

ANÁLISIS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA QUÍMICA VERDE EN EL
DESARROLLO AGRÍCOLA SOSTENIBLE EN COLOMBIA

JAVIER SANTIAGO TORRES GÓMEZ

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2019

ANÁLISIS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA QUÍMICA VERDE EN EL
DESARROLLO AGRÍCOLA SOSTENIBLE EN COLOMBIA

JAVIER SANTIAGO TORRES GÓMEZ

Monografía para optar el título de especialista en
Gestión Ambiental

Orientador:

Monika Cristina Echavarría Pedraza
Doctor, Bióloga

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2019

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Director de la Especialización

Firma del calificador

Bogotá D.C., febrero de 2019

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrectora Académica y de Posgrado

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García Peña

Decano Facultad de Educación Permanente y Avanzada

Dr. Luis Fernando Romero Suarez

Director Especialización en Gerencia de la Calidad

Dr. Emerson Mahecha Roa

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de poder vivir esta experiencia y lograr crecer personal y profesionalmente.

A mis padres, por darme la formación, el apoyo y el amor necesario para poder salir adelante en el transcurso de esta etapa y de mi vida en general.

A mis familiares, que me brindaron todo su apoyo en todo este proceso de formación.

A mis amigos, por darme su apoyo y permitirme aprender de ellos grandes cosas.

Gracias a todos.

AGRADECIMIENTOS

Mi profundo agradecimiento a la Fundación Universidad de América, por abrirme las puertas para poder cursar mi carrera y el programa de especialización, así como también a sus docentes, los cuales me aportaron un gran conocimiento para poder formarme como el profesional que soy hoy en día.

De igual manera agradezco a mi tutora de monografía Monika Echavarría por brindar su conocimiento, enseñanza y colaboración para llevar a cabo la realización de este documento, teniendo siempre una excelente actitud y disposición, lo que me generó una gran motivación para sacar adelante este proyecto.

Finalmente, quiero agradecer a mis amigos y compañeros de clase que me aportaron parte de su conocimiento en todo este proceso de aprendizaje, para finalmente poder llevar parte de eso a la realización del trabajo, además de contar con su amistad y buenas actitudes en el transcurso de esta etapa.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	12
OBJETIVOS	13
1. LA QUÍMICA VERDE COMO ENFOQUE AL CAMBIO	14
1.1 HISTORIA: LA REVOLUCIÓN VERDE	14
1.2 EL CONCEPTO DE LA QUÍMICA VERDE	16
1.3 SEGURIDAD ALIMENTARIA Y SU SITUACIÓN EN COLOMBIA	19
1.3.1 Plagas y enfermedades	20
1.3.2 Factores e Impactos Económicos	20
1.3.2 Seguridad Alimentaria en Colombia	22
2. OPCIONES DE DESARROLLO DE LA QUÍMICA VERDE EN EL SECTOR AGRÍCOLA	27
2.1 INCIDENCIA DE LOS AGROQUÍMICOS	27
2.1.1 Contaminación de agroquímicos en diversas fuentes	29
2.1.2 Plaguicidas	32
2.1.3 Fertilizantes	35
2.1.4 Consecuencias en la salud humana	39
2.2 SECTOR AGRÍCOLA EN COLOMBIA	43
3. PROPUESTAS PARA LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL	46
3.1 BIOINSUMOS	46
3.1.1 Compostaje	47
3.1.2 Estiércol animal	48
3.1.3 Biosólidos	48
3.1.4 Abonos verdes	48
3.2 BIOPLAGUICIDAS	52
3.2.1 Plaguicidas Botánicos	52
3.2.2 Plaguicidas microbianos	56
3.2.3 Plaguicidas bacterianos	59
3.2.4 Plaguicidas virales	60
3.2.5 Microinsecticidas	60
3.3 CONTROL BIOLÓGICO	62
3.3.1 Enemigos naturales	65
3.3.2 Ventajas y barreras del control biológico	67
4. CONCLUSIONES	69
5. RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFÍA	71

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Clasificación de plaguicidas según su toxicidad (DL ₅₀)	33
Cuadro 2. Clasificación de ventas de fertilizantes en kilogramos y litros de las 19 empresas con mayor porcentaje de ventas durante el año 2009.	37
Cuadro 3. Comportamiento del PIB agropecuario por subsectores (variaciones anuales).	44
Cuadro 4. Plantas con metabolitos de acción bioinsecticida.	54
Cuadro 5. Microorganismos y agentes patógenos de insectos.	57
Cuadro 5. Bioinsecticidas a base de hongos entomopatógenos	61

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Efecto económico potencial de las plagas y enfermedades transfronterizas.	21
Figura 2. Ejes de la Política de Seguridad Alimentaria y Nutricional	24
Figura 3. La desnutrición, el hambre y la inseguridad alimentaria.	25
Figura 4: Rutas de ingreso de los agroquímicos en las aguas superficiales	28
Figura 5. Destino de los agroquímicos en el suelo.	31
Figura 6. Distribución de los plaguicidas en los sistemas bióticos y abióticos.	34
Figura 7. Esquema del proceso de producción de los fertilizantes en Colombia	36
Figura 5. Efecto regulador de la introducción de un enemigo natural que ejemplifica el control biológico sobre una población plaga en relación con un umbral económico.	63
Figura 6. Crecimiento exponencial y caídas subsecuentes de la población de dos plagas de la yuca <i>Manonychellus tanajoa</i> y <i>Scirtothrips manihoti</i> durante las lluvias de mayo y octubre en Minas Gerais, Brasil.	64
Figura 7. Interacciones entre presas y sus enemigos naturales en un proceso típico de densidad dependiente.	65

RESUMEN

En la presente monografía, se realiza un análisis en la situación de la seguridad alimentaria en Colombia y su sector agrícola, con el fin de implementar el concepto de la química verde para reducir parte de las problemáticas que allí se presentan. En primer lugar, se realiza una contextualización del concepto de la química verde, teniendo en cuenta los antecedentes que le preceden y definiendo de manera concreta los principios que lo fundamentan. Seguidamente, se define la situación que se ha vivido en Colombia sobre la seguridad alimentaria, teniendo como base las principales problemáticas a tratar y un panorama más amplio en la aplicación de dicho concepto.

A partir de lo anteriormente mencionado, se desarrolla una investigación de las principales consecuencias que presentan los productos químicos involucrados en el uso común del sector agrícola, y la importancia que tiene el mismo en Colombia, con el fin de observar la situación y hacer énfasis en diversas propuestas que llevarían al sector agrícola a un mayor desarrollo sostenible.

Palabras claves: Sector agrícola, Seguridad alimentaria, Sostenibilidad Ambiental, Química verde, Pesticidas y Fertilizantes.

ABSTRACT

In the present study, an analysis is made of the food security situation in Colombia and its agricultural sector, in order to implement the concept of green chemistry to reduce part of the problems presented there. In the first place, a contextualization of the concept of green chemistry is carried out, taking into account the antecedents that precede it and defining concretely the principles that support it. Then, the situation that has been lived in Colombia on food security is defined, based on the main issues to be addressed and a broader picture of the application of this concept.

Based on the aforementioned, an investigation of the main consequences presented by the chemical products involved in the common use of the agricultural sector, and the importance that it has in Colombia, in order to observe the situation and emphasize diverse proposals that would take to the agricultural sector to a greater sustainable development.

Keywords: Agricultural sector, Food Security, Environmental Sustainability, Green Chemistry, Pesticides and Fertilizers

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de este trabajo está orientado a analizar los conceptos que posee la química verde con el fin de realizar propuestas de mejoramiento que lleguen a reducir el impacto ambiental de los productos tales como pesticidas, utilizados para la protección de los cultivos y los fertilizantes que otorgan mayores nutrientes a los mismos, en el sector agrícola en Colombia.

Dado que la agricultura representa una de las actividades con mayor uso del suelo, generando un gran consumo de agua, estos recursos presentan un alto índice de contaminación al momento de utilizar tratamientos químicos para la protección del cultivo y aceleración del consumo de nutrientes de este, lo que llega a ocasionar consecuencias que afectan la biodiversidad del medio, alterando la cadena trófica de algunos seres vivos habitantes de zonas cercanas.

Por otro lado, se encuentra la disipación de estos componentes químicos los cuales viajan a través del aire, haciéndolos llegar a fuentes hídricas más distantes destinadas a la utilización del recurso en diferentes industrias, tales como la alimentaria, o simplemente para el consumo directo del ser humano, lo que llega a provocar enfermedades graves en las poblaciones y una baja seguridad alimentaria.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar la implementación de la química verde con el fin de generar propuestas de mejoramiento en la producción de pesticidas y fertilizantes utilizados en los cultivos agrícolas en Colombia.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Considerar el concepto de química verde y su aplicación en Colombia.
- Identificar las opciones de desarrollo relacionadas a la química verde y su aplicación en el sector agrícola.
- Determinar la factibilidad que tiene el uso de la química verde en Colombia.

1. LA QUÍMICA VERDE COMO ENFOQUE AL CAMBIO

1.1 HISTORIA: LA REVOLUCIÓN VERDE

Según Ceccon¹, la revolución verde tiene su llegada en la década de los cincuenta donde tuvo como objetivo la generación de altas tasas de productividad agrícola en base a la relación del uso de la tecnología y la producción extensiva a gran escala, por lo tanto, esta se desempeñó principalmente en la selección genética de nuevas variedades de cultivo que generaban un alto rendimiento y se asoció a la importancia que tuvo el uso masivo de fertilizantes químicos, pesticidas, herbicidas, tractores, entre otros factores. Por consiguiente, Cennon² afirma que, en los años noventa con la llegada de la biotecnología en unión a la ingeniería genética aparecería una segunda revolución verde, la cual promovería en magnitud mundial la productividad en la agricultura, implementando organismos genéticamente modificados (OGM) llamados usualmente como transgénicos creados a partir de técnicas de laboratorio que consisten en la transferencia de uno o más genes con características determinadas de un organismo a otro manipulando su genoma y por ende cambiando su estructura natural.

Cennon³ afirma que, la implementación de ambas revoluciones se dio a partir de la idea que consta en acabar con el hambre presente en el mundo, la cual no ha sido tratada en su totalidad, ya que no se sabe con certeza si el aumento en la producción de los alimentos llegue a abastecer a la población mundial por factores como la distribución equitativa, la economía en el mercado en la distribución y comercialización, donde abarca la problemática del poder adquisitivo que una población llegue a tener y por ende les impida acceder a los productos alimenticios, lo cual generará un aumento de hambre en el mundo.

Según lo describe Cennon⁴, la revolución verde tiene como punto de partida la finalización de la Primera Guerra Mundial, no obstante el término empezó a extenderse con mayor fuerza durante la Segunda Guerra Mundial donde grandes naciones como Estados Unidos realiza avances en la industria químico-biológica con el fin de utilizarla a favor en su armamento, y a su vez desarrollaban en mayor medida la tecnología nuclear que fueron vistas con un gran impacto en las muertes masivas de Hiroshima y Nagasaki, las cuales dieron razones para desprestigiar el

¹ CECCON, Eliane. La Revolución Verde: Tragedia en dos actos. 2008. En: Ciencias. [Google Académico]. Vol. 1, No 91, p. 21. [consultado el 12 de agosto de 2018]. Archivo en PDF: <http://www.revistaciencias.unam.mx/images/stories/Articles/91/02/La%20revolucion%20verde%20tragedia%20en%20dos%20actos.pdf>

² *Ibíd.*, p.21

³ *Ibíd.*, p.21

⁴ *Ibíd.*, p.23

uso de dicha tecnología. Sin embargo, con el paso de los años, las industrias nucleares “pacíficas” se fueron incluyendo de una u otra forma a la revolución verde por medio del desarrollo de técnicas especializadas en el control de plagas a partir de la esterilización por irradiación, permitiendo la conservación de los alimentos cultivados. Es por esto que la revolución verde generó un gran cambio en las prácticas agrícolas viéndose como una modernización en la agricultura por medio de la suplantación de las metodologías empíricas por la tecnología que aportaban los agroquímicos, fertilizantes inorgánicos y maquinaria utilizada en estas prácticas.

Por lo tanto, Barajas⁵ afirma que la revolución verde encierra diversos significados, refiriéndose a esta como una gran transformación en el sector agrícola presentada en los países subdesarrollados generando una reducción en la insuficiencia de los alimentos y la baja nutrición, o bien generando un alto rendimiento en los cultivos y designando nuevas maneras de producción, por ende, la revolución verde se considera un pilar fundamental para la innovación tecnológica en la modernización agrícola.

A partir de lo mencionado anteriormente, Barajas⁶ manifiesta que la Revolución Verde tiende a aparecer con el objetivo de mitigar los efectos negativos en los países subdesarrollados sometidos a las constantes amenazas presentadas por medio de inestabilidades políticas, las cuales son originadas a partir de desigualdades económicas tanto externas como internas entre las naciones y la inestabilidad financiera, comercial, tecnológica, energética, entre otros factores, los cuales llevaron a Estados Unidos a promover la creación de diferentes organizaciones con fines humanitarios como lo es el conglomerado de Ford-Rockefeller-CIMMYT, el cual financió una investigación basada en la genética con el propósito de generar una producción de mayor rendimiento en la producción de cereales en los países de bajos recursos, sin embargo, los países que tendrían dichos beneficios tendrían que tener en cuenta distintos aspectos de cambio para seguir siendo merecedores de tal ayuda humanitaria, como lo es la modificación de las estructuras institucionales, lo que quiere decir que han de modernizar la tecnología aplicada a la agricultura tradicional, renovando esta por una agricultura más comercial y moderna, ya que se ha de suponer que el uso de las tecnologías antiguas genera un bajo nivel de desnutrición y pobreza.

Según Jiménez⁷, la síntesis y el uso de la revolución verde generaron grandes beneficios, ya que favoreció el sector agrícola de los países subdesarrollados,

⁵ BARAJAS, Rosa Elvia. Biotecnología y revolución verde: Especificidades y divergencias. Tesis de licenciatura México D.F. Universidad Autónoma Metropolitana 1991. p.5.

⁶ *Ibíd.*, p.5}

⁷ JIMENEZ, Mercedes. La Fundación Rockefeller y la investigación agrícola en América Latina. 1990. En: Comercio Exterior. Vol. 40. No 10. p. 968-975. [consultado el 12 de agosto de 2018]. Archivo en

generando una expansión de capital, comercialización, financiamiento, conocimiento científico y tecnologías nuevas implementadas, además que el innovar en nuevas tecnologías y aprovechar la mayor capacidad del terreno a utilizar llega a generar mayores fuentes de empleo, aunque muchos de estos fueron reemplazados por la incidencia de los tractores al sector.

1.2 EL CONCEPTO DE LA QUÍMICA VERDE

Según Mestres⁸, el concepto de Química Verde nació en los Estados Unidos por la organización Environmental Protection Agency (EPA) en los inicios de 1990 como una herramienta para la protección y cuidado del medio ambiente ante la problemática generada por la industria química. Centi describe este concepto como “el uso de la química para la prevención de la contaminación y el diseño de productos químicos y procesos benéficos para el medio ambiente”⁹, llevando con esto una propuesta para reducir y/o eliminar la problemática ambiental presente en las industrias. Dado esto, la química verde, como herramienta principal tiende a promover el desarrollo sostenible en la producción de productos químicos y diversos materiales, utilizando recursos ambientalmente benignos y con características eficientes, que lleguen a ser biodegradables y/o reciclables al momento de terminar su vida útil. Por estas razones, con el fin de mantener y aumentar la sostenibilidad en nuestro planeta, Manley¹⁰ afirma que el uso de técnicas para la conservación y el uso racional de los bienes y servicios otorgados por el medio ambiente, como lo es la planificación y la administración eficaz de estos recursos por parte de organizaciones autorizadas y competentes, las cuales deben tener en cuenta factores fundamentales como el ambiente, la economía y la sociedad, pueden llegar a dar frutos benéficos a la hora de aplicar este concepto en las industrias, Estos doce (12) principios de la química verde fueron implementados por Paul Anastas y John C. Weber¹¹ en 1998, con el objetivo de reducir el impacto en la salud

PDF: <https://www.scribd.com/document/344895584/La-Fundacion-Rockefeller-y-La-Investigacion-Agricola-en-America-Latina>

⁸ MESTRES, Ramón. Química Sostenible: Naturaleza, fines y Ámbito. En: EDUCACIÓN QUÍMICA. [ScienceDirect] vol. 24, p. 103-112. [consultado el 13 de agosto de 2018] Archivo en PDF: <https://ezproxy.uamerica.edu.co:2119/science/article/pii/S0187893X13725035>

⁹ CENTI, Gabriele and PERATHONER, Siglinda. Catalysis and sustainable (green) chemistry. En: CATALYSIS TODAY. [ScienceDirect], vol. 77, no. 4, p. 287-297, p 287. [consultado el 12 de agosto de 2018] Archivo en PDF: <https://ezproxy.uamerica.edu.co:2119/science/article/pii/S0920586102003747>

¹⁰ MANLEY, Julie B.; ANASTAS, Paul T. and CUE, Berkeley W. Frontiers in Green Chemistry: meeting the grand challenges for sustainability in R&D and manufacturing. En: Journal Cleaner Production. [ScienceDirect] 2008. p. 743-750. [consultado el 13 de agosto de 2018] Archivo en PDF: <https://ezproxy.uamerica.edu.co:2119/science/article/pii/S0959652607000728>

¹¹ ANASTAS, Paul & WARNER, John. Green Chemistry, theory and practice, 1998, Oxford University Press. ISBN 0198506988, 978-0198506980

y el ambiente que llegan a tener los productos químicos habitualmente utilizados. Estos principios son los siguientes:

1. Reducir o evitar la producción de los desechos es más útil que tratarlos o limpiarlos acabado su procesamiento, por lo tanto, prevenir la creación de los residuos resulta más eficiente.
2. La incorporación de cada componente utilizado para crear un producto final mediante métodos sintéticos debe ser maximizada para el mayor aprovechamiento de los recursos.
3. Diseñar mejores metodologías de síntesis química para reducir la toxicidad y peligrosidad del proceso.
4. Disminuir el riesgo de toxicidad al momento de diseñar los productos químicos.
5. El uso de sustancias auxiliares como disolventes, tampones, agentes de separación, entre otros, hay que reducirlos al mínimo y que estos se sean inocuos.
6. Para ayudar a minimizar el gasto energético en un proceso de síntesis con el fin de disminuir el impacto ambiental y económico en este aspecto es necesario reducir al máximo el requerimiento energético intentando llevar los procesos químicos a condiciones estándar, es decir, temperatura y presión ambiente.
7. La utilización de los recursos debe originarse de fuentes renovables, ya que así el proceso resultara económica y técnicamente más factible.
8. Para evitar la formación de desechos y reducir la síntesis del producto químico es necesario minimizar la utilización de los derivados químicos (bloqueo de grupos, protección/desprotección, modificación temporal de procesos físicos/químicos).
9. El uso de catalizadores debe ser en lo posible los más selectivos y reutilizables.
10. Al terminar la vida útil del producto químico es necesario que este sea fácilmente degradable a derivados inertes para que no persistan en el ambiente.
11. Evitar la contaminación del proceso químico por medio del monitoreo del mismo, a través de sistemas de control continuo en la producción de sustancias peligrosas.
12. Utilizar nuevas metodologías en el diseño y producción de sustancias con el fin de reducir la accidentalidad y daños que estas puedan llegar a tener, como por ejemplo las emisiones, explosiones, incendios, entre otros.

Anastas¹² afirma que, basados en estos principios y haciendo uso de ellos en la síntesis química, con el objetivo de optimizar estos procesos, aumentaría su eficiencia por medio de la catálisis y el diseño de sustancias químicas menos peligrosas, por lo que, Anastas¹³ describe diversos ejemplos, como es el caso de la oxidación del alcohol a un grupo carbonilo, ya que este proceso genera una gran cantidad de residuos peligrosos por lo que aplicando los principios uno, tres y siete mencionados anteriormente, ha de ser posible el mejoramiento de este proceso al evitar el uso de reactivos tóxicos. Por otra parte Anastas¹⁴ afirma que, el uso de catalizadores de paladio en reacciones de alquilación alílica aumenta la economía atómica, es decir, aumenta la interacción entre los componentes involucrados para un mayor aprovechamiento de estos, mencionados en el principio dos. La síntesis catalítica del PPT (polímero poliaspartato térmico) utilizado en la síntesis de ácido poliacrílico se llega a aplicar los principios cuatro, seis y diez anteriormente mencionados.

Teniendo en cuenta dichos ejemplos y muchos más procesos en lo que se puede aplicar el concepto de la química verde, Pajaro¹⁵ afirma que, el gran reto de este término radica fundamentalmente en la eliminación y reemplazo de los materiales utilizados en los procesos que llegan a ser tanto peligrosos como nocivos para el ambiente y la salud de las personas y especies que están expuestos, con el fin de llegar a sustituirlos por componentes más seguros y menos tóxicos. Claramente es necesario que estos principios y metodologías estén impulsadas por desarrollos tecnológicos y científicos para su mayor aplicación en el sector industrial, gubernamental y académico, el cual ya ha generado diversos beneficios ambientales, económicos y sociales, por lo que es de gran importancia que todas las entidades políticas, sociales y los empresarios involucrados en estos procesos sean conscientes y conocedores del concepto de la química verde para poder aplicarlo en gran medida y aportar un desarrollo sostenible de sus empresas y productos.

¹² ANASTAS, Paul & KIRCHHOFF Mary. Origins, Current Status, and Future Challenges of Green Chemistry. En: Accounts of Chemical Research. [Google Académico]. vol. 35, p. 686-694. [consultado el 15 de agosto de 2018] Archivo en PDF: http://www.qcc.cuny.edu/EHS/docs/WEEK_9a___paper_1.pdf

¹³ ANASTAS, Paul, BARLETT, Lauren, KIRCHHOFF Mary & WILLIAMSON, Tracy. The role of catalysis in the design, development, and implementation of green chemistry. 2000. En: Catalysis Today. [ScienceDirect]. Vol. 55. p. 11-22. Archivo en PDF: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920586199002229>

¹⁴ *Ibíd.*, p.11-22

¹⁵ PAJARO, Nerlis & OLIVERO, Jesús. Química verde: Un nuevo reto. 2011. En: Ciencia e Ingeniería Neogranadina. Vol. 21. p. 177. [consultado el 15 de agosto de 2018]. Archivo en PDF: <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2109/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=057bf643-364a-4dc5-bbd7-a9fdc20a746a%40sessionmgr101>

1.3 SEGURIDAD ALIMENTARIA Y SU SITUACIÓN EN COLOMBIA

A partir de las estadísticas presentadas en el 2015 por la FAO¹⁶, donde se reportaron 777 millones de personas subalimentadas, se realizó una comparación con respecto al año 2016 encontrando la evidencia de un aumento del 11%, reportando una cantidad de 815 millones de personas para este año, que aunque la cifra disminuyó con respecto al año 2000 donde se habrían generado alrededor de 900 millones de personas subalimentadas, el porcentaje de aumento es motivo de preocupación para el alcance que tiene La Agenda 2030, la cual promueve e insta a los países en trabajar conjuntamente para acabar con el hambre presente en el mundo y prevenir diversas formas de malnutrición para el 2030.

La FAO¹⁷ afirma que, no se sabría si el incremento de la inseguridad alimentaria y los niveles de hambre reflejarán una tendencia ascendente en los próximos años o si por el contrario será una situación transitoria grave ya que desde el 2010 la problemática en los niveles de subalimentación se detuvo de manera significativa.

Según la FAO¹⁸, a partir de la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, el estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo del 2017 con respecto al objetivo dos (hambre cero) que se encuentra dentro de los diecisiete (17) objetivos del desarrollo sostenible, relaciona el propósito que se tiene contra el hambre, la seguridad alimentaria, la nutrición y el mejoramiento en una agricultura sostenible, por lo que al realizar una escala de experiencia de inseguridad alimentaria (FIES) como herramienta para calcular la capacidad que tienen las personas para acceder a los alimentos por medio de entrevistas directas, se realiza un análisis y evaluar los indicadores implementados en el objetivo dos del desarrollo sostenible, partiendo por aspectos como la malnutrición infantil que conlleva temas como la desnutrición crónica y aguda, el sobrepeso, entre otros factores. Con esta herramienta implementada por la FAO, en aproximadamente 150 países y según los datos recogidos durante el transcurso del tiempo se muestra un indicador de inseguridad alimentaria grave, lo que quiere decir que hay una privación grave de los alimentos en las poblaciones. África ocupa los puestos más altos de inseguridad alimentaria según los estudios realizados en el 2016 afectando un 27.4% de la población y está en constante aumento con el pasar del tiempo. Así mismo, en América Latina se ha observado un aumento en el nivel de la inseguridad alimentaria, mientras que en Asia la prevalencia de la inseguridad alimentaria disminuyó considerablemente en los últimos tres años.

¹⁶ FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. Roma: FAO; 2017.

¹⁷ *Ibíd.*, p.10

¹⁸ *Ibíd.*, p.12

1.3.1 Plagas y enfermedades. Por otro lado, la FAO¹⁹ describe que, la problemática provocada en el desarrollo de la agricultura por medio de las plagas y enfermedades asociadas a estas también generan conflictos a la hora de hablar de seguridad alimentaria, por lo tanto, los impactos que estos factores generan conllevan a efectos negativos tanto para el agricultor como para terceros, lo cual para el control de esto se exigen medidas adicionales.

Según la FAO²⁰, el control de las plagas y las enfermedades transfronterizas cada vez es más complejo dado que el establecer medidas de seguridad eficaces depende y puede llegar a verse afectado debido a los siguientes factores:

- La mundialización ha dado paso al comercio de plantas, flores y animales habitantes de otros países por medio de nuevas rutas comerciales y turísticas, llevando a la propagación de enfermedades entre especies.
- Los disturbios y conflictos civiles generados han llevado a los gobiernos a tomar medidas y se ha dificultado la aplicación de cuarentena en diversas áreas, además del aumento en el movimiento militar y el incremento que ha generado el contrabando de posibles productos alimenticios contaminados que ingresan a las poblaciones.
- Los efectos ocasionados por los plaguicidas en la salud humana y el medio ambiente generan preocupación.
- La falta de normatividad fitosanitaria en algunos países.

La FAO²¹ hace referencia que para reducir las plagas y enfermedades transfronterizas es necesario que haya una cooperación internacional entre los países vecinos y reconocer la vulnerabilidad de las regiones, las limitaciones que llegan a tener al establecer la cooperación y las rutas por las cuales puede llegar a ser introducido alguna enfermedad o plaga.

1.3.2 Factores e Impactos Económicos. Dados los factores y recursos financieros que aporta un país al momento de limitar la propagación de enfermedades transfronterizas y plagas, la FAO²² manifiesta que los países con mayor escases económica llegan a verse más afectados que los otros, y aunque no haya una correlación directa entre la capacidad de protección fitosanitaria y zoonosanitaria con

¹⁹ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación. Roma: FAO; 2001, Informe N° 33.

²⁰ *Ibíd.*, p.227

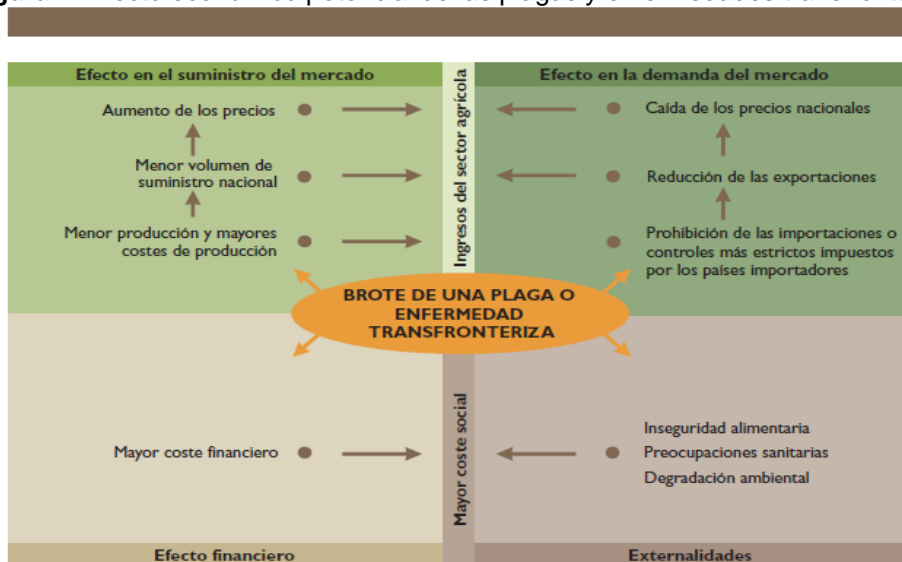
²¹ *Ibíd.*, p.227

²² *Ibíd.*, p.227

respecto a los ingresos del país, existen factores económicos importantes a tener en cuenta que inciden en la agricultura como lo es el diferencial en los precios de diferentes productos como por ejemplo la carne, ya que los precios del ganado son más elevados cuando las principales enfermedades se encuentran controladas, por lo tanto, al desplazar los animales de una zona de un nivel sanitario inferior a uno superior puede llegar a propagar la enfermedad y por lo tanto afectar directamente el precio del producto.

Según hace referencia la FAO²³, los impactos económicos que las plagas y enfermedades transfronterizas pueden llegar a tener son de una compleja medición ya que esto depende directamente del tipo de plaga o enfermedad que incida en la región, sin embargo en la Figura 1 se pueden observar los posibles efectos que estas problemáticas tendrían al respecto.

Figura 1. Efecto económico potencial de las plagas y enfermedades transfronterizas.



Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación. Roma: FAO; 2001, Informe N° 33.

Según lo afirma la FAO²⁴, estos efectos económicos afectan directamente en distintos ámbitos dentro de los que se mueve la agricultura y tienden a incidir en los siguientes tipos de efectos:

- **Producción**

Este factor uno de los cuales se ve afectado en su mayoría por la incidencia de plagas y enfermedades transfronterizas dado que una eficiencia pobre en la

²³ *Ibíd.*, p.227

²⁴ *Ibíd.*, p.227

producción o la pérdida absoluta de ésta, ya sea en el ámbito animal o en los cultivos llega a minimizar los ingresos agrícolas ya sea en grandes o mínimas cantidades dependiendo de las circunstancias específicas que están conllevan y podrían afectar a la población al momento de depender de productos básicos vulnerables aumentando la inseguridad alimentaria local. Este factor de producción es de gran importancia a involucrar alimentos de cultivos u origen animal, ya que estos al ser vulnerables a enfermedades puede perjudicar las tasas de fertilización, sin embargo, el intentar tratarlos con plaguicidas afecta la fertilidad de los suelos y el agua.

- **Precios y Mercado**

Al momento de que una plaga o enfermedad ataca se ve un cambio en los precios de los productos afectados y por ende el mercado tiende a variar, ya que dependiendo del tipo de afectación que el producto agrícola sufra puede provocar una elevación en los precios si la mayor parte del consumo del producto se comercializa en el país de producción o una disminución del precio si se trata de la exportación del mismo, ya que al ser un producto afectado la proveniencia del mismo estará en cuarentena y por lo tanto se impedirá dicha exportación. Este factor se sujeta tanto a la oferta y la demanda como a la preocupación sanitaria que haya en los consumidores del producto y así mismo se reflejará una variación en los precios.

- **Comercio**

Las consecuencias comerciales se empiezan a ver al momento de que los países que no están afectados por dicha plaga o enfermedad y son compradores directos del producto tienden a excluir la importación de estos con el fin de proteger su agricultura local o toman medidas estrictas de precaución si ha de recibir el producto.

- **Salud y medio ambiente**

Las enfermedades de carácter zoonóticas son una de las principales amenazas que se están expuestas a la salud humana, viéndose cada vez más un aumento debido a la producción pecuaria intensiva en las zonas próximas de residencia humana, además la amenaza hacia el medio ambiente procede directamente de las plagas o de las medidas que se tienen al momento de combatirlas por medio de plaguicidas y los peligros que estos generan.

1.3.2 Seguridad Alimentaria en Colombia. En Colombia, según el Gobierno Nacional²⁵, el término de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN) se estaba

²⁵ GOBIERNO DE COLOMBIA. Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (PNSAN) 2012-2019. Colombia; 2013.

desarrollando en un ámbito netamente académico, a comparación de países desarrollados donde lo abarcan como un asunto estratégico y de seguridad nacional, sin embargo, en las últimas décadas, Colombia se ha ido adoptando este concepto a un ámbito gubernamental e involucra en general a las comunidades.

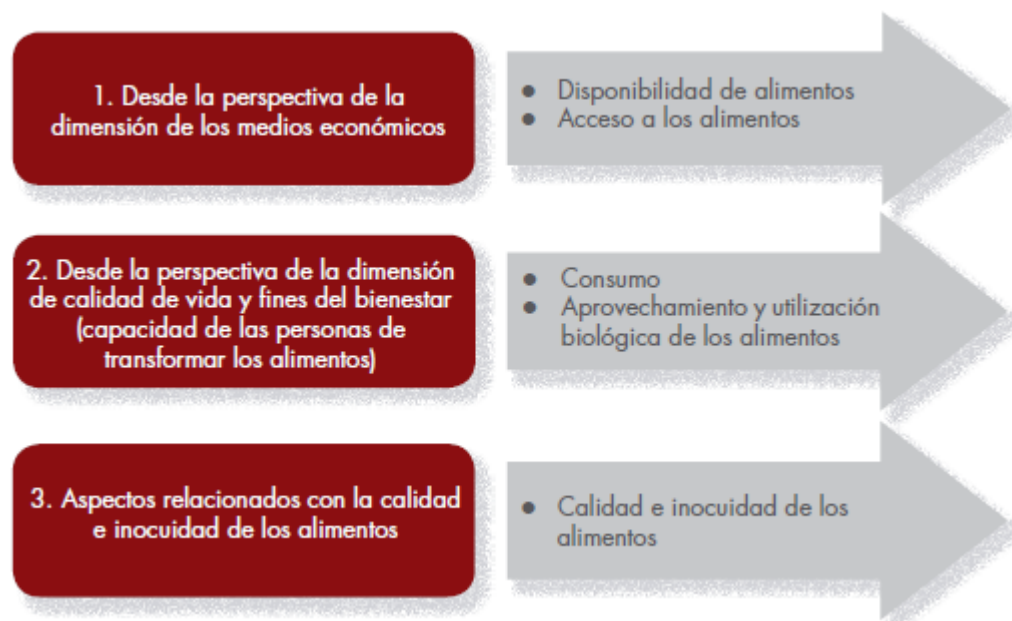
Gobierno Nacional²⁶ expresa que, en el transcurso del siglo XX el concepto de la seguridad alimentaria estaba más ligado a un interés estratégico de mantener de una manera más segura la disponibilidad de los alimentos, para evitar problemas de desabastecimiento en las comunidades, sin embargo en los tiempos más recientes el concepto de SAN se ha hecho mucho más ambiguo, dado que abarca factores como el crecimiento de la productividad agropecuaria, una mayor interdependencia entre los países a causa de la dilatación del comercio, el incremento de las brechas tanto económicas como sociales entre diversos países y regiones, un interés más detallado en aspectos de calidad y distribución, entre otros.

Pese a estos diversos factores los cuales se incluyen en la SAN, el documento Conpes Social 113 de 2008, define la Seguridad alimentaria y Nutricional como: “La disponibilidad suficiente y estable de alimentos, el acceso y el consumo oportuno y permanente de los mismos en cantidad, calidad e inocuidad por parte de todas las personas, bajo condiciones que permitan su adecuada utilización biológica, para llevar una vida saludable y activa”²⁷. Esta definición considera a las comunidades el derecho de evitar aguantar hambre y tener una calidad de alimentación más adecuada, demostrando los ejes que conforman la política como se muestra en la figura 2.

²⁶ *Ibíd.*, p.15

²⁷ GOBIERNO DE COLOMBIA. Documento CONPES DNP-113. Bogotá D.C. 2008

Figura 2. Ejes de la Política de Seguridad Alimentaria y Nutricional



Fuente: GOBIERNO DE COLOMBIA. Documento CONPES DNP-113. Bogotá D.C. 2008

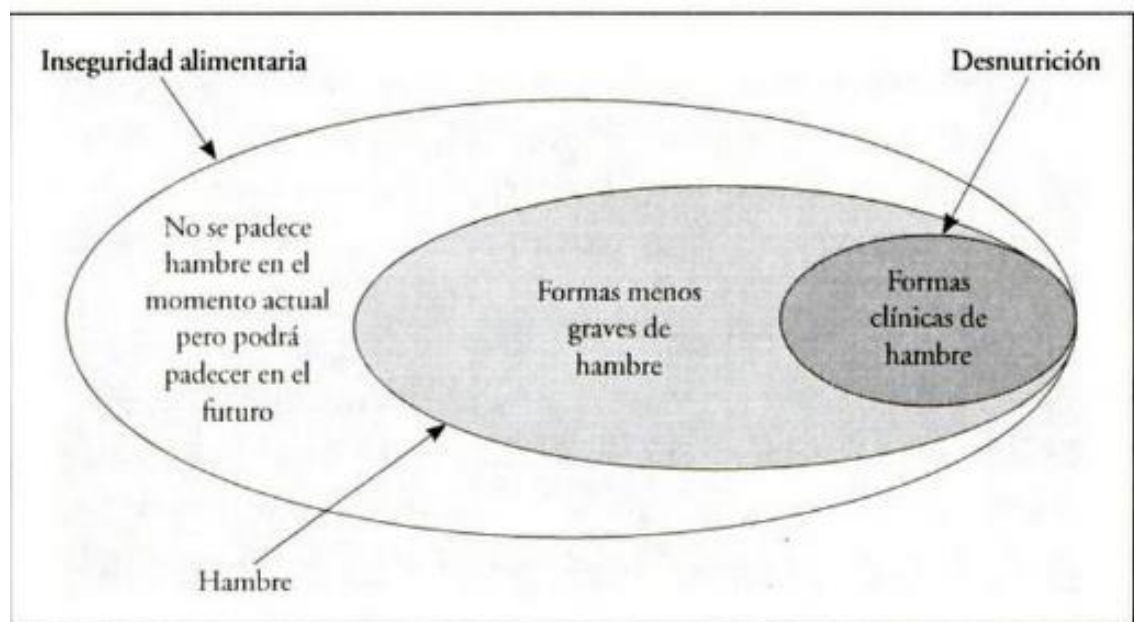
El Gobierno de Colombia²⁸ clasifica estos ejes de la política de Seguridad Alimentaria y Nutricional desde diferentes perspectivas. En primera instancia desde la dimensión de los medios económicos en: i) la disponibilidad de alimentos, donde a nivel nacional, regional y local, se refiere a la suma de alimentos que se encuentran y el suministro de los mismos a partir de los requerimientos y necesidades que tenga la población, su producción e importación, ii) el acceso a los alimentos, el cual hace referencia al alcance que tienen las personas conformadas en familias, poblaciones o un país, para adquirir una alimentación adecuada y sostenible, el cual depende del nivel de ingresos y los precios de los productos alimenticios. En segundo lugar desde la dimensión de calidad de vida y fines del bienestar en: iii) el consumo, donde se define como la ingesta de los alimentos y la selectividad que se tienen de los mismos según creencias, prácticas y actitudes de las personas, por factores como la cultura, métodos alimenticios, nivel de educación, composición de la familia, entre otros, iv) el aprovechamiento y utilización biológica de los alimentos, el cual hace referencia a la utilización que realiza el cuerpo humano a la hora del consumo de alimentos y su conversión en nutrientes, teniendo como principales factores la salud de las personas y su estilo de vida, el medio ambiente, las condiciones nutricionales de la población, los servicios de salud (calidad, acceso y disponibilidad), entre otros. Por último, se encuentran los aspectos relacionados con: v) la calidad e inocuidad de los alimentos donde se establecen normas y condiciones que lleven a cabo una disposición correcta de los alimentos en la cadena agroalimentaria hasta el consumo y

²⁸ GOBIERNO DE COLOMBIA, 2013. Op. cit., p. 16

disposición de los alimentos, evitando así que se corran riesgos químicos, biológicos o físicos que afecten a la salud de las personas y garanticen un consumo seguro.

A partir de los Ejes de la Política de Seguridad Alimentaria y Nutricional, el concepto de seguridad alimentaria es un poco más amplio y claro, sin embargo Sánchez²⁹ expresa que las personas concentran los términos de desnutrición, hambre e inseguridad alimentaria en un solo concepto, no obstante, aunque no se consideran como antónimos y términos excluyentes, tampoco se asocian entre sí como sinónimos, pero sí como incluyentes, lo que quiere decir que tienen una relación entre sí de causa y efecto como se puede observar en la figura 3.

Figura 3. La desnutrición, el hambre y la inseguridad alimentaria.



Fuente: Programa Mundial de Alimentos de las Naciones Unidas. Serie de informes sobre el hambre en el mundo 2006. El hambre y el aprendizaje, Roma, 2006.

A partir de lo anteriormente mencionado, Sánchez³⁰ afirma que, es lógico y notorio que existe una relación estrecha entre la pobreza y la inseguridad alimentaria, ya que históricamente en Colombia desde el año 1996, el país ha sufrido un descenso en su situación económica y social, siendo 1999 uno de los peores años ya que la economía tuvo una caída del 4.2%, lo que ocasionó que para el año 2000 el país

²⁹ SÁNCHEZ, Rubén. Seguridades en construcción en América Latina: Dimensiones y enfoques de seguridad en Colombia. [Google Académico]. Vol. 2. p. 227 ISBN 9588378389, 9789588378381. [consultado el 1 de septiembre de 2018] Archivo en PDF: <https://books.google.com.co/books?id=gTBzhLXj65QC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

³⁰ *Ibíd.* p. 230

contara con alrededor de 24,9 millones de pobres, además de ser un país que constantemente ha tenido que hacer frente a los conflictos armados que internamente se genera y tiene como resultado graves implicaciones en las crisis humanitarias y afectaciones en las infraestructuras rurales.

Generalmente la pobreza tiene una mayor incidencia en las áreas rurales y el porcentaje de la población que vive en estas zonas en su mayoría tiende a sufrir de este factor. A partir de estudios realizados por la FAO y la CAN³¹, demuestra que la pobreza en la población rural es del 82%, mientras que en las ciudades la pobreza creció con mayor rapidez entre los años 1999 y 2000.

Según Sánchez³², otro factor importante en la que la inseguridad alimentaria se observa en Colombia es el acceso a las tierras, ya que se conoce por medio de diferentes estudios que se han desarrollado a nivel mundial que el desarrollo en el sector agrícola y las áreas rurales son determinantes a la hora de reducir el impacto que tiene la pobreza y el hambre sobre las poblaciones, sin embargo la problemática del conflicto armado que se vive en Colombia durante su historia ha evitado que estos procesos de desarrollo estén obstaculizados, siendo las comunidades las más afectadas por estos ámbitos, generando uno de los principales efectos que es el desplazamiento forzado. Estos grupos de personas conformados principalmente por mujeres cabeza de hogar, jóvenes, niños y niñas, sufren problemas de desnutrición, enfermedades, carencia de ingresos y rechazo social, por lo que adaptarse a un medio urbano y ser partícipes de un hogar, servicios de salud y educación es altamente complicado, generando en las familias desplazadas una alta vulnerabilidad en la inseguridad alimentaria y económica.

Además, Sánchez³³ afirma que, el desinterés gubernamental ha dificultado las problemáticas de hambre e inseguridad alimentaria, ya que hace falta una mayor voluntad política para solventar estos inconvenientes, dado que el Estado colombiano de Derechos Económicos, Sociales y Culturales hace hincapié en el derecho a la alimentación, por lo que el Estado debe estar en completa disposición de brindar y asegurar la protección e implementación de los derechos humanos en las comunidades del país, aportando un bienestar a las personas.

³¹ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) & Comunidad Andina de Naciones (CAN). Comunidad Andina: factores macroeconómicos, comerciales, sectoriales y la seguridad alimentaria. Lima, 2004.

³² SÁNCHEZ. Óp., cit. p. 239

³³ Ibíd., p.240

2. OPCIONES DE DESARROLLO DE LA QUÍMICA VERDE EN EL SECTOR AGRÍCOLA

2.1 INCIDENCIA DE LOS AGROQUÍMICOS

Según Avalos³⁴, los agroquímicos son sustancias cuyos compuestos han sido de gran utilidad en la agricultura, tales como los insecticidas, herbicidas y fertilizantes, los cuales generan un efecto que puede resultar beneficioso a corto plazo sobre el lugar donde se aplique y al cultivo que se desea cuidar, sin embargo presenta graves incidencias a lo largo del tiempo y estos pueden llegar a expandirse más allá del punto de aplicación, afectando a más de un ecosistema.

Avalos³⁵ manifiesta que a lo largo de la historia, el uso de dichos compuesto ha evitado graves catástrofes causadas por la proliferación descontrolada de plagas en los alimentos y que afectaban directamente a la humanidad, sin embargo, el ambiente es el que está pagando las consecuencias de este polémico debate, donde se hace referencia a los agroquímicos como un mal necesario, por lo que en el año 1962, Rachel Carson³⁶, bióloga marina y conservacionista estadounidense realizaría una investigación que la llevaría a publicar su libro “Primavera Silenciosa”, donde hacía mención de los agroquímicos más utilizados en la industria como es el DDT (Dicloro difenil tricloroetano), el cual incidía gravemente sobre la vida silvestre y que en un futuro tal afectación llegaría a desaparecer los pájaros del mundo, provocando una primavera silenciosa.

Por otra parte, Avalos³⁷ afirma que, el uso de los agroquímicos en la producción de alimentos ha causado grandes beneficios a la creciente población mundial, logrando satisfacer en gran medida dicha producción por medio de la eliminación de plagas que afectan largas extensiones de terreno donde se cultivan los alimentos, siendo para los agricultores una herramienta clave en sus cosechas. No obstante, la problemática radica en el uso indiscriminado de estas sustancias químicas en la agricultura, ya que está afectando directamente a la biodiversidad del planeta, la salud humana y generando contaminación en agua, suelo y aire.

³⁴ AVALOS, Carlos. El polémico uso de agroquímicos. En: Revista Generación. [Google Académico] No. 134. 2009. p. 10-15.[consultado el 3 de septiembre de 2018]. Archivo en PDF: <http://www.generacion.com/secciones/biodiversidad/pdfs/Generacion-Edicion-134-biodiversidad-876.pdf>

³⁵ *Ibíd.* p. 10

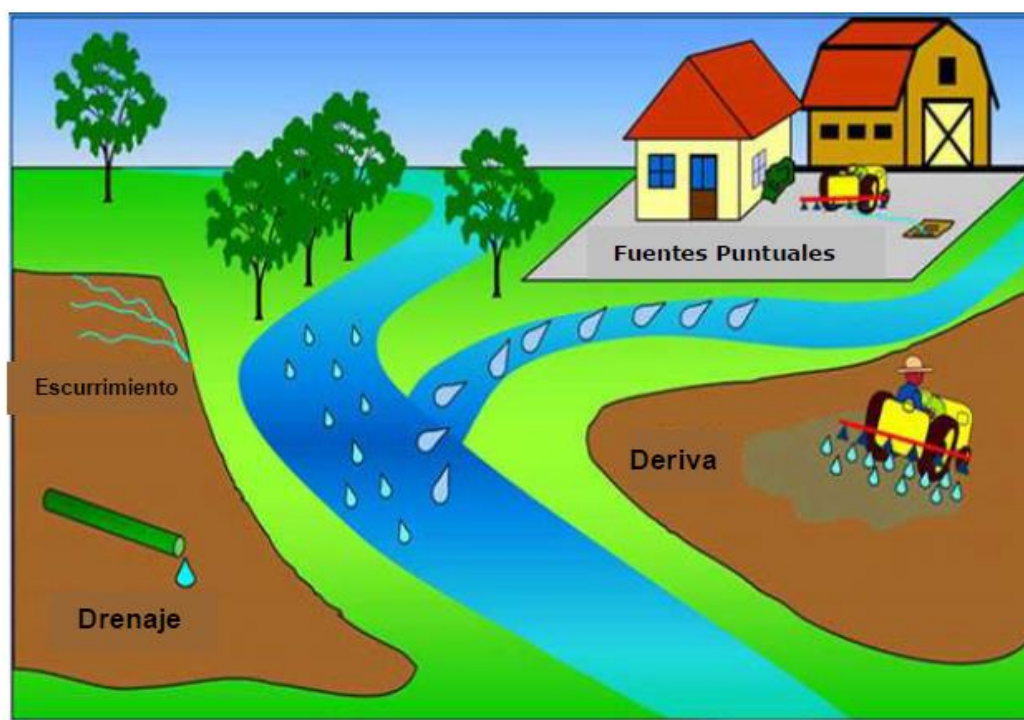
³⁶ CARSON, Rachel. Primavera Silenciosa. Ed. Houghton Mifflin Harcourt. Septiembre, 1965. ISBN 8416771316, 9788416771318. Archivo en PDF: https://books.google.com.co/books/about/Primavera_silenciosa.html?id=PV3pDAAAQBAJ&printsec=frontcover&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

³⁷ AVALOS. *Óp. cit.*, p. 14

Según Brodeur³⁸, los agroquímicos pueden llegar a ingresar y distribuirse al ambiente por medio de dos clases (figura 4), las cuales son:

- Las fuentes puntuales, donde están asociadas al manejo de los agroquímicos durante las etapas de transporte, almacenamiento, realización de las mezclas y limpieza.
- Las fuentes difusas, donde se incluye el escurrimiento superficial, la contaminación de acuíferos por drenaje y la derivación de las sustancias al momento de su aplicación.

Figura 4. Rutas de ingreso de los agroquímicos en las aguas superficiales



Fuente: BRODEUR, Julie; SUAREZ, Romina & ZACCAGNINI, María. Los Agroquímicos y el Ambiente. En: Programa de Formación Integral en el Uso Responsable de los Fitosanitarios. Octubre 2013. p. 1.

³⁸ BRODEUR, Julie; SUAREZ, Romina & ZACCAGNINI, María. Los Agroquímicos y el Ambiente. En: Programa de Formación Integral en el Uso Responsable de los Fitosanitarios. p. 1. [consultado el 5 de septiembre de 2018] Archivo en PDF: https://www.researchgate.net/publication/317231324_Los_Agroquimicos_y_el_Ambiente

2.1.1 Contaminación de agroquímicos en diversas fuentes

- **Aguas superficiales y subterráneas**

Brodeur³⁹ describe que, los agroquímicos aplicados en el suelo se transportan por escurrimiento a los cuerpos de agua superficial que se encuentran aledaños al lugar de aplicación y se presentan en forma de partículas libres, las cuales pueden estar adheridas a minerales u otras partículas presentes en el suelo. Por otro lado, la contaminación no solo abarca a los cuerpos de agua superficial, ya que por medio de la lixiviación de los compuestos químicos llegan a alcanzar las aguas subterráneas presentes en la zona, la cual en su gran medida es utilizada para consumo humano. Todas estas afectaciones varían según la topografía de la zona, ya que puede llegar a presentar un mayor grado de escurrimiento por las pendientes del terreno y erosión del mismo.

Por otra parte, Brodeur⁴⁰ afirma que, al momento de realizar la aplicación del agroquímico sobre el cultivo a desear, una gran cantidad de partículas de la sustancia quedan suspendidas en el aire y se adhieren a las gotas de agua o polvo encontradas en el ambiente, las cuales caen sobre las aguas superficiales a la hora de haber precipitaciones en la zona, por lo que el riesgo de afectación de dichos cuerpos de agua se hace cada vez más grave en temporadas donde la velocidad del viento es mayor.

Finalmente, Brodeur⁴¹ manifiesta que, la aplicación de diferentes agroquímicos se realiza de forma directa e intencional sobre los cuerpos de aguas superficiales con el fin de llegar a controlar en mayor medida el crecimiento de diferentes plantas y organismos no deseados. Además, el lavado de los tanques y disposición de recipientes de agroquímicos que se hacen cerca de estos cuerpos de agua genera altos efectos negativos en las comunidades acuáticas.

- **Suelos**

Al igual que los cuerpos de agua, Brodeur⁴² hace referencia que el suelo tiende a contaminarse de manera directa o indirecta por la aplicación de los agroquímicos, ya que como dicha fuente es la que interviene directamente con los cultivos y para su protección se suelen utilizar agroquímicos en aerosol, granulados, en polvo o curasemillas, su contaminación tiene un mayor impacto en los suelos de cultivo, sin

³⁹ Ibíd., p.2

⁴⁰ Ibíd., p.3

⁴¹ Ibíd., p.3

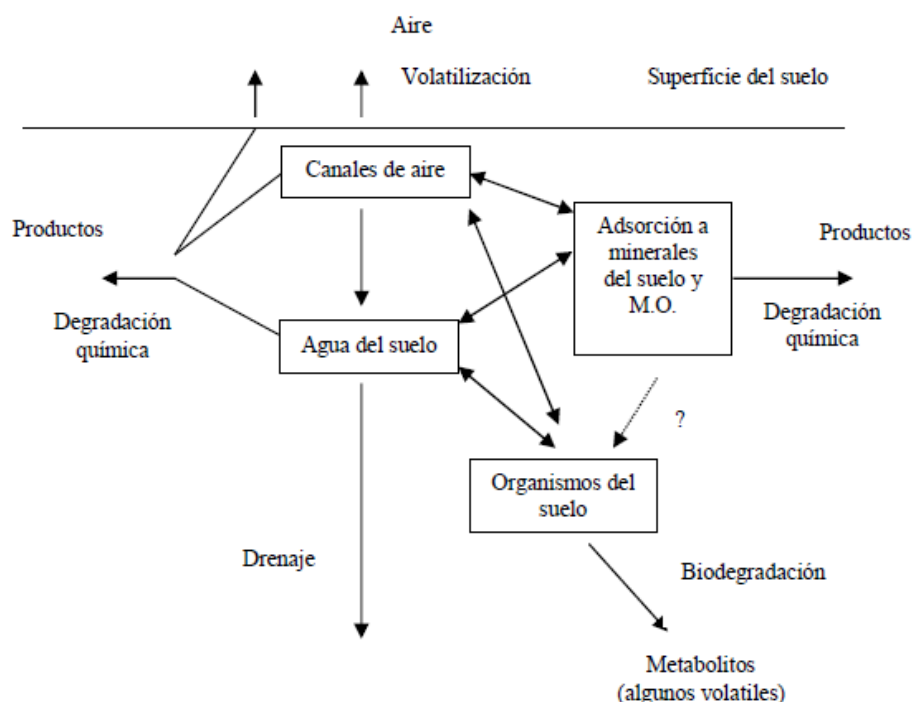
⁴² Ibíd., p.4

embargo los suelos que se encuentran cerca de estas zonas y que no están destinados a usos agrícolas se pueden ver perjudicados por dicha contaminación, ya que diversas partículas de la sustancia química se transporta por vía aérea y pueden llegar a afectar una extensión larga de los terrenos aledaños dependiendo de la dirección y fuerza del viento al momento de aplicar dichos productos. Además, la inadecuada disposición de los residuos sólidos generados por estos productos, los cuales en este caso se refieren a los recipientes que contienen los agroquímicos, pueden llegar a acumularse en un lugar puntual, por lo que va a generar graves daños en el terreno que se encuentren y dependiendo de las grietas existentes en el suelo estos contaminantes llegarían a filtrarse y llegar a las aguas subterráneas como se mencionó anteriormente.

Brodeur⁴³ describe que, la distribución de estos compuestos químicos en el suelo depende de las propiedades físicas que presenten como lo es la solubilidad del producto, la presión de vapor y la estabilidad química. A partir de distintos procesos como la hidrólisis, isomerización, oxidación y la acción de la luz sobre el agroquímico, se llega a producir una separación de las moléculas que lo componen en la superficie del suelo. Generalmente a partir de estos procesos se logra disminuir la toxicidad presente en el agroquímico, sin embargo, algunos de los compuestos degradados pueden ser mucho más tóxicos y perjudiciales para el suelo. Las sustancias de carácter polar tienden a disolverse en agua y se absorben a través del material coloidal presente en el suelo de una forma limitada, por otro lado, las sustancias que tienen una baja solubilidad en el agua suelen absorberse por medio de la materia orgánica y la arcilla del suelo, y por último los compuestos que presentan una alta presión de vapor se volatilizan del suelo al aire y a la atmósfera (Figura 5).

⁴³ *Ibíd.*, p.10

Figura 5. Destino de los agroquímicos en el suelo.



Fuente: BRODEUR, Julie; SUAREZ, Romina & ZACCAGNINI, María. Los Agroquímicos y el Ambiente. En: Programa de Formación Integral en el Uso Responsable de los Fitosanitarios. Octubre 2013. p. 10.

- **Aire**

Brodeur⁴⁴ afirma que una de las mayores fuentes de transporte de los compuestos que se encuentran en los agroquímicos es el aire, ya que una parte del producto al momento de suministrarse en la zona de aplicación no alcanza a interactuar con la superficie del suelo ni con el cultivo, sino que pasa directamente a estado gaseoso. La cantidad de agroquímico que se puede encontrar en el aire dependerá del tamaño de partícula con el que se realice la dispersión del compuesto, ya que las partículas de menor tamaño van a tener una velocidad de sedimentación mucho menor, por lo que caerán con menor rapidez al suelo y tendrán la posibilidad de viajar extensas distancias. Por otro lado, el clima juega un papel muy importante sobre la volatilización de los compuestos químicos, por lo que al haber una mayor temperatura en el ambiente la volatilización aumentará, lo que provocará altos niveles de partículas en el ambiente y su dispersión será mayor debido a otros factores ambientales como la velocidad del viento o la humedad de la zona.

⁴⁴ *Ibíd.*, p.4

Como consecuencia, Brodeur⁴⁵ manifiesta que se ha podido encontrar trazas de algunos compuestos de agroquímicos como lo son insecticidas organoclorados en regiones polares, afectando la zona y los animales de este hábitat, lo que quiere decir que los grandes movimientos en las masas de aire pueden llegar a afectar y no solo a las áreas cercanas en la aplicación del producto, sino que puede ocasionar graves daños a nivel global.

2.1.2 Plaguicidas. Según Rodríguez⁴⁶ y a partir de las problemáticas presentes, para generar una adecuada seguridad alimentaria es necesario la implementación de nuevos métodos y tecnologías capaces de satisfacer o cubrir en gran parte la incidencia que estas llegan a tener, por lo tanto, a través del tiempo y con el descubrimiento y desarrollo de la agricultura el hombre tuvo la necesidad de reducir y/o eliminar las plagas que se generaban y afectaban los cultivos y productos por medio del uso de sustancias químicas capaces de acabar con este inconveniente.

Por estos motivos, Rodríguez⁴⁷ afirma que, desde la Revolución Industrial el crecimiento en las zonas urbanas aumentó y por ende hubo una mayor dependencia de las zonas rurales para la obtención de los productos alimenticios generando una mayor producción, almacenamiento y protección de los estos, por lo que el incremento la producción en la síntesis de sustancias químicas con una toxicidad sin especificar y a menor precio para el sostenimiento de la industria y la agricultura. Años después, el descubrimiento accidental de acción plaguicida a base de compuestos naturales tales como el azufre, cobre, arsénico y el fósforo combinados con derivados del petróleo ayudaron a la síntesis y uso de fumigantes; y como último recurso alrededor del año 1940, se descubren las propiedades que contiene el dicloro difenil tricloroetano como un insecticida, más conocido como DDT.

Rodríguez⁴⁸ manifiesta que, el uso más frecuente presentado por los plaguicidas incide en la agricultura ya que ésta emplea un consumo del 85% de la producción mundial de este tipo de compuestos ya que busca mantener el control de las plagas que afectan los cultivos, por lo tanto la intensificación en la producción alimentaria da lugar al aumento de las plagas, incrementando el riesgo en la salud humana y del medio ambiente. Sin embargo el uso de estos no corresponde únicamente a la agricultura, ya que en los cuerpos de agua naturales o artificiales emplean dichos

⁴⁵ *Ibíd.*, p.6

⁴⁶ RODRIGUEZ, Asela; TAMAYO Susana & PALACIO Daniel. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. En: Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. [EbscoHost]. p. 372-387. [consultado el 3 de septiembre de 2018] Archivo en PDF: <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2109/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=6&sid=085708f3-d5ab-42c6-a0c9-298acc3124f8%40pdc-v-sessmgr02>

⁴⁷ *Ibíd.*, p.373

⁴⁸ *Ibíd.*, p.375

compuestos para prevenir el crecimiento excesivo de hongos, bacterias, algas y hierbas; o en otro aspecto, el almacenamiento de electrodomésticos, materiales de empaque de alimentos, entre otros, llegan a hacer uso de compuestos químicos con el fin de evitar un deterioro de los materiales causados por plagas de insectos y/o roedores. Estos plaguicidas vienen determinados principalmente por productos de carácter químico o biológico, los cuales al someterlos a una gran producción por medio de mezclas fabricadas a partir de distintos principios activos, ocasionan conflictos a la hora de su manejo y control en factores del ambiente y salud, menciona, por lo que se han identificado como un peligro a largo plazo y prohibidos o dado el caso, restringidos radicalmente. Para esto fue necesaria la clasificación de los plaguicidas teniendo en cuenta la toxicidad que presenta y que esta presentada en el cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación de plaguicidas según su toxicidad (DL₅₀)

Clase	Por vía oral		Por vía dérmica	
	Sólidos	Líquidos	Sólidos	Líquidos
Clase IA. Sumamente Tóxico	5 o menos	20 o menos	10 o menos	40 o menos
Clase IB. Muy Tóxico	5 – 50	20 – 200	10 -100	40 – 400
Clase II. Moderadamente Tóxico	50 – 500	200 – 2000	100 – 1000	40 - 4000
Clase III. Ligeramente Tóxico	Más de 500	Más de 2000	Más de 1000	Más de 4000

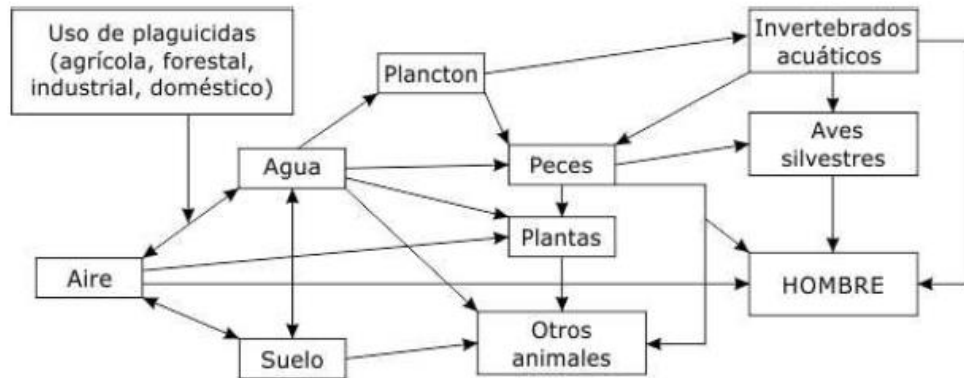
Fuente: RODRIGUEZ, Asela; TAMAYO Susana & PALACIO Daniel. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. En: Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. [EbscoHost]. p. 375. [consultado el 3 de septiembre de 2018] Archivo en PDF: <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2109/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=6&sid=085708f3-d5ab-42c6-a0c9-298acc3124f8%40pdc-v-sessmgr02>

Por lo tanto, Rodríguez⁴⁹ expresa que, la incidencia de estos productos puede llegar a ser letal, y principalmente ésta contaminación afecta directamente a los cultivos agrícolas, sin embargo, el uso de los mismos pueden afectar por medio de otros factores como lo es el lavado inadecuado de tanques de almacenamiento tratados con estos productos o simplemente el uso inadecuado y derrames provocados por parte de la población, generando una distribución química que afecta a la naturaleza y por ende a los sistemas bióticos (animales y plantas) y abióticos (aire, suelo y agua), provocando una inestabilidad en los ecosistemas y causando desordenes como los cambios meteorológicos y geomorfológicas del suelo. La distribución de

⁴⁹ Ibíd., p.378

estos efectos y la incidencia que tiene en los ecosistemas y el hombre a rasgos generales se pueden observar en la Figura 6.

Figura 6. Distribución de los plaguicidas en los sistemas bióticos y abióticos.



Fuente: CREMLYN Richard. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica.1995.

Según lo afirma el CCLA⁵⁰, a partir del año 1985, la PAN (Pesticides Action Network) lanzó una campaña a nivel mundial donde su principal objetivo era prohibir el uso de los plaguicidas sumamente tóxicos, conocidos a nivel mundial como la “Docena Sucia”, donde se encuentran: 1) DDT; 2) Lindano; 3) Los Drines; 4) Clordano Heptacloro; 5) Paration; 6) Paraquat; 7) 2,4, 5-T; 8) Pentaclorofenol; 9) DBCP; 10) EDB; 11) Canfecloro; y 12) Clordimeformo.

Esta campaña, a lo largo de los años ha acogido a diferentes organismos como la OMS (Organización Mundial de la Salud), ONGs, ambientalistas, entre otros, teniendo como prioridad cuatro factores:

- 1) Considerar la salud humana y la calidad del medio ambiente como factores más importantes que el uso y la comercialización de los plaguicidas.
- 2) Acabar con el uso de los plaguicidas de la «Docena Sucia» en los países en donde no existan condiciones apropiadas que protejan al ser humano.
- 3) Difundir llegar toda la información técnica necesaria sobre la salud y la seguridad de las personas.
- 4) Apoyar la investigación y el uso de otros métodos de control de plagas que reduzcan al mínimo o eliminen el uso de los plaguicidas.⁵¹

⁵⁰ CONSEJO CONSULTIVO LABORAL ANDINO (CCLA) & INSTITUTO LABORAL ANDINO (ILA). Por la prohibición de la "Docena Sucia". No a los plaguicidas más nocivos. Perú; 2006. p. 16-18

⁵¹ *Ibíd.*, p.12

Afortunadamente, el CCLA⁵² manifiesta que, el respaldo internacional de esta campaña ha logrado que más de 90 países del mundo hayan tomado acciones contra este tipo de plaguicidas provenientes de la “Docena Sucia”, considerando una suma de alrededor de 700 plaguicidas restringidos entre los años 1993 y 2005. Sin embargo, no todos los países que hacen parte de esta campaña han cumplido realmente con la restricción o prohibición de estos productos, como es posible observar en América Latina, donde países como Ecuador o Colombia, los cuales hicieron presencia y firmaron el Convenio de Estocolmo en el 2001, sin embargo, no tienen la suficiente rigurosidad en su legislación ni mecanismos de regulación ambiental suficientes para hacer frente a estos peligrosos compuestos de uso agrícola, lo que afecta a las comunidades, los trabajadores de este sector, los ecosistemas y las especies que los componen.

2.1.3 Fertilizantes. Guerrero⁵³ hace referencia a en el manual técnico: Propiedades Generales de los Fertilizantes de Monómeros, los fertilizantes que son utilizados en el sector agrícola son compuestos de materiales orgánicos o inorgánicos, ya que pueden contener elementos de origen natural como minerales o de origen artificial a partir de la manufactura por procesos químicos. Estos productos agroquímicos tienen el propósito de brindarle a las plantas presentes en el cultivo los elementos nutricionales necesarios para que pueda crecer. Los fertilizantes se pueden considerar productos aptos para su utilización, siempre y cuando sean solubles y tengan compatibilidad química con la planta.

Según la FAO⁵⁴, la forma en que las plantas absorben los nutrientes que necesitan para desarrollarse de manera óptima es independiente de la procedencia de la materia, es decir, no toma en cuenta si dichos compuestos vienen de procesos como la descomposición orgánica de materiales, la mineralización de las rocas o en su defecto, de fertilizantes minerales. Por lo tanto, a pesar de la indiferente procedencia de dichos materiales, si es relevante la cantidad que se han de considerar de estos nutrientes al momento de hablar sobre la calidad del producto agrícola.

Pérez⁵⁵ manifiesta que, la comercialización de este tipo de productos varía de la cantidad de componentes nutritivos tales como el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K). Como, por ejemplo, la Urea contiene una mayor concentración de N

⁵² *Ibíd.*, p.12-13

⁵³ GURRERO, Ricardo. Manual Técnico – Propiedades generales de los Fertilizantes. 2004. Ed.4. Archivo en PDF: <http://www.monmeros.com/descargas/dpmanualfertilizacion.pdf>

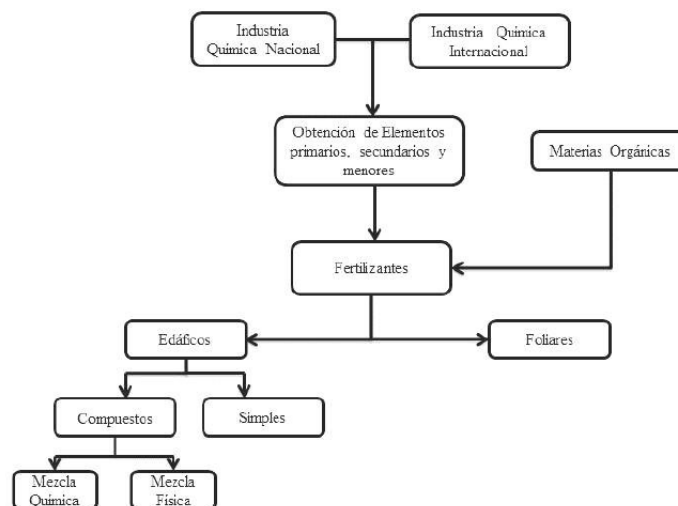
⁵⁴ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. (FAO) (1989). Estrategias en Materia de Fertilizantes. En: FAO, Fomento de Tierras y Agua. Roma: Colección FAO. p.7-11

⁵⁵ PÉREZ, Juan. Uso de los fertilizantes y su impacto en la producción agrícola. Tesis de Maestría Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 2014. p. 28

(46%), mientras que otros productos como el Fosfato Diamónico (DAP) y el Fosfato Monoamónico (MAP) contienen un 18% de N más 46% de P₂O₅ y 11% de N más 52% de P₂O₅ respectivamente, teniendo en cuenta que estos son productos que han sido sintetizados, más no se encuentran de forma natural de esta manera.

Pérez⁵⁶ expresa que en Colombia, los nutrientes utilizados en estos productos fertilizantes son en su mayoría importados y elaborados a partir procesos químicos o físicos, variando así su concentración y presentación final, dándoles un uso edáfico (aplicación directa al suelo) o foliar (aplicación por dispersión a las hojas). Con respecto a los fertilizantes edáficos se dividen en simples y compuestos. Los fertilizantes simples, tienen la característica de contener únicamente un componente de los tres más esenciales, mientras que los fertilizantes compuestos pueden contener dos o más de estos elementos nutricionales, además de tener algunos compuestos secundarios tales como el calcio, azufre o magnesio. Este proceso de producción de fertilizantes en Colombia se puede observar en la figura 7.

Figura 7. Esquema del proceso de producción de los fertilizantes en Colombia



Fuente: TOVAR, J. A. Estructura y poder del mercado en sector de agroquímicos en Colombia. Recuperado el 5 de enero de 2013, de [minagricultura.gov: http://www.minagricultura.gov.co/02componentes/docs/Estudio%20agroq%20CEDE-UANDES.pdf](http://www.minagricultura.gov.co/02componentes/docs/Estudio%20agroq%20CEDE-UANDES.pdf)

El SIPSA⁵⁷ afirma que, en términos globales, los fertilizantes con mayor utilidad en la agricultura corresponden al nitrógeno, fósforo y potasio, siendo Estados Unidos,

⁵⁶ *Ibíd.*, p.28

⁵⁷ SIPSA. Boletín Mensual. Precios de insumos y factores de producción agrícolas. [consultado el 15 de septiembre de 2018], de SIPSA: http://201.234.78.28:8080/jspui/bitstream/123456789/3391/1/Agricola%20Noviembre_11.pdf

China, Brasil, India y países de Europa Central, los mayores consumidores de estos productos. Según lo anteriormente mencionado, el MADR⁵⁸ afirma que, a nivel mundial se producen 400 millones de toneladas de fertilizantes anualmente, como lo expresa el documento Conpes 3577, siendo Colombia el responsable del 0.375% correspondiente a esa cantidad y teniendo en cuenta los años en los que ha tenido una mayor actividad en las importaciones, por lo que esta baja influencia sobre el mercado hace que el país este vulnerable los cambios que presenten los costos de estos productos en cuanto a oferta y demanda se refiere.

Según el MADR⁵⁹ y lo estipulado en el documento Conpes 3577, las empresas que aportan el 94% del mercado de fertilizantes principalmente corresponden a: Monómeros S.A., Abonos Colombianos - Abocol, Ecofertil S.A., Yara de Colombia Ltda., Nutrición de Plantas S.A., y C.I. de Azúcares y Mieles – CIAMSA. En el cuadro 2 se observan las empresas que tuvieron mayor cantidad de ventas en Colombia para el año 2009.

Cuadro 2. Clasificación de ventas de fertilizantes en kilogramos y litros de las 19 empresas con mayor porcentaje de ventas durante el año 2009.

Empresa	Ventas (Kg)	%	Empresa	Ventas (L)	%
Monómeros S.A.	535.080.463	32	Abocol S.A.	19.468.000	50
Yara Colombia Ltda.	396.721.910	24	Brenntag Colombia S.A.	14.318.224	37
Abocol S.A.	275.101.000	17	Cospacol Ltda	1.629.595	4
Ecofertil S.A.	139.776.630	8	Arista Lifecience S.A.	874.721	2
Abonamos S.A.	43.500.000	3	Colinagro S.A.	339.159	1
Mejisulfatos S.A.	36.480.323	2	Stoller Colombia S.A.	317.144	1
Inferhuila S.A.	21.053.000	1	Bayer Cropscience S.A.	233.033	1
Fosfatos de Boyacá S.A	18.512.225	1	Multiquímica Ltda.	169.682	0

⁵⁸ MADR (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural). Anuario estadístico del sector agropecuario y pesquero. [consultado el 15 de septiembre de 2018], de agronet: <http://201.234.78.28:8080/jspui/handle/123456789/1911>

⁵⁹ *Ibíd.*, p.3

Cuadro 2. (Continuación)

Promical	17.998.350	1	Microfertiza S.A.	155.572	0
Santiago Puerta y CIA Ltda.	16.069.170	1	C.I. Efoltec S.A.	118.938	0
Total	1.500.293.071	91	Total	37.624.068	97

Fuente: ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). Comercialización de fertilizantes y acondicionadores de suelos 2008. Subgerencia de protección vegetal. Dirección técnica de inocuidad e insumos agrícolas. Ed. Produmedios, De ica.gov:
[http://www.ica.gov.co/Areas/Agricola/Servicios/Fertilizantes-y-Bioinsumos-Agricolas/Estadisticas/Estadisticas-\(1\)/2008/Comercializacionfertilizantes-2008.aspx](http://www.ica.gov.co/Areas/Agricola/Servicios/Fertilizantes-y-Bioinsumos-Agricolas/Estadisticas/Estadisticas-(1)/2008/Comercializacionfertilizantes-2008.aspx)

Como se puede observar, la producción de fertilizantes y el consumo de estos productos son muy altos a nivel nacional e internacional, presentando beneficios para los cultivos a tratar, sin embargo, también presentan una problemática grave al medio ambiente, tratándose de la eutrofización.

Según RAPAL⁶⁰, la eutrofización es un fenómeno que genera efectos biológicos y biogeofísicos en un medio acuático, provocados por el exceso de nutrientes suministrados al mismo, donde se encuentran principalmente componentes como el nitrógeno y fósforo, sin embargo también es posible llegar a encontrar trazas de otros minerales como el potasio, calcio, sílice, magnesio o hierro. Se considera un ecosistema como Eutotrofo, al medio que está sometido a contener una cantidad anormal de nutrientes, encontrándose forzado y bajo estrés, generando cambios drásticos en su funcionamiento y ocasionando reacciones indeseables.

RAPAL⁶¹ afirma que, durante un periodo de tiempo, la eutrofización era considerada como un proceso de descarga natural de los nutrientes u otros materiales en un largo plazo, los cuales provocaban efectos en los sistemas acuáticos, como por ejemplo en los lagos, que al recibir estos compuestos se transformaban en ciénagas con el paso del tiempo, hasta llegar al punto de consolidarse en un sistema terrestre. Sin embargo, actualmente este fenómeno se le conoce como “Eutrofización Cultural”, donde se refiere a la intervención de las actividades antropogénicas.

En un contexto general, RAPAL⁶² describe que, el fenómeno de eutrofización se produce a partir de un aumento en la biomasa del ecosistema acuático, acabando poco a poco con la biodiversidad que allí se encuentra. En estos ecosistemas, se produce una alteración en los organismos presentes, lo que ocasiona una

⁶⁰ RAPAL URUGUAY. Contaminación y eutrofización del agua. p.14 ISBN: 978-9974-8029-7-1. [consultado el 12 de septiembre de 2018] Archivo en PDF: <http://ww.rapaluruaguay.org/agrotoxicos/Uruguay/Eutrofizacion.pdf>

⁶¹ *Ibíd.*, p.16

⁶² *Ibíd.*, p.16

proliferación acelerada de las algas unicelulares, cianobacterias, entre otras plantas acuáticas, provocando un exceso de las mismas e impidiendo el paso de la luz solar a las profundidades del cuerpo de agua. Este proceso conlleva a varios efectos en cadena, ya que las algas submarinas al no recibir la energía proveniente del sol, son incapaces de realizar el proceso de fotosíntesis, evitando que se genere oxígeno y por consiguiente, acabando con la vida marina que se presente allí. A partir de esto, el ecosistema acuático en cuestión, poco a poco va tomando un carácter anaerobio, ya que en él se concentran rápidamente diversos gases como el metano, el anhídrido sulfuroso y el anhídrido carbónico, lo que hace que la biota en general se reduzca significativamente, mientras que la bioacumulación de sustancias tóxicas, los vectores y diversos organismos patógenos, comienzan a ser invasores del ecosistema.

RAPAL⁶³ manifiesta que, entre las principales causas antropogénicas de la eutrofización, corresponden a: la descarga de aguas residuales, por su alto contenido de nutrientes, lo que genera dicha afectación a los cuerpos de agua donde se haga la disposición de estas; el uso inadecuado y excesivo de los fertilizantes, ya que comúnmente aporta altas cantidades de nitrógeno y fósforo al ecosistema acuático; entre otras causas que provocan la degeneración de las superficies acuáticas que conforman nuestros ecosistemas.

2.1.4 Consecuencias en la salud humana. Como se ha mencionado anteriormente, los compuestos que hacen parte de los agroquímicos llegan a ser bastante perjudicables para los ecosistemas en general, llegando a acabar poco a poco con el entorno y las especies que habitan en ellos. Por lo tanto, el hombre al ser el creador, promotor y causante de estas actividades y problemáticas, no podía salir librado de sus consecuencias, por lo que también se ve implicado en los efectos que estos productos químicos generan. Según lo afirma Conant⁶⁴, las personas perjudicadas por el impacto de este tipo de productos se deben principalmente a factores como la exposición que el individuo tenga sobre el producto químico y la toxicidad que presente, teniendo en cuenta el tiempo el cual fue sometido al mismo, y presentará variaciones en la afectación dependiendo el estado de salud que se encuentre la persona en cuestión.

Otro tipo de casos que se pueden encontrar es la afectación de los productos químicos cuando el cuerpo del individuo se encuentra en desarrollo, según lo manifiesta Conant⁶⁵, como por ejemplo, al momento en que un niño o adolescente está en etapa de crecimiento y desarrollo, o la formación de un bebé en el vientre

⁶³ *Ibíd.*, p.16

⁶⁴ CONANT, Jeff & FADEM, Pam. Guía comunitaria para la salud ambiental. Ed. Hesperian. p.321. ISBN: 978-0-942364-59-0. [consultado el 11 de septiembre de 2018]. Archivo en PDF: <https://ongcaps.files.wordpress.com/2012/04/guc3ada-comunitaria-para-la-salud-ambiental.pdf>

⁶⁵ *Ibíd.*, p.312

de la madre, pueden llegar a verse perjudicados, presentando problemas de aprendizaje, crecimiento irregular, alergias, o en casos más extremos presentan malformaciones o enfermedades cancerígenas.

En algunos casos, Conant⁶⁶ afirma que ingerir pequeñas dosis de diversos productos químicos no causara problemas significativos a nuestra salud, como lo es el caso del cianuro o arsénico, que tiende a causar graves complicaciones en cantidades excesivas. Sin embargo, este no es el caso de los COP (contaminantes orgánicos persistentes) ya que, a pesar de ser ingeridos en pequeñas cantidades, pueden ocasionar graves efectos, tal como se puede observar en el cuadro 3.

Cuadro 3. Efectos de los plaguicidas de la “Docena Sucia”

Plaguicida	Principales Efectos	
	En el medio ambiente	En la salud humana
<p>1.- DDT Clase química: Organoclorado. Nombre común: Diclorodifenil tricloroetano (DDT).</p>	<p>No se descompone y se encuentra presente en casi todos los seres vivos. Es contaminante de fuentes de agua subterránea. Presenta grave peligro para las aves y algunas otras especies.</p>	<p>A.-Envenenamiento agudo: Casi no se ha encontrado envenenamientos fatales con DDT, pero cuando se acumula en dosis altas dentro del cuerpo puede producir parálisis de la lengua (Kú ata), parálisis de los labios y cadera, opresión, irritabilidad, mareo, temblores y convulsiones. B.-Envenenamiento Crónico: El DDT se acumula en la grasa del organismo humano y en cantidades elevadas y peligrosas en la leche materna. Produce lesiones en el cerebro y el sistema nervioso.</p>
<p>2. – LINDANO Clase química: Organoclorado. Nombre común: Gamexane (Gamesán).</p>	<p>El HCH y el Lindano persisten en el ambiente durante largo tiempo y se acumula en la cadena alimenticia. Han sido encontrados en aguas subterráneas. El Lindano es extremadamente tóxico para los peces.</p>	<p>El Lindano está siendo revisado por causar defectos en los recién nacidos y producir cáncer en el hombre. A.-Envenenamiento Agudo: afecta los nervios y produce convulsiones y alteraciones. El envenenamiento más severo puede presentar espasmos musculares, convulsiones y dificultades respiratorias. B.-Envenenamiento Crónico: afecta al hígado y los riñones. El Lindano está siendo revisado por causar defectos en los bebés y producir cáncer.</p>

⁶⁶ Ibíd., p.321

Cuadro 3. (Continuación).

<p>3.- LOS DRINES Clase química: Organoclorado. Nombre común: Aldrin, Dieldrin, Endrín.</p>	<p>Alta persistencia ambiental: se los ha encontrado en aguas de lluvia, subterráneas y de la superficie.</p> <p>El Aldrin y el Dieldrin son altamente móviles y, una vez que se encuentran en el ambiente, su expansión es incontrolable.</p>	<p>A.-Envenenamiento Agudo: los síntomas leves o moderados pueden incluir mareos, náuseas, dolor de estómago, vómito, debilidad, irritabilidad excesiva.</p> <p>B.-Envenenamiento Crónico: sus efectos se asocian con los malestares propios del nacimiento de un bebe. Se han asociado algunos daños al cerebro y al sistema nervioso en los seres vivos con la exposición al Aldrin.</p>
<p>4. – CLORDANO, HEPTACLORO Clase química: Organoclorado. Nombre común: Clordano/Heptacloro.</p>	<p>Son tóxicos para los insectos benéficos, para los peces, las aves y la fauna en general.</p> <p>Persiste en el ambiente y se acumula en la cadena alimenticia.</p>	<p>A.-Envenenamiento Agudo, puede producir mareo, debilidad, náuseas, dolor de estómago, irritabilidad excesiva. Si es envenenamiento severo, puede producir espasmos musculares, convulsiones y dificultades respiratorias.</p> <p>B.-Envenenamiento Crónico: se considera que el uso de estos plaguicidas se asocia con el cáncer y la leucemia en los seres humanos.</p>
<p>5.- PARATION Clase química: Organofosforado. Nombre común: Paratión, Metil Paratión.</p>	<p>Es altamente tóxico para las aves, las abejas y otras especies.</p>	<p>A.-Envenenamiento Agudo: las señales de envenenamiento con insecticidas organofosforados suelen aparecer rápidamente.</p> <p>Los efectos sobre el sistema nervioso central varían desde dificultades al hablar, pérdidas de los reflejos normales y convulsiones, hasta llegar al estado de coma.</p> <p>La inhalación puede causar una opresión en el pecho o un aumento de las secreciones nasales y bronquiales.</p> <p>B.-Envenenamiento Crónico: se sabe que el Paratión origina cambios en el embrión, causando abortos espontáneos.</p>
<p>6.- PARAQUAT Clase química: Herbicida. Grupo: Dipyridilos. Nombre común: Paraquat, Gramoxone.</p>	<p>El Paraquates es extremadamente tóxico para las plantas y los animales, especialmente los peces.</p>	<p>A.-Envenenamiento Agudo: la inhalación y el contacto con la piel pueden provocar tos y sangre en la nariz y daños irreversibles en los pulmones. Daños en el hígado o los riñones pueden ocurrir después de 48 a 72 horas de exposición.</p> <p>B.-Envenenamiento Crónico: los daños a largo plazo en los pulmones son irreversibles y pueden ser fatales al ingerir solamente una cucharita de este compuesto.</p>

Cuadro 3. (Continuación).

<p>7.- 2, 4, 5 – T Clase química: Herbicida, Grupo Clorofenoxílico. Nombre común: Tributon 60 - Tordon Basal- Tordon 225e.</p>	<p>El 2, 4,5 - T mata o daña gravemente a la vegetación y es tóxico para los animales, especialmente para los peces. Estudios indican que el 2, 4, 5 - T produce cáncer en los animales.</p>	<p>A.-Envenenamiento Agudo: Los síntomas más agudos comprenden quemaduras en la garganta, en la nariz y en las vías respiratorias. Puede producir tos, debilidad muscular, ojos rojos y llorosos y erupciones en la piel. B.-Envenenamiento Crónico: los trabajadores de la producción de 2, 4, 5 – T sufrieron desórdenes en el hígado, enfermedades de la piel, cambios neurológicos y de comportamiento.</p>
<p>8 – PENTACLOROFENOL (PCB) Clase química: Insecticida Clorinado. Nombre común: Pentaclorofenol</p>	<p>El Pentaclorofenol es tóxico para las especies que no son el objeto de la aplicación, especialmente para peces y animales acuáticos. Además, se acumula en la cadena alimenticia.</p>	<p>A.-Envenenamiento Agudo: el contacto excesivo produce debilidad, pérdida del apetito, dificultad para respirar, sudor excesivo, fiebre alta y rápido estado de coma. B.-Envenenamiento Crónico: la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos ha determinado que el Pentaclorofenol puede producir cáncer. Se ha encontrado que también causa defectos en el embrión en animales de laboratorio y puede causar defectos al nacer o abortos espontáneos en los humanos.</p>
<p>9. DIBROMOCLOROPROPANO (DBCP) Clase química: Alocarburo. Nombre común: Nemafume, Nemagón, Fumazone.</p>	<p>El DBCP se considera como un veneno que persiste y que penetra rápidamente a las fuentes subterráneas de agua.</p>	<p>A.-Envenenamiento Agudo: el envenenamiento con DBCP puede producir mareo, náusea, debilidad, dolor de estómago y vómito. El contacto con la piel y los ojos causa irritabilidad. B.-Envenenamiento Crónico: la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer ha determinado, por motivos prácticos, que el DBCP debe ser considerado como un riesgo de cáncer para los humanos. También se le ha considerado como causa de esterilidad en los hombres.</p>
<p>10.- DIBROMURO DE ETILENO (EDB) Clase química: Halocarburo. Nombre común: Bromofume, Dibrome, Granosan.</p>	<p>El DBE es un veneno de larga duración que se ha encontrado en fuentes subterráneas de agua en muchos sitios. Produce cambios en los genes de muchas plantas y animales y afecta la fertilidad de los mamíferos.</p>	<p>El DBE penetra la piel de los humanos y la mayoría de la ropa protectora, la goma y el plástico. A.- Envenenamiento Agudo: el DBE es un fuerte irritante para los ojos y la piel. Puede producir daños al hígado, a los riñones, a los pulmones y al sistema nervioso. B.-Envenenamiento Crónico: el DBE ha causado cáncer en los animales de laboratorio. Entre los plaguicidas examinados en los Estados Unidos es la sustancia más potente que produce cáncer. Puede producir daños a los pulmones, al hígado y a los riñones.</p>

Cuadro 3. (Continuación).

<p>11.-CANFECLORO Clase Química: Organoclorado Nombre Común: Confecloro, Toxafeno</p>	<p>El Toxafeno es peligroso para las especies que no son objetos de su aplicación, especialmente para peces y animales acuáticos.</p>	<p>A.-Envenenamiento Agudo: El Toxafeno actúa como estimulante para el cerebro y la columna vertebral, causando convulsiones en todo el cuerpo. B.-Envenenamiento Crónico: Según la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer, el Toxafeno produce cáncer en los humanos.</p>
<p>12.CLORDIMEFORMO (CDF) Clase química: Formamidinas. Nombre común: Galecron, Fundal, Acaron.</p>	<p>Tóxico para los peces y los animales en general.</p>	<p>A.-Envenenamiento Agudo: el Clordimeformo produce dolores de estómago y de espalda, sensaciones de calor por todo el cuerpo, sueño, irritación de la piel, falta de apetito y sabor dulce de la boca, sangre en la orina o total suspensión urinaria. B.-Envenenamiento Crónico: produce cáncer en los animales de laboratorio. Puede ocasionar daños en la vejiga de los humanos.</p>

Fuente: CONSEJO CONSULTIVO LABORAL ANDINO (CCLA) & INSTITUTO LABORAL ANDINO (ILA). Por la prohibición de la "Docena Sucia". No a los plaguicidas más nocivos. Perú; 2006. p. 16-18

2.2 SECTOR AGRÍCOLA EN COLOMBIA

Finalizando el tercer trimestre del año 2017, el Banco Agrario de Colombia⁶⁷ determinó un registro de un crecimiento en la economía del 2%, siendo un cambio positivo al segundo trimestre del mismo año ya que registraba un valor de 1.2%. Dentro de este crecimiento económico, el PIB agropecuario cumple un papel fundamental, ya que actuó como el principal motor para dicho crecimiento, ubicándose como el mayor aportador en la economía del país, registrando variaciones de 7.1%, donde su mayor crecimiento se debe en primera instancia al sector cafetero, el cual registró una expansión del 21.2% frente al segundo trimestre del año 2017, ya que en este periodo habría sufrido grandes afectaciones en la producción debido a la alta nubosidad las cuales generaron demoras en la floración de los cafetales.

⁶⁷ BANCO AGRARIO DE COLOMBIA. Informe Trimestral Agropecuario, Investigaciones Económicas. [Sitio Web]. Bogotá D.C., Colombia. Enero 2018. p. 2. [citado el 13 de noviembre, 2018] Archivo en PDF: <https://www.bancoagrario.gov.co/EstudiosEconomicos/Informe%20Trimestral%20Agropecuario/ITA201804.pdf>

Cuadro 4. Comportamiento del PIB agropecuario por subsectores (variaciones anuales).

Subsector	3T16	2T17	3T17	Participación	Aporte (p.p.)
Café	-16.2%	-17.9%	21.2%	13%	5.0
Pecuario	-0.3%	3.3%	5.0%	37%	0.6
Silvicultura	-0.9%	-6.8%	-2.0%	5%	0.2
Otros agrícolas	3.9%	12.4%	6.0%	45%	-2.8
Agropecuario (sin café)	1.2%	1.2%	2.0%	87%	0.6
Total Agropecuario	-0.6%	4.0%	7.1%	100%	3.2

Fuente: DANE. Elaboración Investigaciones Económicas – Banco Agrario de Colombia (BAC).

Para 3T17, el Banco Agrario de Colombia⁶⁸ afirmó que se puede observar una expansión en el sector pecuario a una tasa de 5% (Cuadro 4), por lo que fue una grata sorpresa frente al aumento que se dio en el 2T17, ya que las expectativas que se tenían no eran del todo positivas en relación a la producción de carne de res, ya que los problemas que se observan frente a la producción de carne de ganado vacuno se encontró el sacrificio de hembras en el ganado vacuno, luego de sufrir las afectaciones presentadas por el fenómeno de El Niño en el hato ganadero en el 2016, por otra parte también están los problemas de contrabando que se originan en la frontera con Venezuela, y finalmente los casos presentados por la fiebre aftosa, las cuales llevaron al sacrificio de 3,325 animales. El crecimiento el PIB en el sector pecuario lo lidera el sector avícola, el cual presentó un crecimiento del 7,1% según los reportes de Fenavi. Por otra parte, la silvicultura, extracción de madera y pesca, registró una caída en el 3T17 a pesar de que este sector solo representa un 5% en el PIB (Cuadro 4).

Finalmente, el Banco Agrario de Colombia⁶⁹ hizo referencia con respecto a los cultivos agrícolas colombianos, omitiendo la producción de café en este apartado, que se registraron crecimientos del 6% (Cuadro 4), como por ejemplo se ve en la producción de arroz, donde se obtuvo una cifra de 2.12 millones de toneladas, la cual tuvo un valor inferior al semestre anterior, disminuyendo su producción en 100 mil toneladas, por lo que se estima que la oferta en otro tipo de cultivos permanentes y transitorios habrían tenido un crecimiento de alrededor el 5,2%.

⁶⁸ *Ibíd.* p. 3

⁶⁹ *Ibíd.* p. 3

Según lo anteriormente mencionado, el Banco Agrario de Colombia⁷⁰ describe el crecimiento del PIB en el sector agropecuario para el 2017 pasaría de un estimado preliminar de 4,7% hasta un 5,1%, lo que representa un aumento significativo en la economía colombiana y de seguir en esa tendencia, el sector agropecuario se comportaría como una de las principales fuentes de aumento económico a corto plazo en el país.

En el primer periodo del 2018, la Sociedad de Agricultores de Colombia⁷¹ afirma que, a partir de los acuerdos realizados por los países árabes y Rusia, se generó un aumento en los precios del petróleo, además de los altos niveles de extracción y producción de petróleo por parte de Estados Unidos, afectando el peso colombiano por su devaluación frente al dólar. Así mismo, el precio en los alimentos e insumos agrícolas derivados del petróleo aumentaron con respecto al último trimestre del 2017.

Lo que respecta al mercado en Colombia, la Sociedad de Agricultores en Colombia⁷² manifiesta que las exportaciones de los productos agropecuarios crecieron un 7,6%, mientras que las importaciones disminuyeron en un 9,1%. Estos valores están relacionados principalmente por las ventas generadas externamente por el aceite de palma, el café y banano.

⁷⁰ *Ibíd.*, p.3

⁷¹ SOCIEDAD DE AGRICULTORES DE COLOMBIA. Informe Trimestral de Coyuntura Agropecuaria. [Sitio Web]. Bogotá D.C., Colombia. 2018. p. 1. [citado el 13 de noviembre, 2018] Archivo en PDF: <http://sac.org.co/images/estueconomicos/CoyunturaTrim-I2018.pdf>

⁷² *Ibíd.*, p.1

3. PROPUESTAS PARA LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

3.1 BIOINSUMOS

Según Carvajal⁷³, el desarrollo agrícola en las últimas décadas ha estado en constante crecimiento dada la necesidad de abastecer a la población, por lo que se ha optado por implementar nuevos métodos en la mejora y eficiencia de los cultivos, disminuyendo la cantidad de uso de fertilizantes químicos con el propósito de aumentar las ganancias de área cultivada y mitigar efectos sobre el suelo, por esta razón, el uso de fertilizantes biológicos, en reemplazo de los fertilizantes químicos tradicionales, ayudan al crecimiento de los frutos, al rendimiento de las cosechas y pueden llegar a ser fáciles en su aplicación además de que podrían ser resistentes al ataque de las plagas. Esta fertilización biológica se basa principalmente en la utilización de insumos naturales como lo son abonos, exceso de cosechas, diversas aguas residuales, estiércol animal, materia orgánica en descomposición y distintos microorganismos como hongos y bacterias, utilizados para mejorar la adhesión de nutrientes en el suelo y su estabilidad, produciendo un estímulo de crecimiento en las plantas y facilitando el control biológico en la biodegradación de sustancias y desarrollando procesos de biorremediación para suelos afectados con sustancias tóxicas.

Carvajal⁷⁴ expresa que el uso de estos biofertilizantes mejora el área de productividad del cultivo en poco tiempo, ayudando a disminuir los consumos energéticos, aumentando la fertilidad del suelo y evitando la contaminación de suelos y aguas, otorgando beneficios económicos para los agricultores y un mayor rendimiento de la producción agrícola, por lo que estos métodos de implementación favorecen aspectos sociales, ambientales y económicos.

Vessey⁷⁵ describe que se conoce como un biofertilizante a los productos que contienen una carga de microorganismos encontrados de forma natural, que al momento de ser inoculado a un cultivo se asocian a la simbiosis con las plantas, ayudando a generar una mayor nutrición y protección de las mismas, Dado esto, Alarcón⁷⁶ afirma que la implementación de hongos y bacterias promotoras del

⁷³ CARVAJAL, Juan & MERA, Adriana. Fertilización Biológica: Técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. En: Revista Producción + Limpia. [EbscoHost]. Vol. 5, No 2. p. 79. [consultado el 13 de septiembre de 2018] Archivo en PDF: <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2109/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=9&sid=085708f3-d5ab-42c6-a0c9-298acc3124f8%40pdc-v-sessmgr02>

⁷⁴ *Ibíd.*, p.79

⁷⁵ VESSEY, Kevin. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. En: Plant and soil. [SpringerLink] 2003. Vol. 255 571–586. [consultado el 13 de septiembre de 2018]. Archivo en PDF: <https://link.springer.com/article/10.1023/A%3A1026037216893>

⁷⁶ ALARCÓN, Alejandro & FERRERA, Ronald. Biofertilizantes: importancia y utilización en la agricultura. En: Revista técnica en México. [Google Académico] p. 191-203. ISSN: 0568-2517.

crecimiento vegetal han generado diversos beneficios a la hora de implementarlos en los cultivos, ya que, en el caso de los hongos, la mejora significativa que al observar un incremento con respecto al carácter y estado nutricional de las plantas por medio de la extensión que utilizan las raíces de las plantas por medio de las hifas del hongo ayudan a captar mayor contenido de agua y nutrientes como el fósforo, nitrógeno, potasio y calcio, además que este genera una tolerancia mayor a los cambios de temperatura y bajos índices de acidez causados por la presencia de compuestos como el aluminio, magnesio y azufre, y también promueven la protección contra agentes patógenos que afectan las plantas. Por otro lado, Lugtenbergh⁷⁷ describe que las bacterias promotoras del crecimiento vegetal producen cambios benéficos en la estimulación del crecimiento de las plantas, ya que estas ayudan a la fijación biológica de nitrógeno, a generar una mayor producción en los reguladores asociados al crecimiento, vitaminas, entre otras sustancias, controlan el crecimiento y proliferación de microorganismos patogénicos y mejoran la disponibilidad de los nutrientes que se encuentran en la rizosfera.

Por lo tanto, Carvajal⁷⁸ afirma que los siguientes métodos de fertilización biológica en los suelos pueden llegar a generar las mejoras anteriormente mencionadas:

3.1.1 Compostaje. Petiot⁷⁹ describe que esta técnica de fertilización orgánica de suelos y estabilización de residuos orgánicos es una de las más antiguas y utilizadas, y tiene el objetivo de obtener un producto química y biológicamente estable con un alto contenido de micro y macro nutrientes, por lo que se desarrolla a través de cepas de microorganismos que generan una descomposición de compuestos orgánicos y por ende un diferencial de temperatura, por tal razón, de forma análoga el pH en el medio se disminuye por acción de los ácidos orgánicos producidos y al momento de alcanzar temperaturas cercanas a los 40°C la degradación por medio de bacterias termófilas se hace presente, elevando la temperatura a un aproximado de 65°C. Una vez terminada la degradación del material orgánico, tanto la velocidad de las reacciones presentes como la temperatura sufrirán una disminución (enfriamiento) dando paso a la etapa de

[consultado el 13 de septiembre de 2018]. Archivo en PDF: <https://www.redalyc.org/pdf/608/60826207.pdf>

⁷⁷ LUGTENBERGH & KAMILOVA. Plant Growth Promoting rhizobacteria. En: Annual Review of Microbiology. [Google Académico]. Vol. 63 p. 541-556. [consultado el 15 de septiembre de 2018]. Archivo en PDF: https://www.researchgate.net/profile/Faina_Kamilova/publication/229138683_Plant-Growth-Promoting_Rhizobacteria/links/0fcfd5007bf840eccd000000/Plant-Growth-Promoting-Rhizobacteria.pdf

⁷⁸ CARVAJAL & MERA, Óp. cit., p. 80-86

⁷⁹ PETIOT & GUARDIA. Composting in a Laboratory Reactor: A review. En: Compost Science & Utilization. [EbscoHost] 2004. p. 69-79. [consultado el 13 de septiembre de 2018]. Archivo en PDF: <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2109/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=14&sid=085708f3-d5ab-42c6-a0c9-298acc3124f8%40pdc-v-sessmgr02>

maduración llevada a cabo por varios meses. Esta técnica favorece la productividad en los cultivos ya que promueve el crecimiento de las plantas al incorporar nutrientes esenciales al suelo de cultivo, además que es un proceso económico.

3.1.2 Estiércol animal. Este método utilizado por los agricultores para la fertilización de suelos ha sido ampliamente empleado por sus bajos costos con respecto a la obtención, el transporte y procesamiento del mismo, ya que al encontrarse en gran disponibilidad genera beneficios en su uso, otorgando un gran aporte nutricional a los suelos con este tipo de deficiencias, por lo tanto, el estiércol llega a presentar aportes de altas, medias y bajas proporciones de nitrógeno y potasio, calcio y fósforo, y magnesio y azufre respectivamente, generando efectos favorables en la consistencia fisicoquímica del suelo, en el crecimiento de las plantas y en la formación de unidades microbianas benéficas. Además, el estiércol genera una descomposición de sólidos orgánicos entre un intervalo del 20% y 40% dada la gran cantidad de nitrógeno presente, por lo que hay una descomposición rápida.

3.1.3 Biosólidos. En la antigüedad el uso de lodos residuales o sedimentarios provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) se aplicaban en los suelos con el fin de aprovecharlos en el sector agrícola y forestal, aplicándolos por medio de diferentes técnicas como lo es la inyección, irrigado, vertido, entre otras, las cuales permiten reducir la influencia que tienen las plagas de insectos en los cultivos y los malos olores, por medio de la descomposición ocasionada por los microorganismos que se encuentran en estas y generando nutrientes para el suelo, siendo así una alternativa económica y ambientalmente prometedora.

3.1.4 Abonos verdes. Esta técnica consiste en la incorporación de tejido vegetal proveniente de los abonos verdes al suelo con el propósito de realizar correcciones o mejoras a las características y propiedades físicas del mismo, presentadas en cultivos de un acelerado crecimiento tales como la avena, el centeno o las arvejas. Dicho método llega a tener beneficios en el incremento de materia orgánica presente en el suelo, lo cual genera un desarrollo en los procesos metabólicos de la flora que ahí habita además de otras especies vegetales, ya que, al estar en contacto directo con el suelo, la descomposición producida por los microorganismos genera compuestos húmicos los cuales incrementan la capacidad de adsorción de los nutrientes, además de favorecer el drenaje, la aireación y granulación presente en el suelo.

Los abonos verdes también tienden a generar compuestos como el dióxido de carbono, amonio, nitritos, nitratos, además de otros compuestos fácilmente asimilables por las plantas, lo cual repercute benéficamente en el crecimiento y desarrollo de estas.

A partir de estas técnicas y la implementación de las mismas, Carvajal⁸⁰ expresa que el uso de fertilizantes biológicos llegan a tener grandes ventajas como lo es: el desarrollo de la actividad biológica presente en los suelos genera una movilización de los nutrientes donde se ven influenciadas las plantas presentes; el suministro del material orgánico promueve el crecimiento microbiano benéfico para el suelo, dado que el suelo genera una estructura firme llega a favorecer el crecimiento de las raíces; sin embargo, estos métodos tienen sus limitaciones y por ende no deben usarse en grandes cantidades, ya que podrían llegar a presentar acumulaciones de sales, excesos de nutrientes y metales pesados, que causarían efectos contrarios sobre el desarrollo vegetal presente y afectando la calidad de los recursos hídricos cercanos, y por consiguiente, la salud humana.

Con respecto a lo anteriormente mencionado, Hodson⁸¹ afirma que es necesario que el desarrollo de los bioinsumos implicados en el estudio de la diversidad microbiana y correspondiente a cada tipo de suelo y cultivos vegetales, pueda llegar a tomar entre cinco a diez años, con el fin de garantizar una calidad adecuada y obtener buenos resultados por parte de los agricultores, y así mismo cumplir con los requisitos básicos legales que exigen las entidades regulatorias del país, para aumentar la confianza en la comercialización e implementación de los productos biológicos.

Es por esto que el Convenio de Diversidad Biológica (CDB)⁸², se realizó un diseño jurídico e institucional, el cual hace referencia al acceso al recurso genético, contemplando allí el uso de microorganismos, por lo que en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, realizada en el 2002 en Johannesburgo, se ejecutó una negociación en donde se promueva y preserve el uso de los beneficios que genera la participación de los recursos genéticos. Por lo tanto, en el año 2010, se estableció el Protocolo de Nagoya, el cual tiene como propósito garantizar una utilización equitativa correspondiente a los beneficios que aportan los recursos genéticos, a partir del uso correcto de las tecnologías afines y el acceso adecuado a los mismos.

⁸⁰ CARVAJAL & MERA. Óp. cit., p. 86-87

⁸¹ HODSON, Elizabeth & ZAMUDIO, Teodora. Uso de bioinoculantes en la agricultura: Alternativa de manejo sostenible. En: Biotecnologías e Innovación: el compromiso social de la ciencia. Ed. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. p. 327. ISBN: 978-958-716-587-6

⁸² SECRETARIA DEL CONVENIO DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA. Protocolo de Nagoya sobre acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización al Convenio sobre la diversidad biológica. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Montreal, Canadá. 16p. ISBN: 92-9225-310-7. [consultado el 13 de septiembre de 2018] Archivo en PDF: <https://www.cbd.int/abs/doc/protocol/nagoya-protocol-es.pdf>

En relación al caso colombiano, Ruíz⁸³ afirma que el desarrollo e investigación científica ha estado limitado por la Decisión 391 que aprobó la Comunidad Andina de Naciones (CAN) en 1996 y, según lo expresa Nemogá⁸⁴, la deficiencia que hay en la reglamentación nacional, por lo que este tipo de investigaciones sobre la diversidad biológica y genética en el país, presentan una dificultad en su operación ya que se desarrolla sin contemplarse en el marco jurídico.

En el año 2000, Toro⁸⁵ afirma que la CAN estableció la Decisión 486 donde se prohíbe establecer patentes a organismos vivos, donde se incluyen plantas, animales y metodologías que involucren procesos biológicos o microbiológicos, sin embargo en 2008 se emitió la Decisión 689 la cual modifica la Decisión 486, a partir de una petición solicitada por Perú con el fin de desarrollar y profundizar estas metodologías en la propiedad industrial.

Según Zambrano⁸⁶, en Colombia, a partir del decreto 309 del 2000, el decreto 302 del 2003 y la resolución 68 del 2002 presentados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), se demuestra el procedimiento de la obtención del permiso para realizar estudios científicos en diversidad biológica, por lo que el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) ha de ser el responsable de llevar a cabo las medidas de seguimiento en materia del control en la sanidad animal y vegetal, y en los insumos agrícolas, por lo tanto, se estableció la resolución 698 de 2011, la cual dicta los requisitos necesarios para el registro y control de los bioinsumos, tomando en cuenta la participación de microorganismos naturales o modificados genéticamente.

El Conpes 3577 (2009)⁸⁷, afirma que, dado que los insumos agrícolas cada vez presentan mayores índices de costos, lo cual afecta la producción agrícola, la

⁸³ RUÍZ, Manuel. Una lectura crítica de la Decisión 391 de la Comunidad Andina y su puesta en práctica en relación con el Tratado Internacional. Recursos Naturales y Ambiente. No. 53: p. 136-147. Archivo en PDF: https://www.spda.org.pe/_data/archivos/Pag136-147.pdf

⁸⁴ NEMOGÁ, G. 2010. Biotecnología y el acceso a recursos genéticos. En: El desafío de generar tecnología en el siglo XXI. Ed. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. p.181-201. ISBN: 9789587614107.

⁸⁵ TORO, C. 2010. Tratados internacionales y biodiversidad. En: El desafío de generar tecnología en el siglo XXI. Ed. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. p.181-201. ISBN: 9789587614107.

⁸⁶ ZAMBRANO, Diana, RAMÓN, Luisa; STRAHLEN, Mario & BONILLA, Ruth. Industria de bioinsumos de uso agrícola en Colombia. En: Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. [EbscoHost]. Vol.18. No.1 p. 59-67. ISSN: 0123-4226. [consultado el 13 de septiembre de 2018]. Archivo en PDF: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v18n1/v18n1a08.pdf>

⁸⁷ CONPES 3577 - CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL. 2009. Política nacional para la racionalización del componente de costos de producción asociado a los fertilizantes

propuesta por investigar y hacer uso de reservas microbiológicas es mucho más atractiva, ya que estas presentan un alto potencial de desarrollo en tecnologías alternativas y no generan un riesgo para los ecosistemas o la salud.

En Latinoamérica, García⁸⁸ afirma que el desarrollo de bioinsumos se ha visto representado en dos ejemplos puntuales los cuales han de ser referentes mundiales para llevar a cabo la implementación de una agricultura sostenible, haciendo uso de los productos aportados por la diversidad biológica. En primera instancia, en Suramérica fertilizan los cultivos de soya con inoculantes de calidad provenientes de *Bradyrhizobium japonicum*, y por otro lado, Penna⁸⁹ manifiesta que en México utilizan en gran medida la bacteria fijadora de nitrógeno *Azospirillum brasilense* como biofertilizante en los cultivos de maíz.

Sin embargo, según Arevalo⁹⁰, Colombia no se queda atrás, ya que el uso de biofertilizantes ha estado en constante aumento, donde se puede evidenciar en mayor medida en el sector arrocero. Este aumento en el uso de bioinsumos se debe a la mayor productividad de productos en el mercado, como por ejemplo se puede evidenciar por la empresa Biocultivos S.A., la cual surge a partir de convenios en investigación y desarrollo que tiene con el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia (IBUN), el sector privado y arrocero.

en el sector agropecuario. Bogotá D.C. p.33. Archivo en PDF: <http://www.ica.gov.co/getattachment/b527d0c9-e862-4c26-8347-e5076fd9b1a9/2009CP3577.aspx>

⁸⁸ PENNA, Claudio.; MASSA, Rosana.; OLIVIERI, Florencia.; GUTKIND, Gabriel.; CASSÁN, Fabricio. A simple method to evaluate the number of bradyrhizobia on soybean seeds and its implication on inoculant quality control. En: AMB Express. [SpringerLink] Vol.19; No.1; p.21. Archivo en PDF: <https://amb-express.springeropen.com/track/pdf/10.1186/2191-0855-1-21>

⁸⁹ GARCÍA-OLIVARES, J.G.; MENDOZA-HERRERA, A.; MAYEK-PEREZ, N. 2012. Efecto de *Azospirillum brasilense* en el rendimiento del maíz en el norte de Tamaulipas, México. En: Universidad y Ciencia. Vol.28; No.1; p.79-84. ISSN: 0186-2979. Archivo en PDF: <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2109/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=8&sid=587839dc-1a9a-437d-bbf2-f05cd290146f%40pdc-v-sessmgr06>

⁹⁰ ARÉVALO, E. 2009. Más arroz a menos costo con la aplicación de biofertilizantes y materia orgánica. En: Revista. Arroz. Vol.57, No.476. p.26-28.

3.2 BIOPLAGUICIDAS

Según la EPA⁹¹, los bioplaguicidas son compuestos utilizados para el control de plagas y se derivan de materiales de carácter natural tales como plantas, animales, minerales y microorganismos, por lo que generalmente representan un menor riesgo o hasta un riesgo nulo para la salud y el medio ambiente que los plaguicidas sintéticos tradicionales, los cuales no solo atacan la plaga que se tiene como objetivo eliminar sino que también afectan la biodiversidad que rodea el área de aplicación, provocando graves daños en la vida silvestre y la vegetación que allí se encuentre.

Estos productos biológicos, a pesar de tener un riesgo menor a otros productos también puede llegar a presentar algunos inconvenientes en su uso, como por ejemplo, al introducir un organismo que ataque la plaga, este podría ocasionar daños a otros organismos, generando una pérdida en la cadena trófica del ecosistema y perjudicando a otros individuos que se alimentan de ese espécimen, por lo que se ha de tener cuidado al usar estos productos, manifiesta Simberloff⁹².

Leng⁹³ afirma que el desarrollo de la agricultura sostenible ha promovido la aplicación de estos productos biológicos, con el fin de modernizar cada vez más la agricultura y dejar a un lado el uso de los plaguicidas químicos y los residuos que estos generan, provocando contaminación al medio ambiente, por lo que estos bioplaguicidas son un sustituto ideal para el uso agrícola, Según Alfonso⁹⁴, este tipo de productos biológicos se dividen en dos grupos: agentes o pesticidas microbianos, donde se encuentran los hongos, virus, protozoos y bacterias, y agentes o pesticidas bioquímicos, que incluyen las hormonas, atrayentes, enzimas, sustancias de señalización química, entre otros.

⁹¹ EPA (Environmental Protection Agency). Biopesticide demonstration grant program. [Sitio Web]. Washington, D.C. U.S. Environmental Protection Agency. Office of Pesticide Programs. Archivo en PDF: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P1006GHZ.PDF?Dockkey=P1006GHZ.PDF>

⁹² SIMBERLOFF, Daniel. Risks of biological control for conservation purposes. En: BioControl. [SpringerLink] Vol. 57: p. 263–276. ISSN: 1573-8248. Archivo en PDF: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10526-011-9392-4>

⁹³ LENG, Pengfei. ZHANG, Zhiming., PAN, Guangtang., ZHAO, Maojun. Applications and development trends in biopesticides. En: African Journal of Biotechnology. [Google Académico] Vol.10; No.86. p. 19864-19873. ISSN 1684–5315. Archivo en PDF: <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/99172/88473>

⁹⁴ ALFONSO, Margarita. Los plaguicidas botánicos y su importancia en la agricultura orgánica. En: Agricultura Orgánica. Vol.2. p.26-30. Archivo en PDF: http://www.actaf.co.cu/revistas/revista_ao_95-2010/Rev%202002_2/10plaguicidasbotanicos.pdf

3.2.1 Plaguicidas Botánicos. Según Leng⁹⁵, estos tipos de plaguicidas son derivados de las plantas, ya que se extraen de alguna de sus partes o contienen ingredientes activos que las componen. Con el paso del tiempo el uso de plantas en la medicina ha sido un gran atractivo para la síntesis de pesticidas, siendo una alternativa para sustituir los pesticidas sintéticos, ya que este tipo de productos han de ser mucho menos costosos, más eficaces y biodegradables, por lo que generan una mayor seguridad al medio ambiente a comparación de los pesticidas sintéticos tradicionales, los cuales provocan graves daños al medio ambiente, persistiendo en estos lugares por largo tiempo y afectando a los organismos habitantes en el ecosistema a causa de los componentes tóxicos que lo componen.

A partir de estudios, Singh⁹⁶ manifiesta que se ha comprobado que la aplicación de este tipo de plaguicidas afecta a diferentes poblaciones de insectos, provocando una disminución en la tasa de producción de los mismos. Según BenJannet⁹⁷, las plantas utilizadas para este tipo de actividades están compuestas por una variedad de fotoquímicos que tienen una alta actividad insecticida, tales como saponinas, alcaloides, taninos, di y triterpenoides, los cuales presentan un efecto nocivo contra los insectos. Estos efectos tienden a manifestarse por ejemplo en la inhibición al crecimiento, la eliminación en su reproducción, la reducción de la fertilidad y fecundidad de la especie.

La manera en cómo actúa este tipo de plaguicidas a comparación de los plaguicidas convencionales, se debe a la concentración de material vegetal que contiene y su especificidad para el organismo a combatir, según lo afirma la Comunidad Económica Europea, la Agencia para la Protección del Ambiente de los Estados Unidos de Norteamérica (EPA) y la FAO⁹⁸. Este efecto insecticida se debe a las estructuras de los metabolitos secundarios, donde generalmente superan a los primarios, tales como:

⁹⁵ LENG. Óp. Cit., p.19867

⁹⁶ SINGH, Ajay, SINGH, D.K., MISHRA, T.N., AGRAWAL, R.A. Molluscicides of plant origin. Journal. En: Biological Agriculture & Horticulture Vol.13 p.205–252. Archivo en PDF: <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2109/eds/detail/detail?vid=6&sid=c51a8a34-8c80-489f-a499-dcd12e095fce%40sessionmgr103&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZSZZyY29wZT1zaXRl#AN=edsagr.GB9713318&db=edsagr>

⁹⁷ BENJANNET, H., SKHIRI, F., MIGHRI, Z., SIMMONDS, M. S. J., BLANEY, W. M. Antifeedant activity of plant extracts and of new natural diglyceride compounds isolated from *Ajuga pseudoiva* leaves against *Spodoptera littoralis* larvae. En: Industrial Crops and Products. Vol. 4 p.213-222. ISSN: 0926-6690. Archivo en PDF: <https://ezproxy.uamerica.edu.co:2119/science/article/pii/S0926669001000863>

⁹⁸ EPA (Environmental Protection Agency). 1988. Code of Federal Regulation 40, parts 150 to 189. [Sitio Web]. Washington, DC U.S. Environmental protection agency. P.718. Archivo en PDF: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2010-title40-vol23/pdf/CFR-2010-title40-vol23-part152.pdf>.

Terpenos. Son los principales componentes de los aceites esenciales, provocan repelencia, inapetencia y evitan la oviposición.

Fenoles. Son compuestos hidroxilados que pueden actuar como antialimentarios; otros como los taninos actúan como barrera por su sabor amargo, y las cumarinas inhiben el crecimiento de hongos y son tóxicas para nemátodos, ácaros e insectos.

Alcaloides. Son el grupo con mayor diversidad en cuanto a metabolitos secundarios, tiene una gran variedad de efectos tóxicos; un ejemplo de ellos es la nicotina.

Glicósidos cianogénicos. Liberan cianuro cuando se hidrolizan, por lo que son tóxicos y repelentes.

Compuestos azufrados. Los más importantes son los tiofenos, los cuales tiene acción insecticida y nematocida.

Flavonoides. Son compuestos que proporcionan color a las plantas y flores, por ejemplo, la rotenona. Actúan como inhibidores enzimáticos y tienen actividad repelente.⁹⁹

En el cuadro 5, se muestran diversas plantas que se usan como bioinsecticidas.

Cuadro 5. Plantas con metabolitos de acción bioinsecticida.

Familia y especie	Nombre Común	Parte planta	Actividad biológica	Compuestos
Euphorbiaceae <i>Jatropha curcas</i>	Piñón botija	Semillas, aceite	Insecticida, molusquicida	Triterpenos, quinonas, glucósidos cianogénicos, flavonoides
Apocynaceae <i>Nerium oleander</i>	Adelfa, rosa francesa	Hojas	Insecticida, alelopática, molusquicida	Cardiotónicos, flavonoides, esteroides-triterpenos
Asteraceae <i>Bidens pilosa</i>	Romerillo Blanco	Flores, planta entera	Insecticida	Alcaloides
<i>Parthenium hysterophorus</i>	Escoba Amarga	Hojas, planta entera	Insecticida, Fungicida	Alcaloides
<i>Tagetes erecta</i>	Flor de Muerto	Flores, planta entera	Nematicida, insecticida, acaricida	Tiofenos, fenoles, flavonoides, cumarinas
<i>Tagetes patula</i>	Damasquina	Flores, planta entera	Nematicida, insecticida, acaricida	Tiofenos, fenoles flavonoides, cumarinas

⁹⁹ NAVA, Eusebio; GARCÍA, Cipriano; CAMACHO, Jesús; & VÁSQUEZ, Lorena. Bioplaguicidas: Una opción para el control biológico de plagas. En: Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable. [EbscoHost]. Vol. 8, No. 3. ISSN: 1665-0441. [consultado el 13 de noviembre de 2018] Archivo en PDF: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=3210619>

Cuadro 5. (Continuación).

<i>Cichorium intybus</i>	Achicoria dulce	Planta entera	Insecticida	Flavonoides, fenoles
<i>Conyza aegyptiaca</i>	Cola de caballo	Planta entera	Insecticida	Flavonoides, fenoles
<i>Sonchus oleraceus</i>	Cerraja, Endivia	Planta Entera	Insecticida	Flavonoides, fenoles
<i>Bacharis glutinosa</i>	Batamote, jarilla	Planta entera	Insecticida	Flavonoides, fenoles
Cannaceae <i>Canna edulis</i>	Canna, achira	Hojas, Rizomas	Molusquicida	Fenoles, triterpenos esteroides, cumarinas
Meliaceae <i>Azadirachta indica</i>	Árbol del nim, Margosa	Semillas, hojas aceite	Insecticida, antialimentario, fungicida	Triterpenos, Azadiractina
<i>Guarea guara</i>	Yamao, guarea	Hojas	Insecticida	Terpenos, aceites volátiles, taninos, fenoles
<i>Melia azedarach</i>	Paraíso	Fruto, aceite, hojas	Insecticida, antialimentario	Triterpenos, alcaloides
Fabaceae <i>Canavalia ensiformis</i>	Nescafé	Semillas	Insecticida molusquicida	Aminoácidos, antocianidinas, poliurónidos
<i>Canavalia Gladiata</i>	Frijol machete	Semillas	Insecticida molusquicida	Taninos, triterpenos, esteroides, saponinas, aminoácidos
Solanaceae <i>Brugmansia candida</i>	Campana	Flores, hojas	Insecticida, acaricida	Alcaloides
<i>Datura stramonium</i>	Chamico	Flores, hojas	Nematicida, insecticida	Alcaloides, flavonoides
<i>Lycopersicon esculentum</i>	Tomate	Hojas, frutos	Insecticida	Alcaloides, fenoles, Cumarinas
<i>Solanum globiferum</i>	Güirito espinoso	Frutos	Molusquicida, antiviral	Alcaloides esteroidales
<i>Solanum mammosum</i>	Güirito de pasión, Pechito	Frutos	Molusquicida	Alcaloides esteroidales
Rutaceae <i>Zanthoxylum cubense</i>	Ayúa blanca	Planta entera	Fungicida, bactericida	Alcaloides, quinonas, taninos, fenoles, flavonas
<i>Zanthoxylum Fagara</i>	Amoroso, Limoncillo	Planta entera	Fungicida, insecticida bactericida	Alcaloides, quinonas, taninos, fenoles, saponinas

Cuadro 5. (Continuación).

<i>Citrus aurantifolia</i>	Lima, limón dulce	Cáscara de la fruta	Insecticida	Flavonoides, fenoles
Myrtaceae <i>Eucalyptus</i> <i>Globulus</i>	Eucalipto	Fruto, hoja	Insecticida Repelente Fungicida	Terpenos, flavonoides, fenoles
Piperaceae <i>Piper nigrum</i>	Pimienta	Semilla	Insecticida	Taninos, alcaloides
Punicaceae <i>Punica granatum</i>	Granada	Cáscara de la fruta	Insecticida, bactericida	Flavonoides, fenoles
Salicaceae <i>Salix safsaf</i>	Sauce	Hojas	Insecticida	Fenoles

Fuente: ALFONSO, Margarita. Los plaguicidas botánicos y su importancia en la agricultura orgánica. En: Agricultura Orgánica. Vol.2. p.26-30. Archivo en PDF: http://www.actaf.co.cu/revistas/revista_ao_95-2010/Rev%202002_2/10plaguicidasbotanicos.pdf

3.2.2 Plaguicidas microbianos. Según Van Driesche¹⁰⁰, este tipo de productos comenzó a partir de la investigación de componentes capaces de controlar las plagas sin afectar a otras especies cercanas, tal como lo hacen los plaguicidas químicos convencionales, por lo que la formulación de patógenos utilizados en este tipo de plaguicidas deben tener una alta efectividad, a partir de la especificidad y patogenicidad que lo contenga, para así combatir las plagas que afecten el cultivo en cuestión.

Van Driesche¹⁰¹ manifiesta que este tipo de plaguicidas tienen la cualidad de ser degradados con gran rapidez luego de realizar su aplicación, sin embargo algunos de estos pueden llegar a reproducirse en las condiciones del campo. Según afirma Aronson¹⁰², entre la diversidad de microorganismos entomopatógenos utilizados para esta clase de bioplaguicidas, se encuentran virus, nematodos, bacterias y hongos, como se puede observar en la cuadro 6, los cuales presentan diferentes maneras de infectar al organismo que conforma la plaga, dependiendo de su patogenicidad.

¹⁰⁰ VAN DRIESCHE, R. G., HODDLE, M. S., CENTER, T. D. 2007a. Plaguicidas microbianos: problemas y conceptos. En: Control de plagas y malezas por enemigos naturales. Sección IX. Capítulo 23. p.431-442. ISSN 1405-0420 Archivo en PDF: https://www.fs.fed.us/foresthealth/technology/pdfs/VANDRIESCHE_CONTROL_Y_PLAGAS_WEB.pdf

¹⁰¹ VAN DRIESCHE, R. G., HODDLE, M. S., CENTER, T. D. Op. cit., p.433

¹⁰² ARONSON, Arthur, BECKMAN, William & DUNN, Peter. 2011. Bacillus thuringiensis and related insect pathogens. En: Microbiological reviews. Vol. 50; No 1. p.1-24. Archivo en PDF: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC373051/pdf/microrev00052-0009.pdf>

Cuadro 6. Microorganismos y agentes patógenos de insectos.

Grupo	Especies representativas	Insectos susceptibles
Virus	<p>Virus de la poliedrosis nuclear</p> <p>Adoxophyes orana granulovirus (GV) + Homona magnanima GV</p> <p>Virus de la granulosis</p> <p>Virus de la poliedrosis nuclear de la mosca de la sierra del pino</p> <p>Virus de la poliedrosis nuclear</p>	<p>Lepidóptera, Hymenóptera, Coleóptera, Díptera, Neuróptera, Ortóptera, Trichoptera, Hemíptera, y otros</p> <p>Algunas polillas (<i>Adoxophyes honmai</i> y <i>Homona magnanima</i>)</p> <p>Corta hojas de la vid (<i>Byctiscus betulae</i>), Palomilla de la manzana (<i>Cydia pomonella</i>)</p> <p>Mosca de la sierra del pino (<i>Diprion similis</i>)</p>
Virus	<p>Virus de la poliedrosis nuclear de <i>Heliothis virescens</i></p> <p>Virus de la poliedrosis nuclear de la polilla <i>Gypsi</i> sp.</p> <p>Virus de la poliedrosis nuclear de la polilla Tussok</p> <p>Virus de la poliedrosis nuclear de <i>Mamestra brassicae</i></p> <p>Virus de <i>Spodoptera exigua</i></p>	<p>Gusano bellotero (<i>Heliothis virescens</i>)</p> <p>Polilla gitana asiática (<i>Lymantria dispar</i>)</p> <p>Polilla del montecillo de hierba del douglasabeto (<i>Orgyia pseudotsugata</i>)</p> <p>Gusano falso medidor (<i>Trichoplusia ni</i>), Gusano del fruto (<i>Heliothis suflexa</i>), Polilla de gusano bellotero del algodón (<i>Diparopsis cactanea</i>), Palomilla de la papa (<i>Phthorimaea operculella</i>)</p> <p>Gusano soldado (<i>Spodoptera exigua</i>)</p>
Rickettsia	<i>Rickettsiella melolonthae</i>	Coleóptera, Díptera, Ortóptera
Hongos	<p><i>Beauveria bassiana</i></p> <p><i>Metarhizium anisopliae</i></p> <p><i>M. flavoviride</i></p> <p><i>Verticillium lecanii</i></p> <p><i>Isaria fumosorosea</i></p> <p><i>Lecanicillium longisporum</i></p> <p><i>Lagenidium giganteum</i></p>	<p>Lepidóptera, Homóptera, Himenóptera, Coleóptera, Díptera (Trips, mosca blanca)</p> <p>Lepidóptera, Homóptera, Himenóptera</p> <p>Coleóptera, Díptera (Trips, mosca blanca, cucarachas)</p> <p>Cucarachas</p> <p>Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)</p> <p>Áfidos, mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i> y <i>Trialeurodes vaporariorum</i>)</p> <p>Áfidos</p> <p>Mosquitos</p>

Cuadro 6. (Continuación).

<p>Bacterias</p>	<p><i>Bacillus popillae</i> <i>B. thuringiensis</i> <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>aizawai</i> <i>B. sphaericus</i> <i>B. thuringiensis</i> var. <i>aizawai</i> var. <i>israelensis</i> var. <i>kurstaki</i> var. <i>xentari</i> var. <i>tenebrionis</i> <i>Clostridium malacosome</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>P. fluorescens</i> <i>P. fluorescens</i>+<i>B.t.</i> <i>kurstaki</i> toxin <i>P. fluorescens</i>+<i>B.t.</i> San Diego toxin <i>P. fluorescens</i>+<i>B.t.</i> toxin <i>Xenorhabdus nematophilus</i></p>	<p>Escarabajos Lepidóptera, Díptera Larvas de lepidópteros Larvas de lepidópteros Mosquitos <i>Galleria mellonella</i> Larvas de dípteros (mosquitos, mosca negra) Larvas de lepidópteros Larvas de coleópteros (escarabajos) Larvas de coleópteros <i>Malacosoma</i> spp. Patógenos oportunistas con especies susceptibles en los taxones de insectos más importante Lepidópteros (orugas), Escarabajo de la papa (<i>Leptinotarsa decemliniata</i>) Lepidópteros (orugas) Escarabajo de la papa (<i>Leptinotarsa</i> <i>decemliniata</i>) Piral del maíz (<i>Ostrinia</i> <i>nubilaris</i>) Los insectos susceptibles al nematodo <i>Steinernema felsiae</i> (amplio rango de hospederos)</p>
<p>Nemátodos</p>	<p><i>Steinernema carpocapsae</i> <i>Steinernema glaseri</i> <i>Heterorhabditis</i> <i>bacteriophora</i></p>	<p>Los gorgojos, gusano cortador negro, gusano cortador común, polilla del melocotón Gusanos blancos, gorgojos, gusano cortador negro, Gusano azul, gusano cortador de césped Gusano cogollero (<i>S.</i> <i>frugiperda</i>)</p>
<p>Protozoo</p>	<p><i>Nosema locustae</i></p>	<p>Saltamontes, langostas</p>

Fuente: ARONSON, Arthur, BECKMAN, William & DUNN, Peter. 2011. *Bacillus thuringiensis* and related insect pathogens. En: Microbiological reviews. Vol. 50; No 1. p.1-24. Archivo en PDF: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC373051/pdf/microrev00052-0009.pdf>.

3.2.3 Plaguicidas bacterianos. Como fuente de desarrollo de diversos pesticidas y a partir del aislamiento de bacterias patógenas, Demir¹⁰³ expresa que la producción de plaguicidas bacterianos ha sido un éxito para controlar la plaga de insectos a nivel mundial de una manera biológica. Van Driesche¹⁰⁴ afirma que el mecanismo de acción en este tipo de producto da inicio al momento en que los hospederos ingieren el alimento contaminado con las bacterias patogénicas, dando a lugar la multiplicación de las mismas en el aparato digestivo de los insectos, generando la producción de enzimas y toxinas capaces de realizar graves daños a las células intestinales e invadiendo el homocelo del insecto, ocasionando la muerte del hospedero por septicemia o acción de las toxinas, dependiendo del tipo de bacteria.

Según lo afirma Rosas¹⁰⁵, a partir del descubrimiento y las capacidades de un efecto insecticida, la *B. thuringiensis* se ha utilizado en gran medida para controlar las plagas de insectos que afecta la agricultura, la medicina y la silvicultura, por lo que a través de años de investigación se ha logrado perfeccionar métodos de formulación capaces de incidir en la plaga, por medio de cristales complejos de esporas, las cuales mejoran la actividad tóxica del producto, aumentan la palatabilidad en los insectos y tienen un tiempo más extenso en su conservación. Además, este tipo de productos cuentan con la ventaja de ser amigables con el medio ambiente y la salud de los seres humanos. Es por esto que las empresas encargadas de la producción biotecnológica, no solo están en la obligación de formular un tipo de bioinsecticida adaptable a cada tipo de cultivo y plagas hospederas, sino que, además han de investigar y desarrollar nuevas formulaciones donde incluya la intervención de nuevas cepas con mayor potencial de acción y en los posible pertenezcan al ecosistema donde se realiza la aplicación, dado que de este modo se pueda desarrollar una agricultura con mayor sustentabilidad.

¹⁰³ DEMIR, Ismail, ERYÜZLÜ, Emine & DEMIRBAĞ, Zihni. A study on the characterization and pathogenicity of bacteria from *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantriidae). En: Turkish Journal of Biology. [EbscoHost] Vol. 36. No. 4; p.459-468. Archivo en PDF: <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2109/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=11&sid=c51a8a34-8c80-489f-a499-dcd12e095fce%40sessionmgr103>

¹⁰⁴ VAN DRIESCHE, R. G., Hoddle, M. S., Center, T. D. 2007b. Uso de patógenos de artrópodos como plaguicidas. En: Control de plagas y malezas por enemigos Naturales. Sección IX. Capítulo 24. 443- 466. ISSN 1405-0420. Archivo en PDF: https://www.fs.fed.us/foresthealth/technology/pdfs/VANDRIESCHE_CONTROL_Y_PLAGA_S_WEB.pdf

¹⁰⁵ ROSAS, Ninfa. Biopesticide production from *Bacillus thuringiensis*: An environmentally friendly alternative. En: Recent Patents on biotechnology. Vol.3, p.28-36. ISSN: 2212-4012. Archivo en PDF: <http://www.eurekaselect.com/93137/article>

3.2.4 Plaguicidas virales. Con respecto a este tipo de plaguicida, Ahmad¹⁰⁶ afirma que la familia más común usada para esta actividad y la que mayor investigación tiene es la Baculoviridae, ya que es una herramienta utilizada en el manejo integrado de plagas (MIP), por su efectividad en insectos específicos y que tiene un manejo seguro en el medio ambiente, la salud humana, animales y plantas. Un ejemplo en esta categoría se puede evidenciar en Brasil en los años 2003-2004, donde se utilizó el nucleopoliedrovirus que se encuentra en *Anticarsia gemmatalis* NPV (AgMNPV) con el fin de controlar la *A. gemmatalis* que afectaba la soya, siendo uno de los programas con mayor éxito y por lo tanto, se consideró como una hazaña muy importante a nivel mundial.

Cherry¹⁰⁷ manifiesta que el uso de los baculovirus ha sido demostrado en cultivos agrícolas y ecosistemas forestales, presentando una alta efectividad, por lo que más de treinta bioplaguicidas basados en esta familia de virus son comercializados y utilizados alrededor del mundo, disminuyendo el consumo de los plaguicidas convencionales.

3.2.5 Microinsecticidas. En esta categoría, Butt¹⁰⁸ afirma que estos bioplaguicidas están formulados principalmente por hongos entomopatógenos y solo conforman una pequeña parte de los biopesticidas que se comercializan en la actualidad, sin embargo a partir del deseo de querer mitigar la contaminación ambiental a causa de los plaguicidas químicos y tratar las plagas que presentan resistencia a este tipo de métodos, han llevado a la industria a desarrollar más a fondo este tipo de alternativas para manejar adecuadamente las plagas.

Según Chul¹⁰⁹, la manera en que actúan los hongos presentes en este bioplaguicida es por un medio invasivo, donde el hongo afecta directamente la hemolinfa del insecto, produciendo en él daños severos a nivel mecánico, problemas de

¹⁰⁶ AHMAD, Iqbal, AHMAD, Farah, PICHTEL, John. 2011. Microbes and microbial technology: agricultural and environmental applications. Springer Science Business Media LLC. p. 415-430. Archivo de PDF: https://www.researchgate.net/profile/Mohd_Khan22/publication/226263676_Microbial_Applications_in_Agriculture_and_the_Environment_A_Broad_Perspective/links/0c960529627120013c000000/Microbial-Applications-in-Agriculture-and-the-Environment-A-Broad-Perspective.pdf?origin=publication_detail

¹⁰⁷ (CHERRY & WILLIAMS. Control de insectos plaga mediante baculovirus. En: Los baculovirus y sus aplicaciones como bioinsecticidas en el control biológico de plagas. p. 389-452. ISBN: 9788493205607.

¹⁰⁸ BUTT, JACKSON & MAGAN. 2001. Introduction–fungal biological control agents: progress, problems and potential. En: Fungi as biocontrol agents progress, problems and potential. T. M. Butt, C. Jackson y N. Magan (Eds.). CABI, Wallingford, Oxon. p.1-8; ISBN 085199 356 7

¹⁰⁹ CHUL, Sun; PARK, Sanggyu. GYU-LEE, Dong. Purification and characterization of a novel chitinase from the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. En: Journal of Invertebrate Pathology. [ScienceDirect]. Vol.73: p.276- 281. ISSN: 0022-2011. Archivo en PDF: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022201199948437?via%3Dihub>

desnutrición y propagación de metabolitos secundarios o toxinas, provocando la muerte del organismo.

En el cuadro 5 se presentan algunos productos a base de este tipo de hongo y que se comercializan en distintos lugares del mundo.

Cuadro 7. Bioinsecticidas a base de hongos entomopatógenos.

Agente biológico	Nombre comercial	Huéspedes	País
<i>Beauveria bassiana</i>	BEA-SIN	Lepidópteros	México-Sinaloa
<i>B. bassiana</i>	AGO BIOCONTROL	Coleóptera/ Hemíptera/ Lepidóptera/ Díptera	Colombia
<i>B. bassiana</i>	OSTRINIL	<i>Ostrinia nubilalis</i>	Francia
<i>B. bassiana</i>	MYCOTROL WP Y ES BOTANICAL GARD ES, CORNGARD ES	Hemíptera/ Heteróptera/ Coleóptera/ Ortóptera/ Lepidóptera	E.U.A.
<i>B. bassiana</i>	BOTANI GARD	Trips, mosca blanca, polilla dorso de diamante	Japón
<i>B. bongniartii</i>	ENGERLINGSPILZ	<i>Melolontha melolontha</i>	Suiza
<i>B. brongniartii</i>	AGOBIOCONTROL BEAUFERIA 50	Coleóptera/ Hemíptera/ Díptera	Colombia
<i>Beauveria y Metarhizium</i>	<i>Beauveria</i> Schweizer <i>Metarhizium</i> Schweizer	Insectos/pastos	Suiza
<i>Lagenidium giganteum</i>	LAGINEX	Mosquitos	E.U.A.
<i>M. anisopliae</i>	SALTGREEN	<i>Aneolamia</i> spp, <i>Prosapia</i>	México-Córdoba
<i>M. anisopliae</i>	BIOGREEN	<i>Adoryphouse couloni</i>	Australia
<i>M. anisopliae</i>	FITOSAN	<i>Phyllophaga</i> spp.	México-Guanajuato
<i>M. anisopliae</i>	GREEN MUSCLE	<i>Locusta pardalina</i> y otras langostas y chapulines	Sudáfrica
<i>Isaria fumosorosea</i>	AGOBIOCONTROL PAECILOMYCES 50	Coleóptera/ Nematodos	Colombia
<i>P. fumosoroseus</i>	PAE-SIN	Mosquita blanca	México-Sinaloa
<i>P. fumosoroseus</i>	PREFERD	Mosquita blanca, áfidos	Japón
<i>Nomurea rileyi</i>	AGOBIOCONTROL NOMUREA 50	Lepidóptera	Colombia
<i>Verticillium lecanii</i>	APHIN	<i>Brevycorine brassicae</i>	México

Cuadro 7. (Continuación).

<i>V. lecanii</i>	VERTALEC	Áfidos	Suiza
<i>V. lecanii</i>	MYCOTAL	Mosquita blanca/ trips	Holanda/Suiza
<i>Lecanicillium longisporum</i>	VERTALEC	Áfidos	Japón

Fuente: LENG, Pengfei. ZHANG, Zhiming. PAN, Guangtang, ZHAO, Maojun. Applications and development trends in biopesticides. En: African Journal of Biotechnology. [Google Académico] Vol.10; No.86. p. 19864-19873. ISSN 1684-5315. Archivo en PDF: <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/99172/88473>

3.3 CONTROL BIOLÓGICO

Tal como se ha podido evidenciar anteriormente, Guédez¹¹⁰ manifiesta que el desarrollo biológico a partir de la diversidad natural que nos rodea, es la principal fuente de innovación para sustituir y contrarrestar los daños ocasionados por los agroquímicos, por lo que es de gran importancia considerar el desarrollo sustentable en estas prácticas agrícolas, generando cambios en la conducta de las personas productoras y consumidoras de estos productos, con el fin de desarrollar metodologías amigables con el ambiente y la salud. Es por esto que, la idea de considerar el control biológico dio lugar en el siglo XIX, cuando una diversidad de naturistas presentes en diferentes países comenzó a tomar en cuenta la acción de organismos entomófagos presentes en la naturaleza, los cuales otorgarían a los ecosistemas una mejora en el equilibrio ecológico,

DeBach define el concepto de control biológico como “la acción de parásitos, depredadores o patógenos que mantienen poblaciones de otros organismos a un nivel más bajo de lo pudiera ocurrido en su ausencia”¹¹¹. Por lo tanto, Nicholls¹¹² afirma que estos métodos de control pretenden insertar un enemigo natural de la plaga que afectan los cultivos, sin eliminar completamente dicha plaga, ya que una completa erradicación de la misma podría generar un desequilibrio ecológico, ocasionando que el enemigo natural no pueda alimentarse, evitando así su proceso de desarrollo y además, afectando la cadena trófica que dependa de él, por lo que

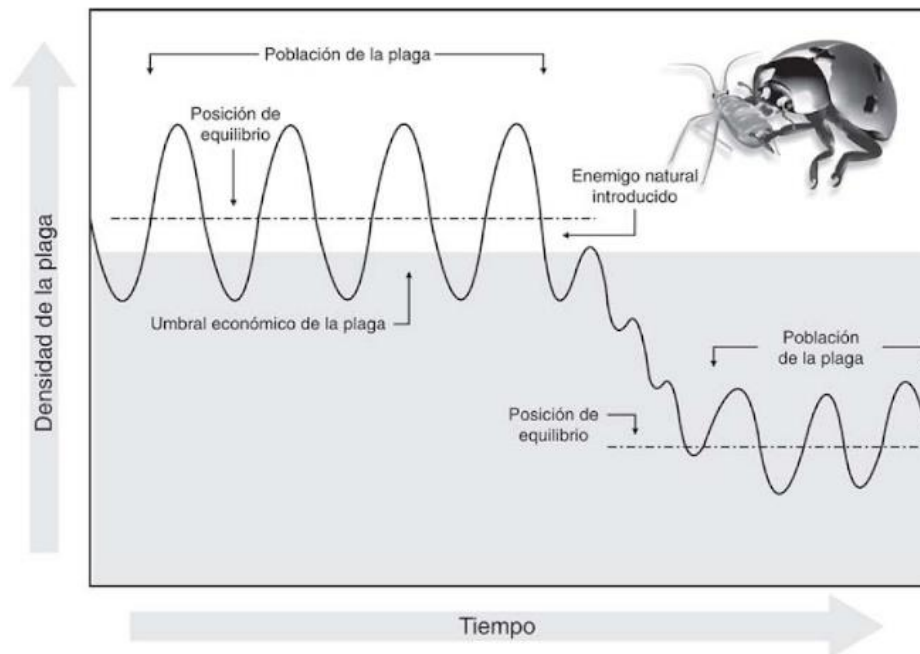
¹¹⁰ GUÉDEZ, Clemencia; CASTILLO, Carmen; CAÑIZALES, Luis & OLIVAR Rafael. Control Biológico: Una herramienta para el desarrollo sustentable y sostenible. En: Academia. Vol. 7. Pag 51. ISSN 1690-3226. Archivo en PDF: https://www.researchgate.net/publication/242534403_CONTROL_BIOLOGICO_UNA_HERRAMIENTA_PARA_EL_DESARROLLO_SUSTENTABLE_Y_SOSTENIBLE_Biological_control_a_tool_for_sustaining_and_sustainable_development

¹¹¹ DEBACH, P. 1977. Lucha biológica contra los enemigos de las plantas. Ed. Mundi- Prensa, Madrid, p.399 ISBN: 8471140608.

¹¹² NICHOLLS, Clara. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Ed. Universidad de Antioquia. 2008. p. 2. ISBN 978-958-714-186-3. Archivo en PDF: <http://wp.globalalternatives.org/wp-content/uploads/2014/01/Control-biologico-de-insectos-un-enfoque-agroecologico.pdf>

se busca disminuir la problemática en tal proporción que no afecte la economía que produce el cultivo, tal como se observa en la figura 5.

Figura 5. Efecto regulador de la introducción de un enemigo natural que ejemplifica el control biológico sobre una población plaga en relación con un umbral económico.



Fuente: NICHOLLS, Clara. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Ed. Universidad de Antioquia. 2008. p. 2. ISBN 978-958-714-186-3. Archivo en PDF: <http://wp.globalalternatives.org/wp-content/uploads/2014/01/Control-biologico-de-insectos-un-enfoque-agroecologico.pdf>

Según Nicholls¹¹³, estas prácticas de control biológico pueden llegar a ser auto sostenible, a comparación de otros métodos de control, ya que su actividad depende de la densidad poblacional que presente la plaga, por lo que los enemigos naturales generan una mayor intensidad, destruyendo una gran parte de la población de la plaga. Por lo tanto, el control biológico no solo ayuda a controlar una plaga, sino que también ayuda restaurar la biodiversidad del ecosistema agrícola.

Según Van den Bosch¹¹⁴, tal y como se ha visto a lo largo del desarrollo de nuestros ecosistemas, es evidente la acción de un control biológico natural por parte de los animales y las plantas, donde se observa una regulación de los enemigos naturales

¹¹³ ibíd., p.3

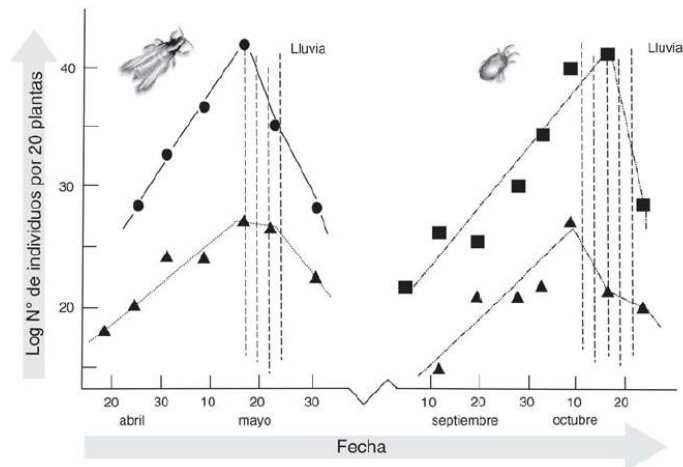
¹¹⁴ VAN DEB BOSCH, MENSSENGER & GUTIERREZ, An introduction to biological control, Nueva York y Londres, Plenum Press, p. 247 ISBN 1475791623, 9781475791624.

o también llamados agentes bióticos de mortalidad, los cuales generan un equilibrio en los ecosistemas.

Según lo anteriormente mencionado, Varley¹¹⁵ afirma que el control biológico natural depende de diferentes factores, los cuales actúan como prevención al crecimiento ilimitado de las especies en general. Dichos factores se dividen en: factores independientes de la densidad y factores dependientes de la densidad.

Según Nicholls¹¹⁶, los factores independientes de la densidad, donde generalmente intervienen factores de carácter abiótico, perjudican las poblaciones sin tener en cuenta el nivel poblacional. Este tipo de factores se pueden observar con el clima, ya que a pesar que este no se comporta como un regulador poblacional, en algunas situaciones puede generar cambios drásticos en las especies que presenten exceso en su población local, por medio de sequias o heladas en el área, como se observa en la figura 6.

Figura 6. Crecimiento exponencial y caídas subsecuentes de la población de dos plagas de la yuca *Manonychellus tanajoa* y *Scirtothrips manihoti* durante las lluvias de mayo y octubre en Minas Gerais, Brasil.



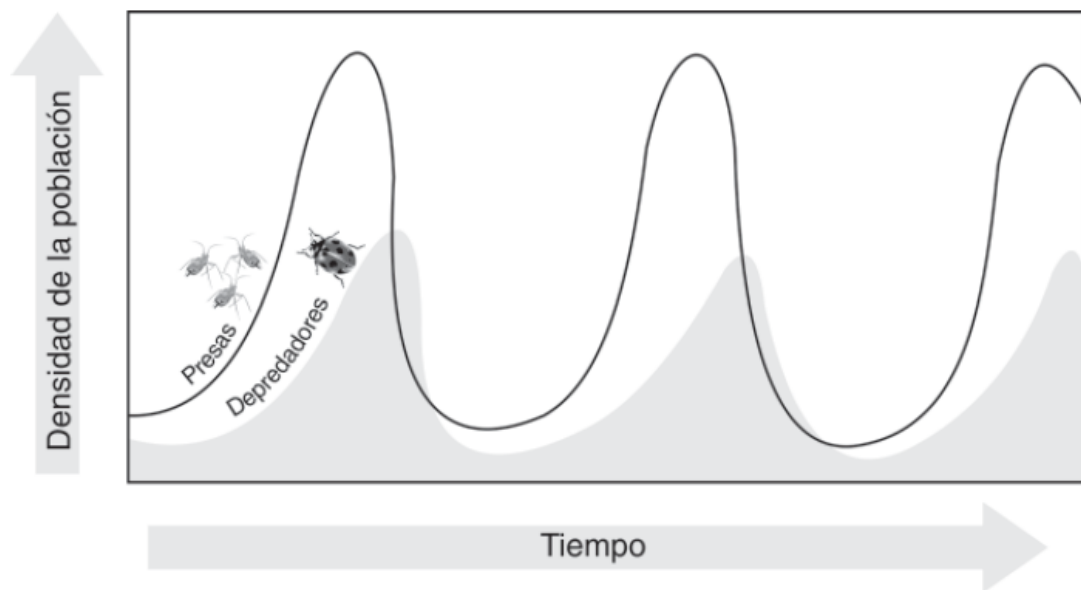
Fuente: NICHOLLS, Clara. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Ed. Universidad de Antioquia. 2008. p. 4. ISBN 978-958-714-186-3. Archivo en PDF: <http://wp.globalalternatives.org/wp-content/uploads/2014/01/Control-biologico-de-insectos-un-enfoque-agroecolgico.pdf>

¹¹⁵ VARLEY. GRADWELL & HASSELL. Insect population ecology, Ed. University of California, Press Oxford, Blockwed.1973. ISBN-10: 9780520026674.

¹¹⁶ NICHOLLS. Op. cit., p.4

Por otra parte, Nicholls¹¹⁷ hace referencia a los factores dependientes de la densidad, donde sus efectos se ven reflejados a partir de la proporción que presente la población, es decir, al momento de haber poblaciones altas, la acción de mortalidad por parte de las presas será mucho mayor, sin embargo, cuando la densidad poblacional es baja, las presas estarán dispersas y se encuentran en menor proporción. Dado lo anterior, el control biológico compone una manera de introducir determinadas poblaciones al ecosistema con el fin de regularla entre ciertos límites. Es por esto que especies de parasitoides y diferentes depredadores, se constituyen como enemigos naturales, manteniendo niveles bajos de insectos huéspedes por medio de su interacción, tal como se ven en la figura 7.

Figura 7. Interacciones entre presas y sus enemigos naturales en un proceso típico de densidad dependiente.



Fuente: NICHOLLS, Clara. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Ed. Universidad de Antioquia. 2008. p. 5. ISBN 978-958-714-186-3. Archivo en PDF: <http://wp.globalalternatives.org/wp-content/uploads/2014/01/Control-biologico-de-insectos-un-enfoque-agroecologico.pdf>

3.3.1 Enemigos naturales. En principio, Nicholls¹¹⁸ describe que en el control biológico tradicional se trata de introducir y establecer de manera permanente una especie exótica, con el fin de lograr controlar o suprimir la población de una plaga, por lo que es importante involucrar la búsqueda e intervención de enemigos

¹¹⁷ *Ibíd.*, p.4

¹¹⁸ *Ibíd.*, p.4

naturales en el lugar de origen, dando como resultado una presión de control y equilibrio sobre la plaga.

Ocasionalmente, Ridgway¹¹⁹ afirma que cuando los enemigos naturales con los que se quiere reducir la plaga no cumplen con su cometido, dado que no son lo suficientemente capaces de lograrlo a causa de su cantidad en el territorio, es necesario realizar intervención por parte del hombre por medio de criaderos en laboratorios, generando un mayor número de la especie y proceder a su liberación, conociéndose como el método de control aumentativo de enemigos naturales.

Por otra parte, Nicholls¹²⁰ manifiesta que al momento en que un enemigo natural es introducido, pero su actividad sobre la plaga es esporádica, se le conoce como un control biológico fortuito, tal como se pudo evidenciar este hecho en el este de África, cuando accidentalmente se liberó la *Aphytis chrysimphali*, una avispa parasitoide que se origina en la región del mediterráneo, sin embargo ahora es reguladora de la escama roja presente en los cítricos.

Según Nicholls¹²¹, otro método que involucra el control biológico se trata de la *conservación de los enemigos naturales*, la cual hace referencia a un establecimiento de diferentes prácticas culturales, teniendo en cuenta que para que dé resultado es necesario erradicar el uso de insecticidas, ya que la finalidad de esta metodología es lograr una aparición y abundancia constante de los enemigos naturales nativos o introducidos en el medio agrícola. Estas prácticas se pueden poner en marcha a partir de la información ecológica que se tenga del área, ya que así será mucho más sencilla la modificación de las condiciones físicas que se encuentran los campos y por lo tanto, la adaptación de estas especies será más efectiva.

Dado que la cantidad de organismos que presentan una acción reguladora natural es bastante amplia, según Nicholls¹²², en el control biológico tradicional, los organismos que son utilizados para estas actividades se clasifican en: parasitoides, depredadores, patógenos y antagonistas, sin embargo para que su efecto sea de utilidad deben cumplir con una serie de características, las cuales presenta a continuación:

- Ser fáciles de criar en laboratorio y poder sobrevivir bajo condiciones de campo.

¹¹⁹ RIDGWAY, Biological control by augmentation of natural enemies, Ed. Springer US. Nueva York, Plenum Press.

¹²⁰ NICHOLLS. Op. cit.p.6

¹²¹ *Ibíd.*, p.6

¹²² *Ibíd.*, p.28

- Tener alta capacidad de búsqueda (poder localizar el huésped o la presa) y congregarse en áreas con alta densidad de la plaga, de forma que la población de la plaga se disminuya a niveles que no cause daño.
- Ser específico y sincrónico con el ciclo de vida de la plaga, con el propósito de mantener un efecto de supresión eficaz.
- En la etapa inicial destruir gran volumen de plaga y después responder rápidamente a posibles incrementos de la población de la plaga bajo condiciones de estrés climático.
- Mantenerse en el área aun después de que las poblaciones de la plaga se hayan disminuido.
- Que su uso sea lo suficientemente barato para el agricultor¹²³

Nicholls¹²⁴ afirma que estas características son fundamentales para determinar el éxito en el control de la plaga, o por el contrario un fracaso, por eso es importante tener una información biológica detallada de las especies en cuestión, teniendo en cuenta sus hábitos y comportamientos.

3.3.2 Ventajas y barreras del control biológico. Nicholls¹²⁵ hace referencia que las principales ventajas que tiene este método de control, es el hecho de que la plaga a la que se le quiere ejercer dicho control, no va a ser completamente eliminada, pero si va a reducir su población manteniéndola por un largo plazo de tiempo sin que cause un daño económico significativo, además que esta metodología resulta ser muy eficaz, segura y económica.

Según Nicholls¹²⁶, las comunidades que opinan acerca de este método de control suelen sobresalir el hecho de que es una estrategia benéfica para el medio ambiente, ya que no lo contamina y preserva la vida de otras especies silvestres del ecosistema, sin embargo, algunos de los conservacionistas naturales afirman que la introducción de especies ajenas al medio local, podrían llegar a desplazar a otras poblaciones que habitan allí, afectando la distribución natural de origen que presenta el ecosistema. Por otra parte, el financiamiento para este tipo de investigaciones realizadas por entes gubernamentales o universidades es muy escaso, teniendo en cuenta que intentar patentar un enemigo natural no está permitido, a comparación de un compuesto químico que, si está en disponibilidad de patentarse, lo que llega a generar complicaciones y falta de interés de muchas compañías para llevarlo a cabo.

Finalmente, según Nicholls¹²⁷, el control biológico puede encontrar obstáculos al momento de buscar y criar a los enemigos naturales, ya que esta acción puede

¹²³ *Ibíd.*, p.28

¹²⁴ *Ibíd.*, p.29

¹²⁵ *Ibíd.*, p.29

¹²⁶ *Ibíd.*, p.6

¹²⁷ *Ibíd.*, p.6

tomar varios años y puede que estos organismos no obtengan el comportamiento deseado, por lo que para muchos agricultores no es viable tener en cuenta este tipo de metodologías, ya que necesitan una solución pronta para evitar daños graves en sus cultivos, lo que les lleva a contar con el uso de los plaguicidas químicos convencionales.

4. CONCLUSIONES

En Colombia, la consideración del concepto de la química verde debe tenerse más presente a la hora de pensar en nuevos proyectos de investigación, ya que a partir de estos principios es posible lograr una mejora, no solo en los aspectos ambientales, que si bien son de gran importancia para desarrollar empresas sostenibles con el medio ambiente, logrando un gran beneficio económico en un determinado plazo a partir de la optimización, regulación y aprovechamiento de sus procesos y residuos, sino que también generarían un efecto directo sobre la seguridad alimentaria en el país, ya que tener en cuenta estos fundamentos y aplicarlos en las prácticas, generaría una mayor calidad e inocuidad en los productos alimenticios de consumo masivo, sin alterar los nutrientes que contengan los mismos y evitando que se generen posibles enfermedades en las comunidades.

Como se pudo evidenciar, la afectación de los agroquímicos sobre el sector agrícola genera graves afectaciones en los alimentos de cultivo, la salud humana y los ecosistemas y especies en general, por lo que es de gran importancia preservar y fomentar buenas prácticas en este sector, teniendo en cuenta que es uno de los sectores que más aporta al crecimiento de la economía del país, es de vital importancia contar con un mayor apoyo de recursos para promover la investigación y proyectos en Colombia, y a partir de esto, también generar una legislación mucho más rigurosa en la prohibición de compuestos químicos de alta peligrosidad, llegando así a tener un desarrollo agrícola sostenible.

Finalmente, a pesar de la escasez que presenta Colombia en el desarrollo de proyectos ambientales para combatir tales problemáticas en este sector, es posible ver que ya está implementando diferentes métodos amigables con el ambiente y que son generadores de buenos resultados, sin embargo, una de las principales barreras que cuenta el país es la baja financiación de los proyectos y la falta de autoridad que cuenta la legislación que rige a las empresas participes en estos sectores.

5. RECOMENDACIONES

A partir de la investigación realizada y tomando en cuenta las conclusiones planteadas anteriormente, se recomienda a las empresas industriales que producen estos tipos de productos, que tomen conciencia de las complicaciones que tienen estos compuestos químicos en la salud humana y en el medio ambiente, y tomen acción de ello por medio de una intervención en sus procesos y en la generación de sus residuos, con el fin de innovar y sacar al mercado productos de mejor calidad, que cumplan con las exigencias de los agricultores y así mismo, no causen daños al ambiente ni a los alimentos que han de ser cultivados, garantizando una mayor seguridad alimentaria.

Por otra parte, teniendo en cuenta esta información, se recomienda realizar una investigación más rigurosa, y si lo requiere, una experimentación en un sector agrícola en particular (cafetero, palmero, etc.), con el fin de analizar las problemáticas puntuales que presente el sector y así, decidir sobre el mejor método de control para las afectaciones que lo contengan, lo que promueve a una mayor investigación en Colombia y es posible llegar a tener grandes resultados, llevando al sector agrícola a ser más sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

- AHMAD, Iqbal, AHMAD, Farah, PICHTEL, John. 2011. Microbes and microbial technology: agricultural and environmental applications. Springer Science Business Media LLC. p. 415-430. Archivo de PDF: https://www.researchgate.net/profile/Mohd_Khan22/publication/226263676_Microbial_Applications_in_Agriculture_and_the_Environment_A_Broad_Perspective/links/0c960529627120013c000000/Microbial-Applications-in-Agriculture-and-the-Environment-A-Broad-Perspective.pdf?origin=publication_detail
- ALARCÓN, Alejandro & FERRERA, Ronald. Biofertilizantes: importancia y utilización en la agricultura. En: Revista técnica en México. [Google Académico] p. 191-203. ISSN: 0568-2517. [consultado el 13 de septiembre de 2018]. Archivo en PDF: <https://www.redalyc.org/pdf/608/60826207.pdf>
- ALARCÓN, Alejandro & FERRERA, Ronald. Biofertilizantes: importancia y utilización en la agricultura. En: Revista técnica en México. [Google Académico] p. 191-203. ISSN: 0568-2517. [consultado el 13 de septiembre de 2018]. Archivo en PDF: <https://www.redalyc.org/pdf/608/60826207.pdf>
- ALFONSO, Margarita. Los plaguicidas botánicos y su importancia en la agricultura orgánica. En: Agricultura Orgánica. Vol.2. p.26-30. Archivo en PDF: http://www.actaf.co.cu/revistas/revista_ao_95-2010/Rev%202002_2/10plaguicidasbotanicos.pdf
- ANASTAS, Paul & KIRCHHOFF Mary. Origins, Current Status, and Future Challenges of Green Chemistry. En: Accounts of Chemical Research. [Google Académico] vol. 35, p. 686-694. [consultado el 15 de agosto de 2018] Archivo en PDF: http://www.qcc.cuny.edu/EHS/docs/WEEK_9a___paper_1.pdf
- ANASTAS, Paul & WARNER, John. Green Chemistry, theory and practice, 1998, Oxford University Press. ISBN 0198506988, 978-0198506980
- ANASTAS, Paul, BARLETT, Lauren, KIRCHHOFF Mary & WILLIAMSON, Tracy. The role of catalysis in the design, development, and implementation of green chemistry. 2000. En: Catalysis Today. [ScienceDirect]. Vol. 55. p. 11-22. Archivo en PDF: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920586199002229>
- ARÉVALO, E. 2009. Más arroz a menos costo con la aplicación de biofertilizantes y materia orgánica. En: Revista. Arroz. Vol.57, No.476, p.26-28.
- ARONSON, Arthur, BECKMAN, William & DUNN, Peter. 2011. Bacillus thuringiensis and related insect pathogens. En: Microbiological reviews. Vol. 50; No 1, p.1-24. Archivo en PDF:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC373051/pdf/microrev00052-0009.pdf>

AVALOS, Carlos. El polémico uso de agroquímicos. En: Revista Generación. [Google Académico] No. 134. 2009. p. 10-15 [consultado el 3 de septiembre de 2018]. Archivo en PDF: <http://www.generacion.com/secciones/biodiversidad/pdfs/Generacion-Edicion-134-biodiversidad-876.pdf>

BANCO AGRARIO DE COLOMBIA. Informe Trimestral Agropecuario, Investigaciones Económicas. [Sitio Web]. Bogotá D.C., Colombia. Enero 2018. p. 2. [citado el 13 de noviembre, 2018] Archivo en PDF: <https://www.bancoagrario.gov.co/EstudiosEconomicos/Informe%20Trimestral%20Agropecuario/ITA201804.pdf>

BARAJAS, Rosa Elvia. Biotecnología y revolución verde: Especificidades y divergencias. Tesis de licenciatura México D.F. Universidad Autónoma Metropolitana 1991. p.5.

BENJANNET, H., SKHIRI, F., MIGHRI, Z., SIMMONDS, M. S. J., BLANEY, W. M. Antifeedant activity of plant extracts and of new natural diglyceride compounds isolated from *Ajuga pseudoiva* leaves against *Spodoptera littoralis* larvae. En: Industrial Crops and Products. Vol. 4 p.213-222. ISSN: 0926-6690. Archivo en PDF: <https://ezproxy.uamerica.edu.co:2119/science/article/pii/S0926669001000863>

BRODEUR, Julie; SUAREZ, Romina & ZACCAGNINI, María. Los Agroquímicos y el Ambiente. En: Programa de Formación Integral en el Uso Responsable de los Fitosanitarios. p. 1. [consultado el 5 de septiembre de 2018] Archivo en PDF: https://www.researchgate.net/publication/317231324_Los_Agroquimicos_y_el_Ambiente

BUTT, JACKSON & MAGAN. 2001. Introduction—fungal biological control agents: progress, problems and potential. En: Fungi as biocontrol agents progress, problems and potential. T. M. Butt, C. Jackson y N. Magan (Eds.). CABI, Wallingford, Oxon, p.1-8, ISBN 085199 356 7

CARSON, Rachel. Primavera Silenciosa. Ed. Houghton Mifflin Harcourt. Septiembre, 1965. ISBN 8416771316, 9788416771318. Archivo en PDF: https://books.google.com.co/books/about/Primavera_silenciosa.html?id=PV3pDAAQBAJ&printsec=frontcover&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

CARVAJAL, Juan & MERA, Adriana. Fertilización Biológica: Técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. En: Revista Producción + Limpia.

[EbscoHost]. Vol. 5, No 2. p. 79. [consultado el 13 de septiembre de 2018] Archivo en PDF: <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2109/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=9&sid=085708f3-d5ab-42c6-a0c9-298acc3124f8%40pdc-v-sessmgr02>

CONSEJO CONSULTIVO LABORAL ANDINO (CCLA) & INSTITUTO LABORAL ANDINO (ILA). Por la prohibición de la "Docena Sucia". No a los plaguicidas más nocivos. Perú; 2006. p. 16-18

CECCON, Eliane. La Revolución Verde: Tragedia en dos actos. 2008. En: Ciencias. [Google Académico]. Vol. 1, No 91, p. 21. [consultado el 12 de agosto de 2018]. Archivo en PDF: <http://www.revistaciencias.unam.mx/images/stories/Articles/91/02/La%20revolucion%20verde%20tragedia%20en%20dos%20actos.pdf>

CENTI, Gabriele and PERATHONER, Siglinda. Catalysis and sustainable (green) chemistry. En: CATALYSIS TODAY. [ScienceDirect] vol. 77, no. 4, p. 287-297, p 287. [consultado el 12 de agosto de 2018] Archivo en PDF: <https://ezproxy.uamerica.edu.co:2119/science/article/pii/S0920586102003747>

CHERRY & WILLIAMS. Control de insectos plaga mediante baculovirus. En: Los baculovirus y sus aplicaciones como bioinsecticidas en el control biológico de plagas. p. 389-452. ISBN: 9788493205607.

CHUL, Sun; PARK, Sanggyu. GYU-LEE, Dong. Purification and characterization of a novel chitinase from the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. En: Journal of Invertebrate Pathology. [ScienceDirect]. Vol.73: p.276- 281. ISSN: 0022-2011. Archivo en PDF: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022201199948437?via%3Dihub>

CONANT, Jeff & FADEM, Pam. Guia comunitaria para la salud ambiental. Ed. Hesperian. p 321. ISBN: 978-0-942364-59-0. [consultado el 11 de septiembre de 2018]. Archivo en PDF: <https://ongcaps.files.wordpress.com/2012/04/guc3ada-comunitaria-para-la-salud-ambiental.pdf>

CONPES 3577 - CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL. 2009. Política nacional para la racionalización del componente de costos de producción asociado a los fertilizantes en el sector agropecuario. Bogotá D.C. p.33. Archivo en PDF: <http://www.ica.gov.co/getattachment/b527d0c9-e862-4c26-8347-e5076fd9b1a9/2009CP3577.aspx>

DEBACH, P. 1977. Lucha biológica contra los enemigos de las plantas. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, p.399 ISBN: 8471140608.

DEMIR, Ismail, ERYÜZLÜ, Emine & DEMIRBAĞ, Zihni. A study on the characterization and pathogenicity of bacteria from *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera:

Lymantriidae). En: Turkish Journal of Biology. [EbscoHost] Vol. 36. No. 4; p.459-468. Archivo en PDF: <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2109/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=11&sid=c51a8a34-8c80-489f-a499-dcd12e095fce%40sessionmgr103>

EPA (Environmental Protection Agency). 1988. Code of Federal Regulation 40, parts 150 to 189. [Sitio Web]. Washington, DC U.S. Environmental protection agency, p.718. Archivo en PDF: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2010-title40-vol23/pdf/CFR-2010-title40-vol23-part152.pdf>.

EPA (Environmental Protection Agency). Biopesticide demonstration grant program. [Sitio Web]. Washington, D.C. U.S. Environmental Protection Agency. Office of Pesticide Programs. Archivo en PDF: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P1006GHZ.PDF?Dockey=P1006GHZ.PDF>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (1989). Estrategias en Materia de Fertilizantes. En: FAO, Fomento de Tierras y Agua. Roma: Colección FAO, p.7-11

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. Roma: FAO; 2017.

GARCÍA-OLIVARES, J.G.; MENDOZA-HERRERA, A.; MAYEK-PEREZ, N. 2012. Efecto de Azospirillum brasilense en el rendimiento del maíz en el norte de Tamaulipas, México. En: Universidad y Ciencia. Vol.28; No.1; p.79-84. ISSN: 0186-2979. Archivo en PDF: <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2109/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=8&sid=587839dc-1a9a-437d-bbf2-f05cd290146f%40pdc-v-sessmgr06>

GOBIERNO DE COLOMBIA. Documento CONPES DNP-113. Bogotá D.C. 2008

GOBIERNO DE COLOMBIA. Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (PNSAN) 2012-2019. Colombia; 2013.

GUÉDEZ, Clemencia; CASTILLO, Carmen; CAÑIZALES, Luis & OLIVAR Rafael. Control Biológico: Una herramienta para el desarrollo sustentable y sostenible. En: Academia. Vol. 7. Pag 51. ISSN 1690-3226. Archivo en PDF: https://www.researchgate.net/publication/242534403_CONTROL_BIOLOGICO_UNA_HERRAMIENTA_PARA_EL_DESARROLLO_SUSTENTABLE_Y_SOSTENIBLE_Biological_control_a_tool_for_sustaining_and_sustainable_development

GURRERRO, Ricardo. Manual Técnico – Propiedades generales de los Fertilizantes. 2004. Ed. 4. Archivo en PDF: <http://www.monmeros.com/descargas/dpmanualfertilizacion.pdf>

HODSON, Elizabeth & ZAMUDIO, Teodora. Uso de bioinoculantes en la agricultura: Alternativa de manejo sostenible. En: Biotecnologías e Innovación: el compromiso social de la ciencia. Ed. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. p. 327. ISBN: 978-958-716-587-6

JIMENEZ, Mercedes. La Fundación Rockefeller y la investigación agrícola en América Latina. 1990. En: Comercio Exterior. Vol. 40. No 10. p. 968-975. [consultado el 12 de agosto de 2018]. Archivo en PDF: <https://www.scribd.com/document/344895584/La-Fundacion-Rockefeller-y-La-Investigacion-Agricola-en-America-Latina>

LENG, Pengfei., ZHANG, Zhiming., PAN, Guangtang., ZHAO, Maojun. Applications and development trends in biopesticides. En: African Journal of Biotechnology. [Google Académico] Vol.10; No.86. p. 19864-19873. ISSN 1684–5315. Archivo en PDF: <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/99172/88473>

LUGTENBERHG & KAMILOVA. Plant Growth Promoting rhizobacteria. En: Annual Review of Microbiology. [Google Académico]. Vol. 63 p. 541-556. [consultado el 15 de septiembre de 2018]. Archivo en PDF: https://www.researchgate.net/profile/Faina_Kamilova/publication/229138683_Plant-Growth-Promoting_Rhizobacteria/links/0fcfd5007bf840eccd000000/Plant-Growth-Promoting-Rhizobacteria.pdf

MADR. (2009). Anuario estadístico del sector agropecuario y pesquero. [consultado el 15 de septiembrel de 2018], de agronet: <http://201.234.78.28:8080/jspui/handle/123456789/1911>

MANLEY, Julie B.; ANASTAS, Paul T. and CUE, Berkeley W. Frontiers in Green Chemistry: meeting the grand challenges for sustainability in R&D and manufacturing. En: Journal Cleaner Production. [ScienceDirect] 2008. p. 743-750. [consultado el 13 de agosto de 2018] Archivo en PDF: <https://ezproxy.uamerica.edu.co:2119/science/article/pii/S0959652607000728>

MESTRES, Ramón. Química Sostenible: Naturaleza, fines y Ámbito. En: EDUCACIÓN QUMICA. [ScienceDirect] vol. 24, p. 103-112. [consultado el 13 de agosto de 2018] Archivo en PDF: <https://ezproxy.uamerica.edu.co:2119/science/article/pii/S0187893X13725035>

NAVA, Eusebio; GARCÍA, Cipriano; CAMACHO, Jesús; & VÁSQUEZ, Lorena. Bioplaguicidas: Una opción para el control biológico de plagas. En: Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable. [EbscoHost]. Vol. 8, No. 3. ISSN: 1665-0441. [consultado el 13 de noviembre de 2018] Archivo en PDF: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioamericasp/reader.action?docID=3210619>

9

NEMOGÁ, G. 2010. Biotecnología y el acceso a recursos genéticos. En: El desafío de generar tecnología en el siglo XXI. Ed. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. p.181-201. ISBN: 9789587614107.

NICHOLLS, Clara. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Ed. Universidad de Antioquia. 2008. p. 2. ISBN 978-958-714-186-3. Archivo en PDF: <http://wp.globalalternatives.org/wp-content/uploads/2014/01/Control-biologico-de-insectos-un-enfoque-agroecolgico.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) & Comunidad Andina de Naciones (CAN). Comunidad Andina: factores macroeconómicos, comerciales, sectoriales y la seguridad alimentaria. Lima, 2004.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación. Roma: FAO; 2001, Informe N° 33.

PAJARO, Nerlis & OLIVERO, Jesús. Química verde: Un nuevo reto. 2011. En: Ciencia e Ingeniería Neogranadina. Vol. 21. p. 177. [consultado el 15 de agosto de 2018]. Archivo en PDF: <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2109/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=057bf643-364a-4dc5-bbd7-a9fdc20a746a%40sessionmgr101>

PENNA, Claudio.; MASSA, Rosana.; OLIVIERI, Florencia.; GUTKIND, Gabriel.; CASSÁN, Fabricio. A simple method to evaluate the number of bradyrhizobia on soybean seeds and its implication on inoculant quality control. En: AMB Express. [SpringerLink] Vol.19; No.1; p.21. Archivo en PDF: <https://amb-express.springeropen.com/track/pdf/10.1186/2191-0855-1-21>

PÉREZ, Juan. Uso de los fertilizantes y su impacto en la producción agrícola. Tesis de Maestría Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 2014. p. 28

PETIOT & GUARDIA. Composting in a Laboratory Reactor: A review. En: Compost Science & Utilization. [EbscoHost] 2004. p. 69-79. [consultado el 13 de septiembre de 2018]. Archivo en PDF: <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2109/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=14&sid=085708f3-d5ab-42c6-a0c9-298acc3124f8%40pdc-v-sessmgr02>

RAPAL URUGUAY. Contaminación y eutrofización del agua. p.14 ISBN: 978-9974-8029-7-1.[consultado el 12 de septiembre de 2018] Archivo en PDF: <http://www.rapaluruguay.org/agrotoxicos/Uruguay/Eutrofizacion.pdf>

RIDGWAY, Biological control by augmentation of natural enemies, Ed. Springer US. Nueva York, Plenum Press.

RODRIGUEZ, Asela; TAMAYO Susana & PALACIO Daniel. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. En: Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. [EbscoHost]. p. 372-387. [consultado el 3 de septiembre de 2018] Archivo en PDF: <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2109/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=6&sid=085708f3-d5ab-42c6-a0c9-298acc3124f8%40pdc-v-sessmgr02>

ROSAS, Ninfa. Biopesticide production from *Bacillus thuringiensis*: An environmentally friendly alternative. En: Recent Patents on biotechnology. Vol.3, p.28-36. ISSN: 2212-4012. Archivo en PDF: <http://www.eurekaselect.com/93137/article>

RUÍZ, Manuel. Una lectura crítica de la Decisión 391 de la Comunidad Andina y su puesta en práctica en relación con el Tratado Internacional. Recursos Naturales y Ambiente. No. 53: p. 136-147. Archivo en PDF: https://www.spda.org.pe/_data/archivos/Pag136-147.pdf

SÁNCHEZ, Rubén. Seguridades en construcción en América Latina: Dimensiones y enfoques de seguridad en Colombia. [Google Académico]. Vol. 2. p. 227 ISBN 9588378389, 9789588378381. [consultado el 1 de septiembre de 2018] Archivo en PDF: <https://books.google.com.co/books?id=gTBzhLXj65QC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

SECRETARIA DEL CONVENIO DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA. Protocolo de Nagoya sobre acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización al Convenio sobre la diversidad biológica. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Montreal, Canadá. 16p. ISBN: 92-9225-310-7. [consultado el 13 de septiembre de 2018] Archivo en PDF: <https://www.cbd.int/abs/doc/protocol/nagoya-protocol-es.pdf>

SIMBERLOFF, Daniel. Risks of biological control for conservation purposes. En: BioControl. [SpringerLink] Vol. 57: p. 263–276. ISSN: 1573-8248. Archivo en PDF: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10526-011-9392-4>

SINGH, Ajay, SINGH, D.K., MISHRA, T.N., AGRAWAL, R.A. Molluscicides of plant origin. Journal. En: Biological Agriculture & Horticulture Vol.13 p.205–252. Archivo en PDF: <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2109/eds/detail/detail?vid=6&sid=c51a8a34-8c80-489f-a499-dcd12e095fce%40sessionmgr103&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZSZZy29wZT1zaXRI#AN=edsagr.GB9713318&db=edsagr>

SIPSA. (Noviembre de 2011). Boletín Mensual. Precios de insumos y factores de producción agrícolas. [consultado el 15 de septiembre de 2018], de SIPSA:

http://201.234.78.28:8080/jspui/bitstream/123456789/3391/1/Agricola%20Noviembre_11.pdf

SOCIEDAD DE AGRICULTORES DE COLOMBIA. Informe Trimestral de Coyuntura Agropecuaria. [Sitio Web]. Bogotá D.C., Colombia. 2018. p. 1. [citado el 13 de noviembre, 2018] Archivo en PDF: <http://sac.org.co/images/estueconomicos/CoyunturaTrim-l2018.pdf>

TORO, C. 2010. Tratados internacionales y biodiversidad. En: El desafío de generar tecnología en el siglo XXI. Ed. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. p.181-201. ISBN: 9789587614107.

VAN DEB BOSCH, MENSSENGER & GUTIERREZ, An introduction to biological control, Nueva York y Londres, Plenum Press, p. 247 ISBN 1475791623, 9781475791624

VAN DRIESCHE, R. G., Hoddle, M. S., Center, T. D. 2007a. Plaguicidas microbiales: problemas y conceptos. En: Control de plagas y malezas por enemigos naturales. Sección IX. Capítulo 23, p.431-442. ISSN 1405-0420 Archivo en PDF: https://www.fs.fed.us/foresthealth/technology/pdfs/VANDRIESCHE_CONTROL_Y_PLAGAS_WEB.pdf

VAN DRIESCHE, R. G., Hoddle, M. S., Center, T. D. 2007b. Uso de patógenos de artrópodos como plaguicidas. En: Control de plagas y malezas por enemigos Naturales. Sección IX. Capítulo 24. 443- 466. ISSN 1405-0420. Archivo en PDF: https://www.fs.fed.us/foresthealth/technology/pdfs/VANDRIESCHE_CONTROL_Y_PLAGAS_WEB.pdf

VARLEY. GRADWELL & HASSELL. Insect population ecology, Ed. University of California, Press Oxford, Blackwed.1973. ISBN-10: 9780520026674

VESSEY, Kevin. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. En: Plant and soil. [SpringerLink] 2003. Vol. 255 571–586. [consultado el 13 de septiembre de 2018]. Archivo en PDF: <https://link.springer.com/article/10.1023/A%3A1026037216893>

ZAMBRNO, Diana, RAMÓN, Luisa; STRAHLEN, Mario & BONILLA, Ruth. Industria de bioinsumos de uso agrícola en Colombia. En: Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. [EbscoHost]. Vol.18. No.1 p. 59-67. ISSN: 0123-4226. [consultado el 13 de septiembre de 2018]. Archivo en PDF: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v18n1/v18n1a08.pdf>.