introduction et sa mise en œuvre en Colombie dans la première moitié du XXe siècle, a transformé la façon de faire l'agriculture, en associant les facteurs de production à toute une série de technologies intégrées, qui offrent un meilleur rendement et augmentent la production dans de petites zones. Cette recherche établit que pendant la période d'étude, entre 1970 et 2014, il y a eu dégradation de l'environnement, et il est déterminé que la production agricole est responsable d'une série d'effets qui compromettent la durabilité des ressources naturelles. Une analyse des implications environnementales liées à l'agriculture est effectuée à partir des données statistiques existantes pour cette période.

Mots-clés: innovation technologique, production agricole, ressources naturelles, dégradation de l'environnement.

IMPACTO AMBIENTAL GERADO PELA AGRICULTURA COLOMBIANA 1970 - 2014

RESUMO

A revolução verde, desde sua introdução e implementação na Colômbia na primeira metade do século 20, transformou a maneira de fazer agricultura; vincular os fatores de produção a um conjunto de tecnologias integradas, que ofereciam maiores rendimentos e aumentos na produção em terras menores. Esta pesquisa estabelece que, no período estudado entre 1970 e 2014, ocorreu degradação ambiental, sendo determinado que é a produção agrícola, responsável por uma série de efeitos que comprometem a sustentabilidade dos recursos naturais. Através dos dados estatísticos existentes para esse período, é realizada uma análise das implicações ambientais relacionadas à agricultura.

Palavras-chave: inovação tecnológica, produção agrícola, recursos naturais, degradação ambiental.

INTRODUCCIÓN

La implementación de innovación tecnológica en la agricultura, tuvo como propósito inicial suplir las necesidades alimentarias de la población mundial. Fue Malthus en 1798, quien se anticipó al decir que, si no se ponen obstáculos al crecimiento, la población crece en progresión geométrica y la producción de alimentos en progresión aritmética. Por lo tanto, la capacidad de crecimiento de la población es infinitamente mayor que la capacidad de la tierra para producir los alimentos que requiere la humanidad.

Para la mitad del siglo XX, era visible que los habitantes de países subdesarrollados tuvieran hambre. Esto llevó a que se desarrollaran tecnologías que aumentaran la producción de alimentos a nivel mundial, lo que se conoce como la Revolución verde. Esta innovación tecnológica en la agricultura, trajo consigo aumentos de la producción, rentabilidad y competitividad. La producción de cereales aumento un 2,7 %, la producción agrícola creció un 12 %, la producción de carnes se incrementó en 12 %, y la cantidad de superficie cosechada *per cápita* se redujo en un 25 % (León y Rodríguez, 2002), este impulso se dio gracias a la incorporación de tecnología en los procesos

productivos. Bajo esta nueva concepción de agricultura, es posible producir mayor cantidad de alimentos en terrenos más pequeños, utilizando semillas genéticamente modificadas, que son resistentes a plagas, que se adaptan mejor a condiciones ambientales adversas o no tradicionales.

Este sistema moderno de producción agrícola agroexportador, está condicionado a una serie de consumos excesivos de combustibles derivados del petróleo, maquinaria pesada, alto número de agroquímicos, monocultivos y riego suplementario. En consecuencia, se esperan impactos negativos ambientales en la contaminación del suelo, atmósfera y el agua, y a su vez una reducción de los recursos naturales.

La innovación tecnológica en la agricultura es un modelo que no garantiza la sostenibilidad ambiental en Colombia. Por lo tanto, el objetivo principal de este artículo es analizar algunos de los impactos ambientales relacionados con la agricultura, que han ocurrido en el territorio colombiano en el período de 1970-2014. Como hipótesis, se plantea que la agricultura tiene una serie de impactos ambientales que comprometen la sostenibilidad de los recursos naturales. A través de estadísticas existentes

en Colombia, para el período de estudio, en la presente investigación se realiza un análisis de las variables ambientales comprometidas en los procesos productivos de la agricultura en Colombia y se definen áreas ambientales relacionadas con la agricultura en las cuales se observan impactos negativos: sobre la tierra, la atmosfera y el agua.

METODOLOGÍA

La presente investigación es de enfoque cuantitativo y descriptivo. Se realizó a través de la recolección de hechos y estadísticas que darán cuenta del impacto ambiental que ha producido la agricultura en Colombia en el período 1970-2014. Se determinaron como variables ambientales de estudio; tierra; arables y cultivables, atmósfera; emisiones de óxido nitroso y metano, huella hídrica azul multisectorial y para el sector agrícola en Colombia y agua renovable *per cápita*.

Se realizó una revisión de fuentes de información como libros, tesis de grado, artículos académicos y documentos oficiales de instituciones como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), World Wildlife Fund (WWF), el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales y el Ministerio de Agricultura (IDEAM), y Desarrollo Rural (MADR).

De igual manera, se realiza un análisis estadístico de las cifras disponibles apoyadas en indicadores como tasas de crecimiento, índices de crecimiento. El tratamiento de la información estadística se realiza con apoyo de software SPSS y Excel, la información es ilustrada en tablas y figuras con gráficos de línea. Para los datos de las series de tiempo que lo necesitaron, se realizó una regresión lineal con el fin de completar los datos faltantes, así mismo al elaborar las tablas se tuvo en cuenta el cálculo de indicadores de participación.

Fundamentos teóricos

Características de la producción agrícola

La producción de bienes y servicios se ha estudiado a través de tres factores productivos: tierra, capital y trabajo. Posteriormente, desde la escuela neoclásica, se introduce la tecnología como la forma como se combinan los factores productivos, aspecto que también puede ser visto como el cuerpo de información y conocimiento que pueden ser aplicados a la producción de bienes y servicios (San Martín, 1990). Desde el modelo de la caja negra de la economía agrícola expuesto por Zúniga (2011), la producción agropecuaria y forestal tiene unos *inputs* de factores productivos que, a través de la tecnología aplicada, permite obtener unos *outputs* de bienes y servicios de consumo. De igual manera, Infante (2016) indica que el valor de la producción agrícola depende de factores productivos fijos en el corto plazo como la tierra y el capital (infraestructura y maquinaria), factores variables como la energía eléctrica, combustible, refacciones, semillas, fertilizantes y otros factores como la tecnología, apoyos gubernamentales y conocimiento. Adicional a ello, Bejarano (1998) indica que la actividad agrícola está determinada también por los recursos naturales físicos y biológicos, como la orografía, clima, tipo de suelo, subsuelo, etc.

La estructura de clases en Colombia, tiene una mezcla entre los sistemas tradicionales y los sistemas capitalistas modernos, no alcanza el grado de homogeneidad observada en los países más industrializados. Estas relaciones tienen consecuencias en la asignación de recursos, en la producción y en la política agraria. Al respecto, Johnston y Kilby (1980) explican que la estructura agraria influye de muchas maneras en el patrón de desarrollo. Por ejemplo, en una sociedad rural fuertemente jerárquica, es más difícil que la institucionalidad pueda satisfacer las necesidades de los agricultores más pequeños, debido a la tendencia de los líderes

políticamente más poderosos a nivel local a manipular estos organismos para sus propios fines.

Revolución verde

La revolución verde no es un fenómeno aislado o consecuente únicamente con coyunturas temporales como la escasez de alimentos que existió en la década de 1940; más bien, es una de las múltiples formas como el sistema económico capitalista se autogenera y expande. Las innovaciones técnicas y científicas de la revolución verde surgen, en principio, por la necesidad de reducir costos de los insumos y materias primas de origen agrícola y favorecer la acumulación de capital. Tomando los aportes de De Venanci (2002), acerca de la teoría de la corporación y los sistemas autopoieticos, se puede entender cómo el sistema político respalda estos intereses capitalistas; en este caso, la revolución verde iniciada por las investigaciones de Norman E. Borlaug en México, bajo la financiación de la Fundación Rockefeller, se fue expandiendo a otros países en la forma de financiación y apoyo económico a América Latina para modernizar las estructuras económicas del continente (Picado, 2013). Ejemplo de ello fueron las tesis de la CEPAL de impulsar el sector industrial como motor de desarrollo (finales de la década del cincuenta e inicios de la del sesenta), la Alianza para el Progreso (1961-1970) y la canalización de estas ayudas mediante organismos multilaterales como el Banco Mundial o la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

La revolución verde surgió en la década de los años cincuenta, y tuvo como finalidad generar altas tasas de productividad agrícola sobre la base de una producción extensiva de gran escala y el uso de alta tecnología (Ceccon, 2008). Esta revolución se creó gracias a la necesidad de asegurar la capacidad de los países de autoalimentarse, el milagro que ofrecería esta posibilidad se encontró en las semillas

desarrolladas en los centros de investigación agraria (Hobbelink, 1987).

Gracias a la revolución verde, la productividad de algunos cultivos se incrementó. Según las estadísticas de la FAO, en los 25 años siguientes a la primera mitad del siglo pasado, el crecimiento de la producción cereal en el mundo se incrementó alrededor de un 2,7 % por año, la producción destinada a la exportación de carnes en el planeta aumentó en 5,5 veces, y la producción agrícola mundial por habitante se incrementó cerca del 12 %, y en contraprestación se observó una disminución del área cosechada del 25 % (León y Rodríguez, 2002). Lo que demostró que fue posible producir más en un terreno menor a una mayor velocidad, la idea de eliminar las hambrunas en algunos países asiáticos se consiguió (León y Rodríguez, 2002).

Implicaciones ambientales de la tecnología derivada de la revolución verde

Son diversas las posiciones a favor y en contra de los efectos derivados de la revolución verde en los seres humanos y el ambiente. Según Machado (2002), la revolución verde dejó ver un complejo de problemas como:

La dependencia de semillas genéticamente homogéneas, producidas y distribuidas muchas veces en forma comercial, que llevaron al abandono de variedades antiguas, incluso locales con mayor variabilidad genética; los cultivos eran más vulnerables a ataques de plagas y enfermedades, lo que condujo al uso de agroquímicos no favorables al medio ambiente, y en algunos casos perjudiciales a la salud humana.

El uso ordenado del riego exigía conocimientos prácticos y circunstancias socioeconómicas nuevas para muchos agricultores que debían prepararse para un cambio cultural en el uso del agua.

La salinización, alcalinización y el anegamiento se convirtieron en fenómenos generalizados.

Las tecnologías favorecieron más a los agricultores con mayor capacidad económica y conocimientos; los campesinos, pequeños productores y mujeres no se beneficiaron tanto como el resto de agricultores.

Los argumentos a favor y en contra del uso de la biotecnología utilizada en la agricultura, son diversos; sin embargo, una muestra de estas disyuntivas es citada por Machado (2002). La tabla 1 permite ver dos puntos de vista acerca de los efectos negativos y no seguros Vs. la importancia de la biotecnología.

Tabla 1. Efectos negativos Versus importancia de la biotecnología utilizada en la agricultura.

<i>Efectos negativos y no seguros (Alteri - Rosset)</i>	<i>Importancia de la biotecnología (MgGloughlin)</i>
<p>La causa real del hambre es la pobreza, la desigualdad y la falta de acceso a los alimentos y la tierra. El hambre de un país no tiene nada que ver con su población.</p>	<p>Aumentar la producción y la productividad es básica en los países de desarrollo, si no, los <i>stocks</i> alimentarios para los países en desarrollo estarán en los países desarrollados.</p>
<p>Lo que busca la biotecnología no es volver más productiva la agricultura del tercer mundo, sino aumentar las ganancias de las empresas que crean estos avances.</p>	<p>En economías de mercado, las necesidades y los beneficios están estrechamente conectados. Innovaciones como el arroz con incremento en el contenido de hierro y bajos anti-nutrientes o vacunas comestibles en cultivos en crecimiento, podrían hacer más por eliminar enfermedades que la Cruz Roja y las misiones de las Naciones Unidas.</p>
<p>La integración de la semilla y las industrias químicas están destinadas a incrementar los gastos por acre en estos rubros, dejando bajos retornos a los productores.</p>	<p>Varios estudios demuestran que el aumento de retornos y la reducción del uso de químicos y bajas en precios de algunos de ellos, es por la menor demanda y la competencia.</p>
<p>Recientes pruebas experimentales han mostrado que las semillas de la ingeniería genética no aumentan los rendimientos de las cosechas.</p>	<p>Las tecnologías resistentes a herbicidas, deben reducir los costos y el uso de insumos; por lo tanto, es erróneo que las biotecnologías no aumenten los rendimientos de los cultivos.</p>
<p>Los científicos sostienen que la ingestión de alimentos OMG es inocua, pero la evidencia reciente indica que existe riesgos potenciales en su consumo: produce alergias, altera el metabolismo, reduce sus cualidades nutricionales.</p>	<p>Existe amplia evidencia científica de que el uso de métodos y productos biotecnológicos presenta riesgos no diferentes a los de otros métodos y productos. Es engañoso el argumento de que la inserción de un nuevo ADN puede alterar el metabolismo de plantas y animales causando alergias y toxinas; esta clase de cambios puede darse por mutaciones naturales o con cualquier tipo de transformación de la planta.</p>
<p>Las plantas transgénicas que producen sus propios insecticidas, fracasan rápidamente por la resistencia de los insectos a los insecticidas (desarrollan resistencia).</p>	<p>Los insectos tienden a dominar cualquier tipo de control, ya sea de la biotecnología, pesticidas sintéticos o el control integrado de plagas. Hay muchas fuentes de resistencia de genes distintas a las encontradas en la naturaleza.</p>

No existen controles de los impactos de los transgénicos en la salud humana y los ecosistemas en el corto y largo plazo. Los riesgos son: a) uniformidad genética, vulnerabilidad a nuevos insectos y patógenos y erosión genética; b) reducción de la agro diversidad; c) creación de supermalezas; d) potencias de que las variedades resistentes a herbicidas se conviertan en malezas para otros cultivos; e) el uso masivo de cultivos con biotecnología afecta a organismos y procesos no planeados; f) existe potencial para la recombinación de vectores para generar nuevas especies o tipos de virus.

Hay muchas preguntas no resueltas sobre los impactos directos e indirectos de los cultivos transgénicos.

A medida que el sector privado domina mayoritariamente los avances en nuevas biotecnologías, el sector público se ve obligado a destinar crecientes recursos de sus escasos fondos para reforzar las capacidades biotecnológicas de sus instituciones, y en evaluar y responder a los cambios en los sistemas de producción. Estos fondos podrían usarse mejor en investigación para una agricultura ecológica.

Muchos de los alimentos pueden producirse por pequeños agricultores a través del mundo usando tecnologías agroecológicas.

Los cultivos que utilizan biotecnología son ampliamente sometidos a ensayos en laboratorios y ambientes naturales controlados bajo vigilancia de organismos competentes. Estos no se comercializan sin los ensayos de campo e invernadero requeridos.

Existen muchos conocimientos y datos sobre el ambiente y la seguridad alimentaria demostrando sobre todo aptitud. Esto no significa que no se esperen impactos, en consecuencia, se debe aumentar la evidencia empírica y poner riesgos y beneficios en una perspectiva apropiada.

La biotecnología puede contribuir a la seguridad alimentaria centrada en pequeños productores en los países en desarrollo. Existe también potencial en las rotaciones entre cultivos y agentes biológicos controladores. Muchas compañías han invertido sumas grandes en investigación de biopesticidas y agentes biológicos sin resultados económicos. La biotecnología y la agroecología son sinérgicas y deberían combinarse para mejorar la sostenibilidad de la agricultura y los sistemas alimentarios.

Las biotecnologías son neutras a los tamaños y pueden beneficiar a grandes y pequeños productores. No hay nada inherente en biotecnología que justifique la dicotomía entre la pequeña y la grande explotación agrícola.

Fuente: Machado, 2002; Altieri y Osset, 1999; McGloughlin, 1999.

RESULTADOS

De acuerdo con los elementos teóricos planteados, se propone que la agricultura tiene una serie de efectos que perjudican el ambiente y que comprometen la sostenibilidad de los recursos naturales. A través de estadísticas existentes en Colombia, en esta sección se realiza un análisis de las áreas ambientales sobre las que la agricultura tiene impactos: tierra, atmósfera y agua.

Tierra

La tierra como factor productivo de la agricultura ha tenido un comportamiento levemente creciente en su utilización para cultivos hasta el año 1987 con 5,3 millones de hectáreas, y un comportamiento decreciente hasta el año 2014 con 3,6 millones de hectáreas.

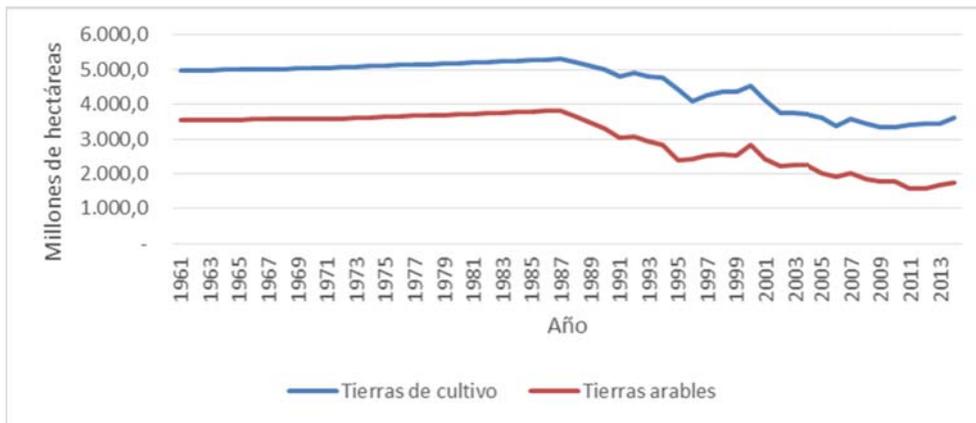


Figura 1. Tierras de cultivo y tierras arables, millones de hectáreas, periodo 1961-2014.
Fuente: elaboración propia, basado en FAO (2015).

Esta misma tendencia se observa con las tierras arables, las cuales llegan a 3,8 millones de hectáreas en el año 1987, y descienden a 1,7 millones de hectáreas en el año 2014. Entre 1987 y 2014, las tierras de cultivo disminuyeron a una tasa promedio del 1.26 %, mientras que las tierras arables lo hicieron a una tasa del -2.59 %. La pérdida de tierras aptas para la producción agrícola, es un hecho que se puede corroborar

con las cifras presentadas. En efecto, en el año 2015, el 40 % de los suelos colombianos presentaban algún tipo de erosión (MADS, IDEAM y U.D.C.A, 2015). Esta tendencia ha implicado una disminución del porcentaje de tierras de cultivo dentro de las tierras agrícolas del 12,4 % en 1961 al 8,1 % en el año 2014 (figura 2).

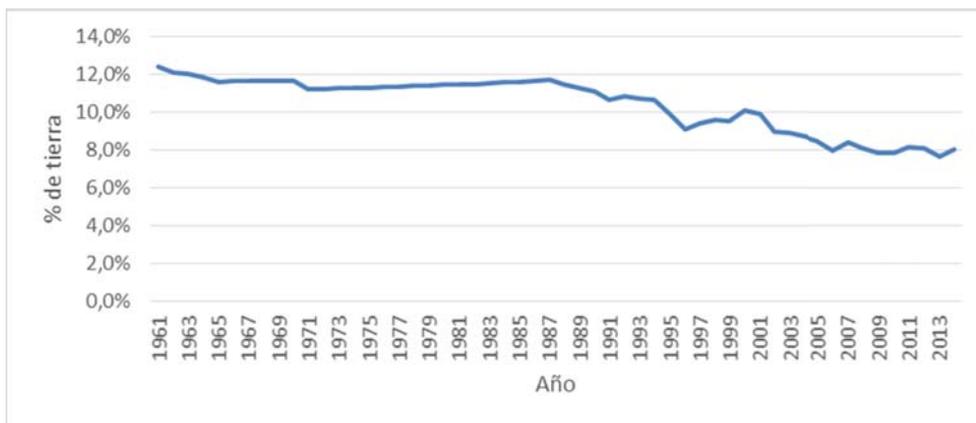


Figura 2. Tierras cultivables como porcentaje de las tierras agrícolas, 1961-2014.
Fuente: elaboración propia, basado en de la FAO (2015).

Aunque esta disminución de las tierras dedicadas a cultivos evidencia la menor necesidad de su uso debido a las mejoras técnicas en los procesos agrícolas, también obedece a la paulatina degradación de los sistemas de tierras y de agua. De acuerdo con

la FAO (2011), las prácticas agrícolas intensivas, en determinados casos, han conducido a la degradación ambiental, traducida en la pérdida de biodiversidad, contaminación de aguas subterráneas y superficiales por el uso inadecuado de fertilizantes y plaguicidas. Así

mismo, este organismo multinacional relaciona las prácticas de cultivo insostenible con la evolución desfavorable de las condiciones socioeconómicas de los países: tenencia insegura de la tierra, falta de incentivos, falta de acceso a los mercados o tecnologías apropiadas, y la utilización de tierras marginales. En Colombia, uno de los aspectos de mayor relevancia ha sido la tenencia insegura de tierra y la falta de acceso a tecnologías apropiadas.

Por su parte, el área selvática está relacionada con las prácticas agrícolas, de la silvicultura y la ganadería. La figura 3 refleja el decrecimiento paulatino que ha tenido el porcentaje de área selvática en Colombia: mientras en el año 1970 el 64.59 % de la tierra era selva, en el año 2014, esta representatividad disminuyó al 52.75 %. Es importante explicar que la reducción de área selvática también está relacionada con la siembra de cultivos ilícitos, y la explotación ilegal de maderables.

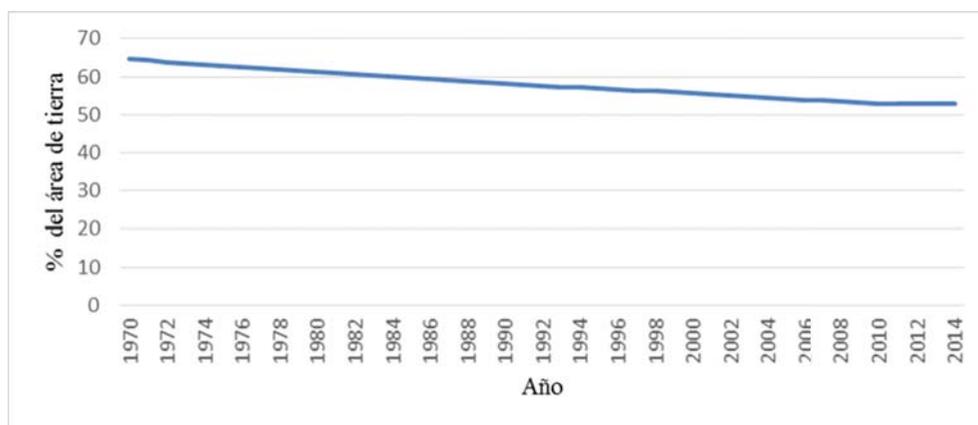


Figura 3. Área selvática (% del área de tierra), 1970-2014.
Fuente: elaboración propia, basado en las cifras existentes Banco Mundial, entre 1990-2014.

Atmósfera

La utilización de fertilizantes o la gran cantidad de producción agrícola produce efectos en la atmósfera. Las emisiones agrícolas

de óxido nítrico para Colombia, entre 1970 y 2014, muestra una tendencia creciente al pasar de 11.7 millones de toneladas métricas de equivalente a CO₂ en 1970 a 20.7 millones de toneladas en el año 2014 (figura 4).

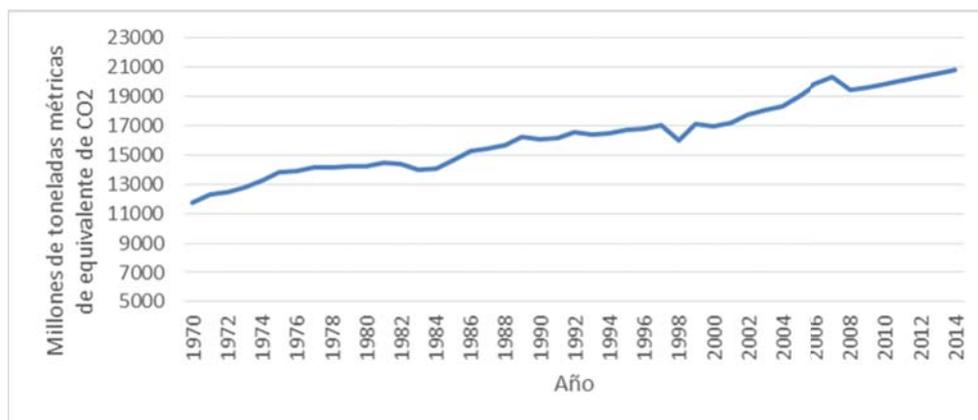


Figura 4. Emisiones agrícolas de óxido nítrico (millones de toneladas métricas de equivalente de CO₂), Colombia, período 1970-2014.

Fuente: elaboración propia, basado en proyección del Banco Mundial para los años 2009-2014.

Como porcentaje del total de emisiones de óxido nitroso, la agricultura representaba el 77.7

% en 1970; sin embargo, en el año 2014 dicho porcentaje se incrementó a 88.6 % (figura 5).

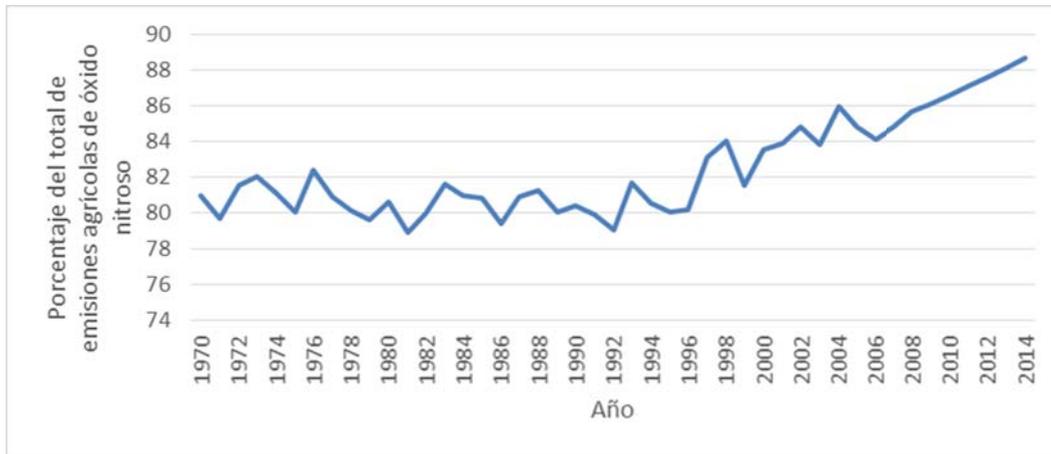


Figura 5. Emisiones agrícolas de óxido nitroso (% del total), Colombia, período 1970-2014.
Fuente: elaboración propia, basado en proyección del Banco Mundial para los años 2009-2014.

Las emisiones agrícolas de gas metano también tienen un comportamiento incremental en el período de estudio. La Figura 6 muestra que en el año 1970 la producción agrícola

emitía 28.4 millones de toneladas métricas de equivalente de CO₂, y en el año 2014 fue de 49.3 millones de toneladas.

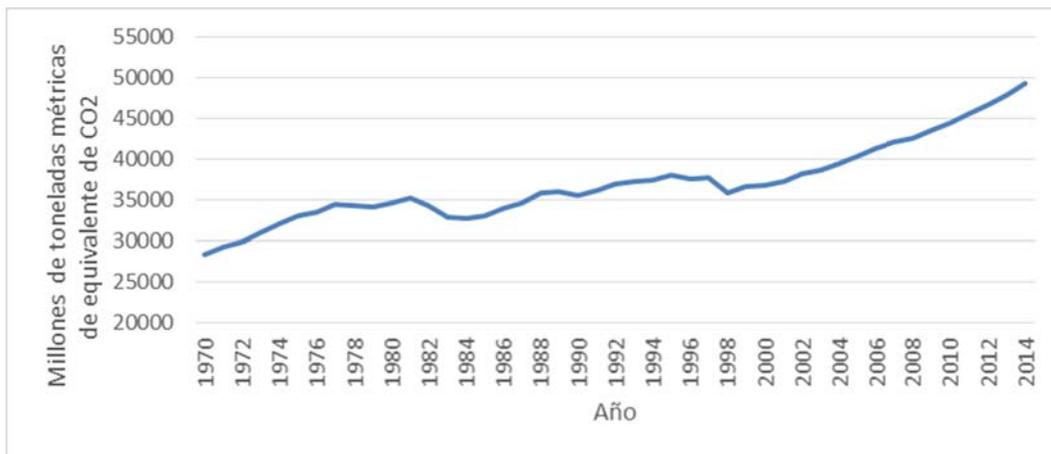


Figura 6. Emisiones agrícolas de gas metano (millones de toneladas métricas de equivalente de CO₂), Colombia, período 1970-2014.
Fuente: elaboración propia, basado en proyección del Banco Mundial para los años 2009-2014.

No obstante, el porcentaje de participación de las emisiones agrícolas de gas metano en el total se ha reducido en todo el período, al

pasar de 77.7 % en 1970, a 63.9 % en el año 2014 (figura 7).



Figura 7. Emisiones agrícolas de gas metano (% del total), Colombia, período 1970-2014. Fuente: elaboración propia, basado en proyección del Banco Mundial para los años 1970-2014.

Agua

De acuerdo con la World Wildlife Fund (WWF), en el año 2008 la huella hídrica verde de la agricultura en Colombia fue de 34.242 millones de metros cúbicos por año (Mm³/año); la huella azul, de 2.804 Mm³/año; y la huella gris,

de 2.098 (Mm³/año) (WWF Colombia, 2012). Para el año 2014, la huella azul fue de 4765.5 (Mm³/año) en el sector agrícola, y representó el 47.8 % de la huella hídrica azul multisectorial (Tabla 2). Como es posible observar, la huella azul más grande es la generada por el sector agrícola.

Tabla 2. Huella hídrica azul en Colombia según sector, Mm³/año y participación.

Sector	Millones de metros cúbicos por año	Porcentaje de participación
Agrícola	4765,5	47,80 %
Pecuario	2176,9	21,90 %
Doméstico	385,8	3,90 %
Industrial	65,4	0,70 %
Energético	331,9	3,30 %
Petróleo	6,6	0,10 %
Trasvases	2228,3	22,40 %
TOTAL NACIONAL	9960,4	100,00 %

Fuente: elaboración propia, basado en CTA, GSI-LAC, COSUDE E IDEAM (2015).

En específico, los cultivos permanentes son los que más consumo de agua poseen, con 3.918,4 Mm³/año, mientras que los transitorios ascendieron a 847,1 Mm³/año. Los cultivos permanentes representan el 82.2 % de la huella hídrica azul de la agricultura. Esto corrobora los descubrimientos de Trigo (2006), en donde la

especialización productiva, como sucede con los cultivos permanentes, contribuye a la erosión de los suelos, cambios en el uso y vocación de la tierra, emisión de gases de efecto invernadero, entre otras consecuencias de mediano y largo plazo que afectan el ambiente.

Dentro de los cultivos permanentes que más consumo de agua poseen, son la palma de aceite y el plátano, con 975.7 Mm³/año y 938.3 Mm³/año, respectivamente. Mientras tanto, en los

cultivos transitorios, el mayor consumo de agua pertenece al arroz de riego, con 444.5 MB/año y la papa, con 111.7 Mm³/año (Tabla 3).

Tabla 3. Huella hídrica azul para el sector agrícola, según tipo de cultivo, año 2014.

Cultivo Permanente	HHA (Millones de m ³)	Cultivo Transitorio	HHA (Millones de m ³)	Cultivos de pastos	HHA (Millones de m ³)
Coca	0,01	Soya	0,6	Pastos de Forraje	432,10
Fique	11,2	Trigo	1,8	Pastos de Corte	1744,80
Piña	14,2	Tomate	3,2		
Mora	15,6	Sorgo	4,8		
Guayaba	16,3	Tabaco rubio	5,1		
Flores y Follajes de campo	21,9	Cebolla de bulto	6,3		
Aguacate	28,3	Zanahoria	6,6		
Coco	29,2	Cebolla de rama	8,1		
Tomate de árbol	32,9	Frijol	10,0		
Naranja	33,3	Arveja	10,3		
Flores y follaje de invernadero	34,1	Algodón	13,3		
Cítricos	62,5	Hortalizas	27,9		
Caucho	63,5	Otros transitorios	42,7		
Cacao	119,4	Yuca	47,2		
Mango	133,4	Maíz	103,2		
Otros permanentes	163,3	Papa	111,7		
Ñame	212,0	Arroz de riego	444,5		
Banano	238,2				
Caña	774,9				
Plátano	938,3				
Palma de aceite	975,7				
Totales Permanentes	3.918,4				

Fuente: CTA, GSI-LAC, COSUDE E IDEAM (2015).

Los datos de la tabla 3, se basaron en la evaluación multisectorial de la huella hídrica en Colombia, resultados por subzonas hidrográficas en el marco del estudio nacional de agua 2014. Realizado por el IDEAM, Embajada

de Suiza; Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación COSUDE, Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia CTA y Good Stuff Internacional GSI-LAC.

De acuerdo con las cifras del Banco mundial, los recursos de agua dulce internos renovables *per cápita*, medidos en metros cúbicos, han disminuido a lo largo de casi cinco décadas. La figura 8 expone que en 1970 existían 99.236,1

metros cúbicos de agua dulce renovable por colombiano, mientras que en el año 2014 esta cifra descendió a 46.170 m³, lo que equivale a un descenso del 53 % en todo el período de estudio.

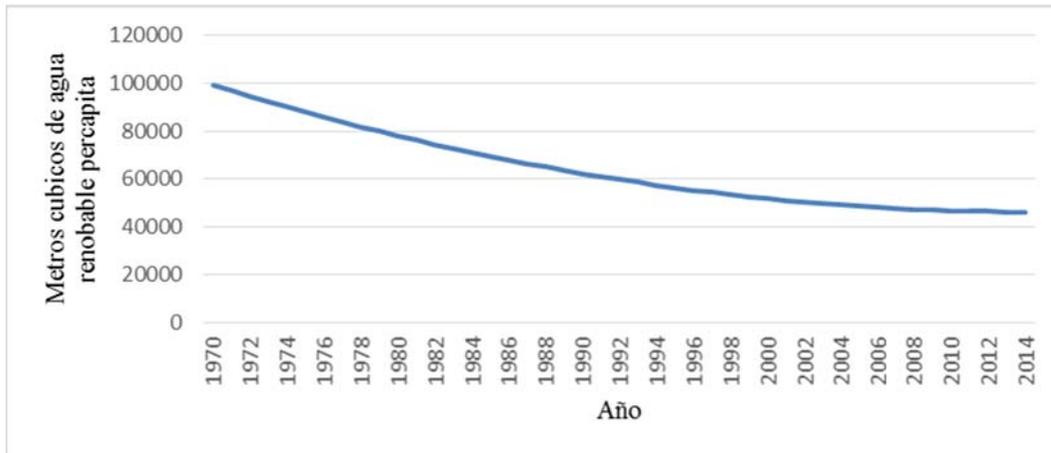


Figura 8. Recursos de agua dulce internos renovables per cápita (metros cúbicos).

Fuente: elaboración propia, basado en cifras quinquenales del Banco Mundial a partir del año 1962 hasta el año 2012 y 2014.

DISCUSIÓN

Son diversas las posiciones a favor y en contra de los efectos derivados de la revolución verde en los seres humanos y el ambiente. Según Machado (2002), la revolución verde dejó una serie de problemas como, dependencia de semillas genéticamente modificadas, que son comercializadas y adquiridas por los productores, llevando a dejar de lado las variedades antiguas, con mayor variedad genética; estos cultivos son vulnerables a ataques de plagas y enfermedades, obligando al uso de agroquímicos que afectan negativamente el medio ambiente y los recursos renovables.

Esta nueva forma de hacer agricultura condicionó la utilización del riego; exigiendo nuevos conocimientos prácticos y circunstancias socioeconómicas diferentes para muchos agricultores que debían prepararse para un cambio cultural en el uso del agua. Las tecnologías favorecieron más a los

agricultores con mayor capacidad económica y conocimientos; los campesinos, pequeños productores y mujeres no se beneficiaron tanto como el resto de agricultores (Machado, 2002).

Para obtener los grandes niveles de producción agropecuaria, son necesarias cantidades mayores de insumos, agro-tóxicos, fertilizantes, combustibles, agua, entre otros. Los contradictores de este modelo, sostienen que el uso intensivo y prolongado de agro-tóxicos, generó problemas ambientales como consecuencia de las grandes cantidades de energía que se utilizan en este tipo de agricultura.

Los actuales sistemas de producción no pueden sostenerse bajo este modelo tecnológico, debido a que el incremento en la aplicación de este tipo de insumos ha degradado los suelos y generado impactos sobre la salud humana, así como ha propiciado la contaminación de aguas, entre otros (Picado, 2013).

La agricultura moderna ha contribuido a la pérdida de la fertilidad del suelo, a la salinización, contaminación por agroquímicos, compactación por maquinaria agrícola y la reducción del contenido de materia orgánica, llevando esto a una reducción de su composición orgánica, cambiando su estructura y composición. Por su parte, el uso de fertilizantes modifica la composición del suelo a través de su edafofauna, los plaguicidas afectan directamente la biodiversidad de la fauna asociada de forma directa o indirecta a los mismos cultivos (Pérez y Landeros, 2009).

Estos tipos de degradación causan una afectación productiva de los suelos, en consecuencia afectando el rendimiento agrícola. Bajo estas condiciones, el productor se ve obligado a utilizar más fertilizantes, para así mantener los mismos niveles de rendimientos (Pérez y Landeros, 2009).

Al relacionar lo anteriormente expuesto con los resultados, se encontró que la afectación de la tierra, atmósfera y el agua, son evidentes dados los hallazgos. Para comenzar, al hablar de la reducción de la cantidad de tierra dedicada a cultivos de un 8 %, como se observa en la Figura 2, no solo se debe a las mejoras en la técnica de los procesos agrícolas, sino también a la degradación de los sistemas de tierras y agua generados por el uso de fertilizantes y plaguicidas, tal y como se observó en las Figuras 6 y 7. Se advierte cómo en el período de estudio en Colombia se ha presentado un aumento del 9 % de emisiones de óxido nítrico, y un aumento del 7 % de las emisiones de gas metano respectivamente, afectando seriamente la biodiversidad agrícola de los ecosistemas agrarios. Así mismo, se advierte el incremento en el uso de agua para la producción agrícola, la Tabla 2 muestra el porcentaje de consumo de la huella hídrica azul por sector, se determina que es el sector agrícola el que más agua utiliza con alrededor de un 47,80 %.

El uso de la tecnología derivada de la revolución verde, ha alterado los procesos naturales del ambiente contribuyendo a la contaminación del agua, la degradación de suelos y emisión de gases efecto invernadero. El gas de efecto invernadero se define como el que en términos generales cumple la función de asimilar e irradiar el espectro infrarrojo, siendo este el principal proceso causante de efecto invernadero (Gerber *et al.*, 2013), es decir, contribuye al calentamiento global y la alteración climática en el mundo. Los principales gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera terrestre son vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nítrico (N_2O) y el ozono (O_3).

El óxido nítrico es un gas sin olor, que no tiene color y se caracteriza por tener un sabor dulce ("Hoja informativa sobre sustancias peligrosas," 1998), mientras que el metano es un gas incoloro e inodoro de poca toxicidad que constituye el componente principal del gas natural (Dickson, 2003).

El uso de agua en la agricultura en Colombia, se observa a través del impacto en la huella hídrica agrícola (HHA) en el período entre 1961 y 2004, en el cual se percibe que la cantidad de agua utilizada en la agricultura para el año 2004 fue 36.6 millones de metros cúbicos de agua, incluyendo lo ineficiente en el uso del agua por parte de los sistemas de riego utilizados para tal proceso (Pérez, 2006).

Finalmente, de acuerdo con la FAO (2015), la gestión del suelo con fines agrícolas influye en una variedad de procesos en los ecosistemas que afectan los flujos de gases de efecto invernadero, principalmente del carbono y nitrógeno, a través de procesos biológicos como la fotosíntesis, respiración, descomposición, fermentación entérica o procesos físicos como la combustión, lixiviación y escorrentía.

CONCLUSIONES

Al observar los resultados de la investigación y los elementos discutidos previamente, se infiere que la tecnología derivada de la revolución verde implementada en la agricultura en Colombia, no solo generó mayores rendimientos de producción, también ocasionó daños ambientales graves; que condicionaron la misma sostenibilidad de la biodiversidad de los sistemas agrarios. La aplicación de esta innovación tecnológica fue impulsada por los resultados y los beneficios obtenidos en la producción agraria en países en vías de desarrollo. Este nuevo paradigma productivo condicionó la formulación de políticas públicas del sector en este período establecido entre 1970-2014, dejando de lado las consecuencias ambientales ocasionadas por un modelo del cual se desconocían sus consecuencias a largo plazo. Por nuestra parte, en Colombia la implementación de este modelo desencadenó una serie de fenómenos causados por la agricultura moderna, se observa una reducción de tierras de cultivo y tierras arables. A pesar de presentarse una disminución de las tierras dedicadas a cultivos, se evidencia la menor necesidad de su uso debido a las mejoras técnicas en los procesos agrícolas y, a la paulatina degradación de los sistemas de tierras y de agua. Por otro lado, el porcentaje de área selvática entre 1970 y 2014 ha disminuido alrededor del 12 %. A su vez, las emisiones atmosféricas de óxido nitroso y gas metano provenientes de la agricultura, han aumentado en todo el período, pero es importante aclarar que la mayor contaminación de la atmósfera por gas metano es producida por la ganadera. La agricultura participa en un 47.8 % del uso del agua para el año 2015, siendo el sector que más consume este recurso. Esta última condición ha dado como resultado una disminución de los recursos de agua dulce internos renovables *per cápita* en Colombia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri, M., y Osset, P. (1999). Ten reasons why biotechnology will ensure food security, protect the environment and reduce poverty in the developing world. *AgBioForum*, 2(3 y 4), 155-162. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/976a/d6e67afc4434f8b243d5b23acbecf0a65f60.pdf>
- Arévalo Uribe, D. (2012). Una mirada a la agricultura de Colombia desde su Huella Hídrica. Cali: WWF.
- Bejarano, J. (1998). *Economía de la agricultura*. Bogotá, D.C: Tercer Mundo Editores.
- Ceccon, E. (2008). La revolución verde tragedia en dos actos. *Ciencias*, 1(91), 21-29. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/644/64411463004.pdf>.
- De Venanci, A. (2002). *Globalización y corporación. El orden social en el siglo XXI*. México: Editorial Antropos.
- Dickson, T. R. (2003). *Química: Enfoque ecológico*. México, D.F.: Editorial Limusa.
- FAO. (2011). *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. Cómo gestionar los sistemas en peligro*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i1688s.pdf>.
- FAO. (2015). *Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura: Un manual para abordar los requisitos de los datos para los países en desarrollo*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y

- la Agricultura. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i4260s.pdf>.
- Franco Torres, O., Sánchez López, R., Gómez Sánchez, C. E., Otero García, J. y Salamanca García, J. A. (2015). Síntesis del Estudio Nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia. Bogotá: Ediplas Ltda.
- Gerber, P. et al. (2013). *Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería - Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación*. Roma: Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO). Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3437s.pdf>.
- Hobbelink, H. (1987). *Más allá de la Revolución Verde. Las nuevas tecnologías genéticas para la agricultura, ¿Desafío o desastre?* Barcelona: Lerna Editorial/ ICDA.
- Infante, F. (2016). La importancia de los factores productivos y su impacto en las organizaciones agrícolas en León Guanajuato México. *Ágora U.S.B*, 16(2), 359-678. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-80312016000200003&script=sci_abstract&tlng=es
- Johnston, B. y Kilby, P. (1980). *Agricultura y transformación estructural*. México D.F.: Fondo de Cultura Económica. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/31633137_Agricultura_y_transformacion_estructural_politicas_economicas_para_los_paises_en_desarrollo_tardio_BP_Johnston_P_Kilby_tr_por_Eduardo_L_Suarez
- León, T., y Rodríguez, L. (2002). *Ciencia, tecnología y ambiente en la agricultura colombiana*. Network. Recuperado de http://www.ilsa.org.co/biblioteca/Cuadernos_Tierra_y_Justicia/Cuadernostierrayjusticia_4/Ciencia_tecnologia_y_ambiente_en_la_agricultura_Colombiana.pdf
- Machado, A. (2002). *De la estructura agraria al sistema agroindustrial*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/286455997/De-La-Estructura-Agraria-Al-Sistema-Agroindustrial-Absalon-Machado>.
- MADS, IDEAM Y U.D.C.A. (2015). *Síntesis del Estudio Nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023648/Sintesis.pdf>.
- Malthus, R. (1798). *Ensayo sobre el principio de población*. Londres: Editorial Altaya.
- McGloughlin, M. (1999). Ten reasons why biotechnology will be important to the developing world. *AgBioForum*, 2(3 y 4), 155-162. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/242451801_Ten_Reasons_Why_Biotechnology_Will_Not_Ensure_Food_Security_Protect_The_Environment_And_Reduce_Poverty_In_The_Developing_World
- Pérez, A., y Landeros, C. (2009). Agricultura y deterioro ambiental. *Elementos*, (73), 19-25. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/280319205_Agricultura_y_deterioro_ambiental.
- Pérez, M. (2006). Comercio exterior y flujos hídricos en la agricultura colombiana: análisis para el periodo 1961-2004, *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 4, 3-16.

- Picado, W. (2013). El regreso de la cornucopia. EL debate sobre la primera y segunda Revolución verde. *Avances en seguridad alimentaria y nutricional*, 5(1), 1-18. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/260977313_El_regreso_de_la_Cornucopia_El_debate_entre_la_primera_y_segunda_revolucion_verde.
- San Martín, J. (1990). *Tecnología y futuro humano*. España. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/31637447_Tecnologia_y_Futuro_Humano_J_Sanmartin.
- WWF Colombia. (2012). *Una mirada a la agricultura de Colombia desde su Huella Hídrica*. Recuperado de <http://www.huellahidrica.org/Reports/Arevalo-2012-HuellaHidricaColombia.pdf>.
- Zúñiga, C. (2011). *Texto básico de economía agrícola: Su importancia para el desarrollo local sostenible*. León Nicaragua: Editorial Universitaria UNAN. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/230846258_Texto_Basico_de_Economia_Agricola_Su_importancia_para_el_Desarrollo_Local_Sostenible.