

**Impactos ambientales por agroquímicos en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en Casanare  
en el periodo 2015-2021**

Daya Yineth Castro Rodríguez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD  
Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y de Medio Ambiente  
Programa de Ingeniería Ambiental  
2023

**Impactos ambientales por agroquímicos en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en Casanare  
en el periodo 2015-2021**

Daya Yineth Castro Rodríguez

Asesor

MSc., Gilberto Augusto Cortés Millán

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD  
Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y de Medio Ambiente

Programa de Ingeniería Ambiental

2023

### **Dedicatoria**

Dedico el presente trabajo primeramente a Dios dueño y dador de vida, a mi esposo e hija fuentes de amor e inspiración en toda mi formación como profesional, a mis padres y demás familiares que me apoyaron en todo momento y me animaron a luchar hasta el final por mi sueño. Esto es por ustedes y para ustedes, pues sin su apoyo, amor, motivación y compañía en todo este proceso nada hubiera sido posible.

## **Agradecimientos**

Agradezco principalmente a Dios todo poderoso por brindarme el regalo de la vida, el privilegio de la salud y la sabiduría necesaria para culminar con éxito esta meta trazada en mi vida, por otorgarme las fuerzas necesarias para no desfallecer en el proceso y mantenerme firme hasta el final. A mi esposo Alejandro Cárdenas por apoyarme de principio a fin, por darme ánimo, por recordarme que era capaz de lograr esto y mucho más, por toda la confianza, amor y comprensión que me brindó incondicionalmente. A mi hija Danna Salomé Cárdenas Castro, por ser mi principal fuente de inspiración, por ser mi mayor motivo de querer ser profesional para darle siempre lo mejor, por su amor y ternura que me recargaban de energías para no abandonar mi sueño en aquellos momentos de quebranto, también agradezco a Felipe Cárdenas, esa personita que Dios me ha prestado como un segundo hijo, quien me ha dado mucho ánimo en todo este tiempo, ha creído en mí y con sus muestras de cariño me ha levantado el ánimo. A mis padres por inculcarme desde pequeña a soñar en grande, a ser fuerte, a perseguir mis sueños y nunca desistir, a saber, sortear cualquier dificultad que pudiera surgir en el camino confiando siempre en Dios y en mis capacidades. A mis hermanos y sobrinos por su gran motivación en este proceso, por alentarme siempre a seguir y demostrar su confianza en que podía lograr ese gran sueño “ser una ingeniera”.

Agradezco también a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD – a sus docentes por abrirme sus puertas y formarme como una gran profesional con conocimientos, pero también con calidad humana. Finalmente, pero no menos importante, agradezco a mis compañeros de estudio por ese gran apoyo y ayuda incondicional que me brindaron en todo mi proceso académico, por confiar en mis capacidades y siempre animarme a seguir adelante.

## Resumen

El departamento de Casanare basa su economía principalmente en actividades agrícolas y ganaderas, predominando en la agricultura los cultivos de arroz (*Oryza sativa* L.) ya que en la actualidad son extensas las áreas de los llanos orientales utilizadas para su producción. La identificación de impactos ambientales, los cambios en las propiedades del agua siendo no apta para el consumo humano además de causar la degradación de suelos, son una muestra de la falta de protección y preservación ambiental en el departamento de Casanare, deficiencia en gestión e intervención por las autoridades competentes y en general falta de conciencia ambiental en las diversas actividades agrícolas llevadas a cabo, especialmente en la producción de arroz, por lo cual se han desencadenado impactos en el ambiente que perjudican notablemente el ecosistema así como los habitantes la comunidad perteneciente a la región dejándolos en una posición de vulnerabilidad de tipo socio ambiental.

Las diversas prácticas empleadas en la producción de arroz que no son amigables con el medio ambiente han generado preocupantes impactos ambientales como la erosión de suelos, contaminación y disminución del recurso hídrico entre otros. En este documento se presentará de forma concisa los diversos impactos ambientales en la región que han surgido a causa de la producción de arroz en el periodo 2015-2021.

***Palabras clave:*** Agroquímicos, fertilizantes, cultivo de arroz, contaminación, agricultura.

### **Abstract**

The department of Casanare bases its economy mainly on agricultural and livestock activities, predominating in agriculture rice crops (*Oryza sativa* L.) since at present are extensive areas of the eastern plains used for their production. The identification of environmental impacts, the degradation of water quality as unfit for human consumption and the degradation of soils, are an example of the deficiency of environmental protection and preservation in the department of Casanare, lack of management and intervention by the competent authorities and generally lack of environmental awareness in agricultural activities especially in rice production, Thus, environmental impacts have been unleashed that significantly damage the ecosystem as well as the inhabitants of the region leaving them in a position of socio-environmental vulnerability. The various practices employed in the production of rice that are not friendly to the environment have generated worrying environmental impacts such as soil erosion, pollution and reduction of water resources among others. This document will present in a concise way the various environmental impacts in the region that have arisen due to rice production in the period 2015-2021.

***Keywords:*** Agrochemicals, fertilizers, rice cultivation, pollution, agriculture.

## Tabla de contenido

Introducción .....	11
Justificación .....	13
Planteamiento del problema.....	15
Objetivos.....	17
Objetivo general.....	17
Objetivos específicos .....	17
Metodología .....	18
Marco Conceptual.....	20
Uso de agroquímicos.....	20
Uso del suelo en el Departamento del Casanare.....	21
El arroz – ( <i>Oryza sativa</i> L.) - Generalidades .....	22
Fertilización .....	25
Cultivo de arroz ( <i>Oryza Sativa</i> L.) en Colombia .....	27
Cultivo de arroz ( <i>Oryza Sativa</i> L.) en Casanare .....	31
Manejo agronómico del cultivo del arroz ( <i>Oryza Sativa</i> L.) .....	35
Preparación del terreno .....	35
Fertilización .....	37
Control de Malezas .....	38
Plagas y enfermedades .....	39

Los agroquímicos.....	41
Tipos de agroquímicos .....	43
Reglamentación existente para el uso de agroquímicos .....	47
Uso de agroquímicos en cultivos de arroz ( <i>Oryza Sativa</i> L.) .....	51
Impactos ambientales por el uso de agroquímicos en los cultivos de arroz ( <i>Oryza Sativa</i> L.) ...	56
Resultados .....	64
Discusión.....	69
Conclusiones .....	70
Recomendaciones .....	72
Referencias.....	74

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Area sembrada (ha) según zona del país.....	29
<b>Tabla 2</b> producción de Arroz Mecanizado.....	31
<b>Tabla 3</b> Histórica producción de arroz por toneladas por municipios de Casanare.....	33
<b>Tabla 4</b> Criterios de Clasificación Plaguicidas .....	45
<b>Tabla 5</b> Marco Jurídico Ambiental .....	48
<b>Tabla 6</b> Clasificación de Agroquímicos.....	52
<b>Tabla 7</b> Agroquímicos aplicados al cultivo del arroz.....	53
<b>Tabla 8</b> Servicios medioambientales afectados por los agroquímicos.....	54
<b>Tabla 9</b> Agroquímicos del cultivo del arroz y daños al medio ambiente.....	60
<b>Tabla 10</b> Principales efectos ambientales del uso de agroquímicos en el cultivo de Arroz .....	65

### Índice de gráficos

<b>Gráfico 1</b> Área sembrada de arroz Mecanizado. Principales departamentos arroceros para el II semestre 2010-2021 .....	30
<b>Gráfico 2</b> Estructura simplificada para la cadena .....	43

## Introducción

La presente monografía se centra en la identificación de impactos ambientales generados por el sector agrícola especialmente por los cultivos de arroz debido a la aplicación inadecuada de agroquímicos usados en el Departamento de Casanare durante el periodo 2015-2021, con el objetivo de establecer y analizar los efectos de carácter ambiental presentada y que va en aumento con el transcurso de los años.

Se realiza un recorrido sobre los principales aspectos asociados al cultivo del arroz, necesidades agroecológicas, contexto del cultivo dentro del departamento del Casanare y los impactos ambientales relacionados con el uso de agroquímicos en las diversas etapas del cultivo.

La principal característica de esta problemática es el uso indiscriminado de agroquímicos en las diferentes fases del cultivo de arroz y que generan consigo diversos impactos negativos en el ambiente, el problema se intensifica en el departamento de Casanare debido a las extensas áreas cultivadas con este cereal ya que está dentro de los 5 departamentos que más producen arroz a nivel nacional.

Cabe mencionar que en el departamento de Casanare destaca la agricultura se destaca en los principales aspectos de su economía, sobresaliendo en estos el cultivo de arroz, siendo este el principal producto que suple los mercados locales, sin embargo se presenta una desventaja y es que no se cuenta con un gran mercado internacional, debido a esto y con el propósito de implementar mejoras considerables de este producto y aumentar su producción se ha incurrido en el uso desmedido de agroquímicos causando diversos impactos en el ambiente.

En el departamento del Casanare, en la realización del Censo Nacional del Arroz, llevado a cabo por FEDEARROZ, se cuenta con aproximadamente 159.081 Ha para el año 2020 y con una participación productiva de 1080 productores, cuya cadena productiva está integrada por

Proveedores de insumos, de arroz, transformadores, comercializadores y consumidores finales e intermedios. (PDEA, 2020-2023) Citando a la ENAM, se calcula para el año 2019 un área sembrada y cosechada de aproximadamente 139.397 Has que presentan un rendimiento de 5,7 Tonelada por hectárea, “los municipios de mayor importancia del cultivo de arroz son en su orden, Paz de Ariporo, Maní, San Luis de Palenque, Trinidad, Tauramena, Nunchía, Aguazul y otros, destacando que, de los 19 municipios de Casanare, el cultivo se lleva en 13 de ellos”, cuya área geográfica se encuentra ubicada en Piedemonte, situada en el Costado norte del río Upia (p. 112)

Por otro lado, “La industria arrocera en Colombia ha cobrado importancia dentro de los sectores económicos, el 1,8% corresponde a las actividades de manufactura y el 6,8% a la industria de productos alimenticios, situando principalmente al arroz, después del café y el maíz”, (Causa, M., 2019, p. 2), representando una gran problemática ambiental debido al uso de productos químicos para la implementación y sostenimiento del cultivo, así como métodos no tradicionales que desembocan en un daño ambiental considerable sobre los servicios ecosistémicos sean éstos en aire, suelo y agua debido al uso de agroquímicos como fertilizantes y pesticidas, afectando tanto directa como indirectamente a los consumidores finales y al medio ambiente en general enfocados entonces al Departamento del Casanare.

## Justificación

Colombia se ha caracterizado por ser un país Agrícola por excelencia, sin embargo dentro de sus prácticas, el uso de productos agroquímicos cuyos impactos ambientales se ven reflejados en los componentes aire, agua y suelos.

De acuerdo con cifras del DANE, citado por Duque (2019), estudios realizados sobre el sector arrocero lo ubican como el tercer producto más importante dentro de la actividad agrícola colombiana. Además, el arroz procesado tiene un rol de gran importancia en la alimentación diaria y entre los productos más consumidos en la dieta de los hogares colombianos y en específico, incluso en hogares de bajos recursos. Conforme en el documento presentado por el DANE (2017) el consumo aproximado en el país es de 2.776.823 tn de arroz, valor sobreestimado al referenciado por países comparativamente como en Perú del cual su consumo aproximado se encuentra en 2.536.472 ton.

Colombia es un país liderado por la agricultura, lo que hace considerable el uso de agroquímicos, sobre todo en el ámbito de la agricultura llevada a cabo de forma intensiva que busca continuamente propender mejorar la calidad y cantidad de los cultivos, los rangos de producción y por consiguiente la economía. Así mismo se utilizan en el hogar para el control de insectos y otras plagas y se utilizan para el control de vectores que impactan la salud de los pobladores cercanos a las plantaciones. Para Rivas y Patiño (2021) el uso de fertilizantes, pesticidas, herbicidas y otros productos utilizados en el sector agrícola ha generado problemas para los organismos y el medio ambiente, incluidos el agua, aire y suelo siendo estos los más afectados incluyendo todos los ecosistemas de la región.

El presente documento tiene como finalidad la identificación y análisis entre los diversos impactos ambientales que trae consigo el uso indiscriminado de agroquímicos en los cultivos de

arroz en el departamento de Casanare entre los años 2015-2021, partiendo de la identificación de los cambios que han ocasionado y la adaptación a las nuevas características que recaen sobre los ecosistemas de la Región. En el desarrollo de la presente monografía se acude a evidencia documental para exponer tanto a autoridades ambientales como entes gubernamentales el aumento constante de los efectos ambientales y del deterioro de los suelos, las fuentes hídricas y la atmósfera en el departamento de Casanare como consecuencia del uso desmedido e incontrolado de agroquímicos que generan impactos negativos en los ecosistemas donde se desarrollan las zonas de cultivo. Adicional, en el presente documento se mostrarán diferentes alternativas que contribuyan a disminuir de manera significativa el daño ambiental generado por el uso excesivo de agroquímicos dentro de los cultivos de arroz, mostrando al lector diferentes opciones que sean viables, proporcionen facilidad de aplicación en las diferentes etapas de producción y que sean amigables con el medio ambiente generando mínimos impactos negativos en el mismo y contribuyendo de manera significativa en su conservación y preservación.

### **Planteamiento del problema**

En Colombia el cultivo de arroz se posiciona en el primer lugar, analizado desde un análisis económico entre cultivos de ciclo corto, de la misma manera, se ubica en el segundo puesto como país productor de arroz en América Latina y otras regiones como el Caribe. No obstante, la degradación de los suelos en el país se ve reflejada en los diversos niveles de erosión que impactan de forma negativa el suelo y que en la actualidad alcanzan impactos elevados en ciertas zonas (BsT, BMsT, BhT.) tendientes a continuar aumentando. Por esta razón Muñoz (2016), relaciona que se hace necesario tomar medidas correctivas urgentes para vigilar este fenómeno, de no ser así, Colombia tendría una transición de ser un país productor a ser importador afrontando todas las consecuencias económicas y sociales que tal situación desencadenaría.

Las plagas y enfermedades disminuyen considerablemente la producción de cultivos. Con el fin de eludir los efectos destructores de dichos organismos dañinos se usan agroquímicos (herbicidas, fungicidas e insecticidas) fabricados para controlar las enfermedades en los diferentes cultivos. Dichos productos representan un elemento de gran importancia en la agricultura moderna, no obstante, su uso continuo podría generar variados problemas o intervenir sobre microorganismos benéficos del suelo. Los agroquímicos son principalmente una importante fuente de carbono y nitrógeno, los cuales se descomponen generalmente a causa de la actividad microbiana. El ingreso constante de dichos compuestos en los ecosistemas del suelo lograría perjudicar a los microorganismos y sus actividades, ocasionando cambios en los procesos bioquímicos y biológicos vitales para la fertilidad y rendimiento de los cultivos. La fijación y dispersión de dichos componentes tóxicos en el suelo obedece a las propiedades tanto físicas como químicas del agroquímico, las condiciones del terreno y del clima. Rojas y Bedoya

(2013) indican que los pesticidas reducen el dinamismo de las diferentes enzimas del suelo e influyen en gran parte de las reacciones bioquímicas y los ciclos, entre ellas: la nitrificación, desnitrificación, la mineralización continuada en la materia orgánica, reacciones redox y la metanogénesis.

En los llanos orientales el cultivo de arroz predomina como la principal actividad agrícola, convirtiéndose en uno de los productos de consumo familiar más adquiridos en los hogares de la región, por consiguiente su demanda ha aumentado con el pasar de los años paralelo al crecimiento poblacional, debido a esto también se evidencia un aumento considerable en el uso de agroquímicos ya que la actividad de cultivo y producción arroceras se caracteriza por el alto uso de dichos productos generando consigo impactos significativos en el ambiente. El propósito de la presente monografía es identificar y analizar los impactos ambientales ocasionados por el uso de agroquímicos en los cultivos de arroz en el departamento de Casanare durante el periodo 2015-2021 al mismo tiempo presentar alternativas que contribuyan a un desarrollo económico en el sector agrícola siendo responsable con el medio ambiente.

A partir de lo anterior surge la pregunta ¿Cuáles son los principales impactos ambientales generados por agroquímicos en la práctica del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en Casanare en el periodo 2015-2021?

## Objetivos

### Objetivo general

Reconocer los principales impactos ambientales generados debido a la utilización de agroquímicos en las diversas etapas del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en Casanare en el periodo 2015-2021.

### Objetivos específicos

Caracterizar el contexto del cultivo del arroz, principales requerimientos, así como las principales actividades agrícolas llevadas en cada fase de éste.

Analizar los impactos ambientales debido al uso indiscriminado de agroquímicos en los cultivos de arroz en el Departamento de Casanare durante el periodo 2015- 2021, describiendo los agroquímicos que han generado impactos negativos en el ambiente por su uso en los cultivos de arroz.

Identificar, a través de una matriz resumida, los principales efectos causados sobre los ecosistemas y el medio ambiente del departamento de Casanare y su vínculo con los cultivos de arroz durante el periodo 2015-2021

## **Metodología**

La monografía llevada a cabo es de tipo monografía por compilación, (FAUV, 2017), afirma que

Consiste en un documento cuya función es la de informar sobre una temática específica basada en la específica la experiencia e investigación sobre algún tema relacionado en forma detallada, de tipo deductivo y precisa en donde previamente se haya realizado una investigación documental (p.2).

Debido a su naturaleza la investigación presenta una metodología cualitativa de tipo documental, en la que la recopilación bibliográfica juega un papel muy importante al incluir artículos de interés científicos para su análisis y descripción. Los investigadores tienen la necesidad de consultar fuentes documentales de primera mano sobre el cultivo del arroz y el impacto ambiental desencadenado por el uso de agroquímicos con el fin de describir la situación ambiental presentada en el Departamento del Casanare con el fin de analizar el contenido bibliográfico y extraer los principales esquemas conceptuales de la temática para enmarcar el objeto de la investigación.

En el trabajo realizado, se aplican técnicas de orden secundario en donde se realiza una revisión de tipo bibliográfico teniendo en cuenta los buscadores de textos científicos, con el fin de reconocer, explorar e indagar acerca de la temática en cuestión, teniendo en cuenta para ello, la existencia del contenido y la recopilación exacta y minuciosa para abordar el tema en todo el contexto de una manera lógica y detallada por medio de la investigación documental y de campo, con las reflexiones que da a lugar para la contribución del conocimiento aplicado a la temática de estudio, enfocado a los objetivos principales y a la interpretación de la información para dar respuesta a las necesidades y planteamiento de la presente investigación.

Las bases de datos utilizadas para la construcción de la presente monografía son: Science Direct, Scopus, EBSCO, Scielo, Redalyc, de las cuales se extrae información específica sobre el tema de estudio, usando motores de búsqueda especializados para ello y adicional, palabras clave que permitan identificar la literatura relevante y confiable de acuerdo al nivel de su contenido, para ser determinada como información de tipo primaria o secundaria, que permitan un acercamiento al tema a través de la búsqueda en una o dos frases con palabras claves que conlleven hacia la identificación de los aspectos más relevantes dentro de los motores de búsqueda. Para Moncada (2014), el uso de descriptores dentro de artículos indexados se constituyen como la mejor alternativa de información especializada, teniendo en cuenta tanto la jerarquía en la relación de los términos y conceptos, como los operadores de conexión entre dichos términos como AND, OR, NOT, dentro de la búsqueda avanzada de dicha información.

### **Marco Conceptual La práctica agrícola**

La actividad agrícola se constituye según Priotto, (2017), considerando como una actividad económica que provee de interés dentro del desarrollo de las regiones en cuanto incorpora los componentes de tipo económico y social dentro de la producción de alimentos en las comunidades; esta práctica no solo se realiza para el abastecimiento de los mercados, sino también para autoconsumo de los cultivadores y sus familias. Dentro de las actividades agrícolas, el uso de estos insumos de origen químico tanto para fertilización como para control de insectos, malezas y plagas ha sido usado desde hace muchos siglos, dejando efectos negativos importantes sobre el medio ambiente. De esta manera, el hombre ha usado el suelo de manera inadecuada, causando daños considerables en el hábitat, sobre los suelos, el agua y lo más importante, la sobreexplotación de las especies tanto nativas como otras, además de los recursos naturales, lo cual lleva consigo una disminución importante de la biodiversidad.

#### **Uso de agroquímicos**

En las prácticas agrícolas, el uso de agroquímicos se realiza con el fin de obtener, controlar y mejorar dichas prácticas, su utilización constante en la producción agrícola, ha generado fuertes impactos sobre el medio ambiente, entre estos impactos se puede mencionar efectos sobre la calidad del agua, cambios en la estructura y propiedades nutricionales de los suelos, compuestos volátiles afectando a la atmósfera y un sinnúmero de secuelas sobre las plantas y los animales, al tener un contacto directo o indirecto sobre los componentes tóxicos de estos agroquímicos. El problema de su uso no solo es de índole ambiental, sino que a su vez se constituye en una preocupación mundial, puesto que el aval para el correspondiente uso parte de una solución alimentaria, así como lo afirma Molpeceres (2019), el uso de agroquímicos ha permitido dar solución a problemáticas como el hambre, sin embargo genera muchas dudas y

cuestionamientos acerca de la toxicidad de los insumos utilizados. Es así como la preocupación medioambiental se contrapone a las prácticas agrícolas eficientes, generando un conflicto socioambiental de gran importancia.

Existen innumerables impactos de la agricultura que recaen sobre el medio ambiente, sin embargo, de acuerdo a los objetivos principales de esta investigación, se realizará un enfoque hacia el uso de productos químicos dentro de las prácticas agrícolas, los efectos directos al medio ambiente y los ecosistemas, dirigiendo la atención hacia los agroquímicos usados en el cultivo del arroz.

Con respecto a ello, Alvarez, (2017) asocia el costo de producción directamente a la aplicación de fertilizantes, considerando entonces la fertilización química como un efecto directo sobre el precio final del producto, planteando entonces alternativas diversas de aplicación de fertilizantes de tipo orgánico para mitigar estos costos. Lo anterior, indica que además de existir impactos ambientales por parte de los insumos agroquímicos, estos generan costos adicionales en los cultivos.

### **Uso del suelo en el Departamento del Casanare**

Según el DPN (Departamento Nacional de Planeación), entre los años 2012 a 2019 los suelos en el Departamento del Casanare son destinados a las actividades principalmente ganaderas, debido a su posición e importancia en la producción dentro de la región, representado por aproximadamente dos millones de cabezas de ganado vacuno, siendo la zona que ocupa el segundo puesto en producción ganadera a nivel nacional en este tipo de producción de doble propósito como lo afirma en Casanare Positivo para HEMP (2019). Dentro de los datos registrados, los bosques han tenido una considerable disminución debido a la ampliación de estas prácticas, con impactos de gran importancia sobre la fauna y la flora, y en general todos los

ecosistemas del Casanare.

El uso de suelos destinado a las áreas agrícolas durante estos años ha presentado un gran crecimiento, destacándose el cultivo de arroz como principal producto y con mayor aporte de generación de empleos de la región.

### **El arroz – (*Oryza sativa* L.) - Generalidades**

El arroz (*Oryza Sativa* L.) se considera el grano más importante del mundo, citando a Amaya (2020) quien considera que su cultivo inició hace aproximadamente 10.000 años en varias zonas húmedas de Asia tropical y subtropical. Por otro lado, India es considerado el país en donde se cultivó por primera vez ya que allí había mucho arroz silvestre. Sin embargo, el desarrollo del cultivo tuvo lugar en China, desde sus llanuras hasta sus tierras altas. Los grandes productores están en Asia: Indonesia, China, India, Tailandia, Vietnam, Bangladesh, Birmania y Japón; en Europa: Rusia, Grecia, España, Italia y Portugal; en las Américas: Brasil, Colombia, Estados Unidos, Perú y Argentina; y en África: Egipto, Nigeria, Madagascar y Costa de Marfil. El arroz ocupa el segundo lugar del cereal más consumido en el mundo después del trigo. Proporciona a más del 50% de la población la mitad de las calorías requeridas en la alimentación. El arroz es una fuente primordial de niacina, magnesio y vitamina B6 que contribuyen la regulación en el funcionamiento del corazón, nervios y músculos. Es conocido en América a partir del año 1.591 fecha en la cual fue traído por conquistadores españoles.

El arroz (*Oryza sativa* L.), al ser considerado una fuente de alimentación de tipo cereal, de carácter mundial, para Narul & Gus (2010) éste cuenta también con variedades de variación fenotípica capaz de adaptarse a las diversas condiciones del cultivo y los metabolitos presentes en el mismo que pueden conferir pigmentación en el pericarpio y otros tejidos del mismo, brindando cualidades en sabor y textura de acuerdo al tipo de pigmentación presente, sin

embargo, el más conocido es el arroz blanco cuyas características agronómicas tienen aspectos importantes para su implementación agronómica.

Por otro lado, Guillen (2021) se refiere al arroz como cereal dentro de la alimentación, permite cubrir requerimientos calóricos en el ser humano al ser la principal fuente de carbohidratos considerada mundialmente, siendo este cultivo uno de los más importantes con una cobertura del 15% del total de las tierras agrícolas del mundo, cuya productividad y desarrollo del cultivo dependerá tanto de las características genéticas del mismo como el manejo agronómico y ambiental en las diferentes fases.

### **Requerimientos agroecológicos para el cultivo de arroz (*Oryza Sativa* L.)**

Para aumentar el rendimiento de la productividad, el arroz necesita de temperaturas generalmente altas y radiación solar óptima, como también abastecimiento de agua durante el desarrollo del cultivo, el cual puede tardar de 3 a 5 meses. Por tanto, la temperatura, la intervención de la radiación solar y las lluvias y/o humedad, inciden directamente en la fisiología de la planta de arroz que repercuten en la producción del cereal e indirectamente tienen que ver con la aparición de enfermedades y plagas en los cultivos. Aunado a lo anterior, según información obtenida de SAG (2003), los suelos deben ser idóneos para los cultivos, con características que faciliten una adecuada capacidad de retención hídrica y disponibilidad de nutrientes.

Efecto de la Temperatura y la radiación solar: Es sabido que la temperatura afecta el crecimiento del arroz y también su desarrollo. La temperatura crítica para el cultivo de arroz según SAG (2003) se encuentra bajo los 20°C y por encima de los 32°C, por encima de las temperaturas de 27°C, las plantas de arroz crecen más rápido pero sus tejidos son más blandos, lo que las hace más susceptibles a enfermedades y ataque de plagas. Por otro lado, las bajas

temperaturas tienen un efecto negativo en la reproducción, afectando directamente a las células reproductivas causando un alto grado de esterilidad en las espiguillas, siendo muy importante en la etapa del “embuchamiento” en los 14-7 días antes de la aparición de la floración del cultivo.

Precipitación pluvial: el arroz necesita una humedad mínima del suelo para asegurar un rendimiento aceptable. Cuando deficiencia en suministro de agua en el desarrollo del cultivo, se evidencia que el rendimiento tiene bajas significativas. Por tal motivo en las áreas donde la precipitación en mm de H<sub>2</sub>O no es suficiente para la producción del cultivo se aconseja abstenerse de sembrar arroz ya que los riesgos aumentan considerablemente. Se considera que una precipitación de unos 1.200 milímetros bien repartidos a lo largo del ciclo del cultivo permite una producción y buenos rendimientos del mismo.

Suelos y topografía del terreno: en el documento de SAG, (2013), se refiere que para cultivar arroz se necesita alto contenido de arcilla en los suelos, cuya característica principal es la retención y conservación de la humedad a través del tiempo. En cuanto a los suelos francos, constituidos principalmente por arena, arcilla y limo, pueden resultar como una buena alternativa para la siembra y cosecha. No obstante, bajo dichas condiciones se requiere disponer de abundante agua lluvia o en su defecto contar con la infraestructura suficiente para suplir el riesgo al cultivo en épocas de sequía.

### **Requerimientos edáficos para el cultivo de arroz (*Oryza Sativa* L.)**

De acuerdo a lo descrito por Jalisco (2013) por los requerimientos edáficos son:

Profundidad del suelo: > 60 cm. La profundidad máxima de las raíces oscila en 1 m en el caso de que el suelo no presente gran compactación.

Textura: se tiene preferencia por los suelos franco-arcillosos o arcillo-limosos, especialmente no calcáreos.

Drenaje: necesita poco drenaje.

pH: los valores óptimos de pH están entre 5.5 y 6.0. En los suelos secos es favorable un pH de 5.5 a 6.5 y en suelos inundados es recomendable un pH de 7.0 a 7.2.

Salinidad/ Sodicidad: es una especie resistente a salinidad, es decir, que la disminución del rendimiento de la producción es debida a los distintos niveles de salinidad y se determinan según la conductividad como se expresa: 0% para una conductividad eléctrica de  $3.0 \text{ dS m}^{-1}$ ; 10% para  $3.8 \text{ dS m}^{-1}$ ; 25% para  $5.1 \text{ dS m}^{-1}$ ; 50% para  $7.2 \text{ dS m}^{-1}$  y 100% para  $11 \text{ dS m}^{-1}$ ” (Jalisco, 2013.)

### **Fertilización**

Los nutrientes necesarios para el desarrollo normal del arroz son fosforo (K), nitrógeno (N), y magnesio (M), en estudio realizado por Navarrete (2012), se refiere a estos nutrientes, los cuales deben agregarse según sea necesario si el suelo no puede suministrarlos de forma natural. La cantidad del producto por aplicar depende fundamentalmente del análisis de suelos. Los fertilizantes más importantes como fuente de nitrógeno son: urea, Sulfatos de tipo amonio y nitratos que contienen sodio; para el aporte de fosforo: superfosfato, superfosfato concentrado y ácido fosforo, y como fuente de potasio: magnesio, cloruro de potasio y sulfato de potasio.

Por otra parte, Navarrete (2012) afirma que los agricultores deben tener especial cuidado en la fertilización con nitrógeno, ya que la aplicación excesiva de nitrógeno o solo la fertilización con este producto puede conducir a una mayor o menor producción y afectar negativamente la calidad, mientras que la falta de suministro de nitrógeno puede afectar las semillas y las partes de follaje y hacerlas susceptibles a los ataques de plagas y enfermedades.

Es necesario que el cultivo de arroz asimile el nitrógeno durante toda su fase de crecimiento, es necesario más nitrógeno en el macollamiento como también en el inicio de propagación de panícula incrementando en número y proporción, empleando la mitad del

nitrógeno adsorbido siendo el otro porcentaje restante propicio para la formación del grano. El nitrógeno, para Navarrete (2012) participa en la creación de proteínas e interviene significativamente en la fotosíntesis; la insuficiencia de nitrógeno en las plantas genera raquitismo, menos brotes y puntas de las hojas secas más bajas. En época de lluvias con ausencia de inundaciones ni control de nivel freático, es recomendable esparcir 100 kg de urea por Ha y aplicar en dosis fraccionadas a los 20,40 y 60 días luego de la siembra. Para variedades de ciclo más corto, usar la misma dosis pero fertilizar por separado a los 20 y 40 días.

## **Cultivos de arroz en Colombia y Casanare**

### **Cultivo de arroz (*Oryza Sativa* L.) en Colombia**

La agricultura es una actividad comercial básica en los diversos países en vía de desarrollo como lo es Colombia, ya que es una de las principales fuentes de empleo e ingresos en las zonas rurales. Chica et al (2016), informa en su estudio, que en Colombia, en su orden, el café, el maíz y el arroz se han caracterizado por ser los cultivos más importantes en términos de rendimiento durante las últimas tres décadas debido a la superficie cultivada, el volumen de producción y la promoción de empleo; sin embargo, su importancia económica varía considerablemente. El cultivo del arroz se ha convertido en el más importante en la alimentación mundial, que además de ser un producto tan necesario y consumido como el maíz, cuenta con la mayor superficie cultivable y la mayor cantidad de personas trabajando en su producción. Aproximadamente el 50% de la población mundial, necesita del arroz como producto importante de su nutrición, el consumo mundial per cápita en 2011 rondaba los 65 kg.

La producción y comercialización del arroz en Colombia, según estudio realizado por Zapa (2020), origina cerca de 500.000 empleos de forma directa y otros tantos de forma indirecta, son alrededor de 215 municipios dependiendo en un 90% de esta actividad. De acuerdo con el 3er Censo Nacional Arrocero, hay alrededor de 21800 productores, en 26.733 UPA (Unidades Productoras de Arroz), presentes en cinco regiones productoras del país. El consumo de arroz promedio por cabeza en el país es superior al de los Estados Unidos de América; en el año 2012 se anotó como promedio un consumo de 35,2 kg. año<sup>-1</sup> y de 8,3 kg. año<sup>-1</sup>, respectivamente, siendo estos dos consumos inferiores del promedio mundial (53,3 kg. año<sup>-1</sup>)

En Colombia se cuenta con dos sistemas de producción diferentes para el arroz que son: mecanizado y tradicional (manual). Según Fedearroz (2021), el arroz mecanizado puede

clasificarse a su vez en arroz de riego y arroz seco. Mediante el sistema de riego se cultiva en zonas arroceras Centro, Costa norte y Santanderes, zonas en las cuales se encuentran situados los grandes distritos de riego existentes en el país, por su parte el sistema seco se desarrolla principalmente en los llanos orientales y bajo cauca áreas en las cuales se depende de la dinámica de las lluvias y oferta hídrica.

Para Amaya (2020), en el primer semestre de 2017, la superficie sembrada de arroz mecanizado nacional aumentó un 5,5% (414.059 ha) respecto año 2016 (392.647 ha). La mayor superficie se presentó en el departamento de Casanare con 161884 Has cultivadas.

Según el boletín técnico emitido por la Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado (ENAM), en el año 2020, el departamento de Casanare aportó el 29,7% del área sembrada con arroz en Colombia, Meta aportó el 14,4%, Tolima 18,2%, Huila 6,5% y los restantes 19 departamentos cultivaron un 31,3%.

Para los meses de julio a diciembre del año 2021 la estimación del área sembrada en todo el país con arroz mecanizado fue de 151.988 Has, lo cual hace parte de 50.006 Has menos que el total en el país de área sembrada en el mismo periodo del año 2020, correspondiente a 201.993 Has lo cual deja ver una disminución de 24,8%







En el IV Censo Nacional Arrocerero efectuado por Fedearroz – FNA (2021) y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, se identificó que la producción de arroz bajo estas tecnologías se adelanta en 23 departamentos a nivel nacional y 211 municipios, implicando a más de 16 mil cultivadores y 25 mil Unidades Productoras Agropecuarias – UPA. Así mismo el país es distribuido en 5 extensas áreas de producción arroceras: Llanos, Centro, Bajo Cuca, Costa Norte y Santanderes. En promedio el área cultivada en la zona centro ocupó el 32% del total cultivado en el periodo 2000-2020 y los llanos ocuparon

en promedio el 42% del área total cultivada.

En definitiva, en los últimos 20 años las zonas de arroz seco (Llanos y Bajo Cauca) se han expandido, por el contrario, las zonas de riego han disminuido sus áreas sembradas.

**Tabla 1**

*Área sembrada (ha) según zona del país*

ZONA	Año				variación Promedio anual	Variación Periodo	Tendencia
	2000	2005	2010	2020			
BAJO CAUCA	63.352	59.929	48.538	95.038	5%	50%	
CENTRO	151.915	142.788	138.980	153.610	0%	1%	
COSTA NORTE	43.987	27.726	22.581	26.654	-1%	-39%	
LLANOS	160.102	154.052	184.112	280.234	4%	75%	
SANTANDERES	28.196	24.457	26.509	40.877	2%	45%	
<b>Total</b>	<b>447.552</b>	<b>408.953</b>	<b>420.721</b>	<b>596.414</b>	<b>2%</b>	<b>33%</b>	

*Nota:* Esta tabla muestra el área sembrada (ha) de arroz en las diferentes zonas del país durante los años 2000, 2005, 2010 y 2020. *Fuente:* Fedearroz (2021)

La siembra de arroz en Colombia se realiza en dos semestres del año, correspondiendo el primero a los meses comprendidos de enero a junio, siendo el periodo en el cual se cultiva el mayor número de hectáreas, El informe presentado por Fedearroz, (2021), indica que alrededor del 65% del total del país. Durante este semestre se siembra la mayor área por medio del sistema seco, ocasionando una estacionalidad en la cosecha del siguiente semestre debido a la acumulación de siembras comprendidas en los meses de marzo y mayo. Es importante precisar que en las zonas de seco solo se presenta un periodo de lluvias al año siendo de marzo a octubre. Para el segundo semestre comprendido entre los meses de julio a diciembre las siembras son puntualmente en las áreas de riego, intensificándose en septiembre y octubre representando un 35% del área cultivada en el año.

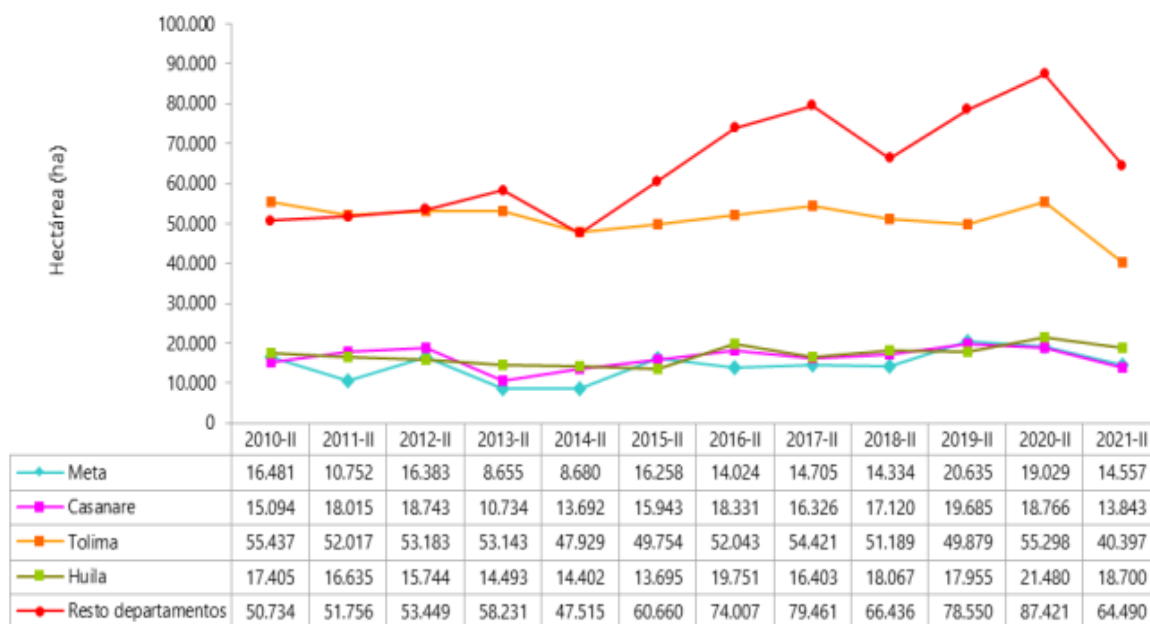
## Principales departamentos productores de arroz en Colombia

Según el boletín técnico de ENAM (Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado) presentado por DANE (2021), los 4 departamentos que más producen arroz son: Meta, Casanare, Tolima y Huila, los cuales presentan variaciones en su producción en el periodo comprendido entre 2010 – 20221.

Seguidamente, se puede observar el comportamiento histórico del semestre final 2010-2021 de área sembrada de arroz de tipo mecanizado, en el cual se puede observar la tendencia en decadencia de los valores obtenidos para los principales departamentos productores de arroz.

### Gráfico 1

*Área sembrada de arroz mecanizado. Principales departamentos arroceros para el II semestre 2010-2021*



Fuente: DANE, Fedearroz, FNA (2021)

La participación en el segundo semestre del año 2021 “para los principales departamentos

productores de arroz fue: Casanare 43,2% (914.932 Ton), Tolima 17,4% (367,531 Ton), Meta 14,3% (302,027 Ton), Huila 4,7% (98.576 Ton) y Resto de Departamentos con 20,5% (434.864 Ton)” (DANE et al, 2021, p 13)

**Tabla 2**

*Producción de Arroz Mecanizado*

DEPARTAMENTOS	2020 - II		Producción <sup>2</sup> 2021-II		Variación	Contribución (p.p)
	Toneladas (t)	Participación (%)	Toneladas (t)	Participación (%)		
	<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>2.258.926</b>	<b>100,0</b>	<b>2.117.930</b>		
Meta	359.327	15,9	302.027	14,3	-15,9%	-2,5
Casanare	851.869	37,7	914.932	43,2	7,4%	2,8
Tolima	406.737	18,0	367.531	17,4	-9,6%	-1,7
Huila	131.750	5,8	98.576	4,7	-25,2%	-1,5
Resto Departamentos <sup>1</sup>	509.243	22,5	434.864	20,5	-14,6%	-3,3

*Nota:* En esta tabla se muestran los Principales departamentos arroceros durante el II semestre de los años 2020 y 2021 respectivamente. *Fuente:*DANE, Fedearroz, FNA(2021)

**Cultivo de arroz (*Oryza Sativa L.*) en Casanare**

El Departamento de Casanare está ubicado al oriente del territorio colombiano Preciado (1998), informa que este departamento hace parte de la extensa región llamada Orinoquia. Limita al sur con el departamento del Meta, al norte con el Departamento de Arauca, al oriente con el Departamento del Vichada y al occidente con el departamento de Boyacá. Casanare se localiza geográficamente entre los 4° 16' y 6° 17' de latitud norte y los 69° 50' y 73° 08' de longitud oeste del meridiano de Greenwich.

En el estudio realizado por Aristizabal et al (2000), presenta datos acerca de los cultivos

de arroz en los llanos, en los años 70 se inició la extensión de los cultivos arroceros en los Llanos Orientales de Colombia con variedades mejoradas de arroz de elevado rendimiento tipo cica 4, cica 6, cica 8, metica 1 y 2 mediante los sistemas propios para este cultivo, los cuales son de riego y secano mecanizado implementados en el departamento del Meta. Luego, en los años 80 se comenzó a cultivar arroz en Casanare y últimamente, en los años 90 en el departamento de Arauca.

En la región de la Orinoquía Cardona et al (2018), afirma que durante el año 2015 el cultivo de arroz abarcó la mayor parte del área cultivada con 136,207 Has; en ese mismo año se fructificaron 751,330 Ton de arroz, lo cual representa un 30% de la producción total nacional. El arroz obtenido fue secano mecanizado, el cual se cultiva en el Meta y Casanare representando simultáneamente el 57.9% de la producción total en el país. En 2016, la productividad de arroz en el Departamento de Casanare fue de 5.791 toneladas y en el Meta fue de 5.642; esto significa que el rendimiento de dicho arroz en Meta y Casanare (5.636 t/ha) es muy similar al del arroz de riego (5.233t/ha) y supera el promedio nacional de 4.789 t/ha

De acuerdo con lo descrito por (Obregón et al., 2021) Colombia reportó la producción de cerca de 3 millones Ton de arroz en el año 2019 en 539.553Has, de las cuales 159.082 Has se cultivaron en la región del Casanare. El 80% de esta superficie se cultiva en la primera mitad del año mediante el sistema de siembra de secano, totalmente dependiente del agua lluvia, iniciando dicho ciclo de abril a mayo. El otro 20% sobrante se cultiva mediante el riego utilizado como sistema de siembra, en el cual se necesita agua en todo el ciclo del cultivo debido a que es la temporada seca, la cual inicia de agosto a noviembre.

En la tabla siguiente se muestra un histórico de la producción de arroz en los municipios del Casanare,

**Tabla 3***Histórica producción de arroz por toneladas por municipios de Casanare*

<b>Municipio</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
<b>Yopal</b>	12490	6672	6073	9114	12869	10682	10361
<b>Aguazul</b>	6359	3297	3566	6069	7291	3883	5618
<b>Hato Corozal</b>	0	0	1366	1422	3279	1253	1420
<b>Maní</b>	8855	7339	12313	17609	26842	19896	22707
<b>Nunchía</b>	18515	12524	11044	7940	8234	9742	11171
<b>Orocué</b>	0	1645	4380	3616	4104	5344	7029
<b>Paz de Ariporo</b>	5467	10530	18061	26868	27777	22861	29523
<b>Pore</b>	3919	699	3645	4214	6821	5694	6381
<b>San Luis de Palenque</b>	10502	15669	20428	25146	25178	21021	16492
<b>Tauramena</b>	10684	6539	8258	9568	9656	8387	11090
<b>Trinidad</b>	9751	12775	20166	23300	26007	17471	13606
<b>Villanueva</b>	5915	2941	3557	4233	3826	3330	4001
<b>Otros Municipios</b>	1423	698	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	93879	81326	112857	139097	161882		139397

*Nota:* En esta tabla se muestra la producción histórica del cultivo de arroz por toneladas en los municipios de Casanare desde el año 2013 al año 2019. *Fuente:* DANE-ENA (2019).

Teniendo en cuenta los datos anteriores, se puede observar que los municipios con mayor producción de arroz hacia el año 2019 son Paz de Ariporo, Maní, San Luis de Palenque,

Trinidad, Nunchía, Tauramena y Yopal, identificando que en otros municipios la participación en el cultivo es nula para los años entre 2015 a 2019.

En el Departamento del Casanare, participan los siguientes actores dentro de la Cadena del arroz, son en primer lugar los cultivadores, los cuales se encuentran representados por la Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ), Los actores que conforman y representan a industriales molineros quienes se encuentran representados por la Federación de Industriales del Arroz (INDUARROZ) y por la Asociación Nacional de Molineros de Arroz (MOLIARROZ), además de productores de semillas certificadas provenientes de la Asociación Colombiana de Productores de semillas (ACOSEMILLAS) y el Gobierno Nacional. (PDEA, et al, 2021, P. 113).

### **Manejo agronómico del cultivo del arroz (*Oryza Sativa* L.)**

El cultivo del arroz, (*Oryza Sativa* L.) como todos los cultivos necesita de condiciones específicas para que su crecimiento sea óptimo tanto en rendimiento como en calidad, de la misma manera, existe un sistema cíclico en su cultivo y mantenimiento que permite lograr una producción sana y eficiente dentro de las condiciones que anteriormente se nombraron.

El manejo agronómico de los cultivos en general parte desde la adecuación del terreno hasta la fase de cosecha, siendo entonces importante reconocer las principales prácticas agrícolas que intervienen en este proceso.

#### **Preparación del terreno**

Para el cultivo del arroz (*Oryza Sativa* L.), la preparación del terreno tendrá relación directa con las técnicas de cultivo y las condiciones del mismo para la producción óptima que se desea obtener, de esta manera, los parámetros a tener en cuenta principalmente para realizar el cultivo del arroz se basarán en la técnica a utilizar, bien sea mecanizado o tradicional, basado principalmente en

**Nivelación del terreno:** se realiza con el fin de economizar costos en riego y lograr una mejor eficiencia en el manejo del cultivo, cosecha y manejo de aguas para riego, ya que se permite que los diques y canales puedan tener mayor uniformidad en todo el terreno.

**Arado:** de acuerdo con las condiciones del terreno se usan los pases respectivos, con el fin de obtener un desarrollo adecuado de la plantación, a partir de la remoción de suelos compactados. De la misma manera, el arado tiene como fin fundamental prevenir el deterioro del suelo para usarlo en futuras cosechas después del ciclo presente.

**Rastra pesada:** permite una preparación del suelo óptima removiendo el mismo para lograr la humedad deseada

## **Siembra del arroz**

La siembra del arroz se da de acuerdo a la técnica a utilizar, Cheaney (1979), citado por Guzmán, 2006 , Afirmando que es posible favorecer la germinación adecuada y bajo factores que permiten un buen establecimiento del cultivo a partir de la nivelación adecuada y la preparación del suelo óptimo además del uso de semillas de calidad, y otros factores como sistemas de drenaje y riego aptos para el tipo de cultivo”, sin embargo, para lograr el éxito deseado en el cultivo, además de las anteriores es necesario tener en cuenta otros factores asociados a la correcta implementación y cuidado del mismo.

Entre las técnicas mencionadas por el autor, se resalta la siembra al voleo, considerándose ésta como una técnica tradicional en la que la siembra manual o con máquinas esparcidoras tipo tractor permiten el uso de semillas húmedas y pregerminadas, sin embargo algunas de las desventajas de esta técnica son la poca uniformidad tanto en la plantación como en el tiempo de la germinación. Por otro lado, la siembra con avión permite abarcar grandes extensiones de terreno, basado en el uso de aviones agrícolas con aplicadores que permiten esparcir la semilla teniendo en cuenta marcadores en los terrenos y varias pasadas del avión para procurar lograr una uniformidad en el sistema de siembra.

El manejo del agua es indispensable para cualquier tipo de cultivo, sin embargo, la cantidad de agua utilizada para la siembra y el riego no tiene un parámetro establecido ya que se realiza de acuerdo a las condiciones y requerimientos de los terrenos, aún así, es posible utilizar las lluvias en los ciclos de cultivo tanto para economizar agua como para aprovechar el recurso en su máxima extensión minimizando de esta manera esfuerzos, por tanto, las aguas lluvias se consolidan como una gran herramienta para el manejo del cultivo, sin embargo la impredecibilidad de inundaciones y grandes concentraciones de agua pueden afectar

considerablemente el proceso normal de la siembra.

De acuerdo a lo anterior, es preciso establecer las fechas y ciclos del cultivo, realizando un análisis agro climatológico adecuado que permita un acercamiento a las predicciones climatológicas, aun así, el uso del agua debe estar adecuado a la preparación del terreno y los sistemas de drenaje que permitan evitar los inconvenientes que grandes concentraciones de agua puedan generar sobre éste.

### **Fertilización**

La fertilización requerida en el cultivo de arroz tendrá en cuenta factores edafológicos, climatológicos además de los propios para el cultivo. Las condiciones de los suelos difieren mucho del área agrológica en donde se desea cultivar, por ejemplo, en suelos inundados, existe agotamiento del oxígeno y por tanto y exceso de dióxido de carbono, situación presentada debido a la cantidad de MO (Materia Orgánica) existente en proceso de descomposición y la solubilidad de fosfatos y sílice.

Los requerimientos nutricionales de la plantación de arroz se basan en nutrientes como el nitrógeno, el cual puede ser obtenido a partir de la descomposición de MO en ausencia de oxígeno (anaeróbicas), absorbiendo el mineral en forma de amoníaco, también es posible que el nitrógeno se encuentre disuelto en el agua en forma de nitrógeno orgánico o proveniente de residuos de plantas y animales.

Otro de los componentes indispensables, según Guzman, et al (2006), para el desarrollo del cultivo es el fósforo el cual se encuentra en solución en los suelos y otros medios naturales que pueden aportar a su concentración. Las plantas son capaces de asimilar y tomar los nutrientes del suelo de acuerdo con las características y cantidades que éste posea. Las características del fósforo en su forma aprovechable, tiene como características principales suelos alcalinos o

ácidos, y la disposición aumentará con respecto a la subida de pH, llegando a un punto máximo en pH cercanos al neutro.

En cuanto a nutrientes presentes en el suelo que puedan incrementar la CIC (capacidad de intercambio iónico) son los metales como calcio, potasio y otros que influyen directamente en las características del cultivo y de la resistencia ambiental de la planta y a enfermedades y a su crecimiento en general, sin embargo, la asimilación de éstos dependerá de las condiciones a las que esté expuesta el cultivo.

Con respecto al azufre, su deficiencia tiene efectos negativos en el crecimiento de la planta, con la consecuencia principal de amarillamiento de hojas, y otras consecuencias.

Los requerimientos de fertilización deberán ser analizados de acuerdo con las condiciones ambientales, climatológicas y edafológicas, con el fin de permitir diseñar estrategias de fertilización que permitan suplir estos nutrientes de la forma más adecuada y asimilable para las plantas, siendo el objetivo principal el desarrollo de la planta en un estado idóneo y procurando obtener un cultivo sano y resistente a las plagas y enfermedades.

No es mucha la literatura existente para el conocimiento de la relación efecto/beneficio encontrada por los elementos menores o micronutrientes sobre el cultivo del arroz, sin embargo, como en todos los cultivos y el desarrollo normal de los mismos, se sabe que son necesarios en mayor o menor escala frente a cada una de las etapas del desarrollo de la planta.

### **Control de Malezas**

Las malezas en un cultivo pueden presentar varios efectos negativos, entre ellos la competitividad por los nutrientes, por cuanto en el manejo adecuado se debe retirar dichas malezas y controlar su proliferación, esto se realiza a través de diversas prácticas agrícolas entre las cuales pueden mencionarse las prácticas químicas, físicas y manuales, realizado tanto durante

la preparación del terreno como en el sostenimiento del cultivo. El uso de herbicidas es una de las técnicas más utilizadas, sin embargo presenta riesgos tanto de toxicidad como de la no especificidad del efecto. El control químico no solo afecta a las malezas, sino que también puede representar un riesgo para las personas que manejan las sustancias aplicadas y el medio ambiente en general.

El manejo integrado de las malezas permite combinar varias técnicas de control. Es posible afirmar que las prácticas agrícolas llevadas a cabo por algunos productores son óptimas, sin embargo existen otras prácticas que al contrario, afectan a los cultivos sean prácticas manuales o con uso de agroquímicos, como lo afirma Zapa (2020), para reconocer las actividades a implementar es necesario realizar un análisis sobre las poblaciones, las clases de malezas y los controles a aplicar, siendo sugeridos aquellos que presentan selectividad sobre las plantas y que de esta manera pueden generar una mayor efectividad en el control de las malezas. El autor hace referencia a las plagas y enfermedades expresadas en los siguientes párrafos.

### **Plagas y enfermedades**

Plagas: El cultivo de arroz, como todos los cultivos son susceptibles al ataque de insectos y otras plagas, por tanto, se hace necesario llevar un control efectivo para asegurar tanto la calidad como el rendimiento de la producción. Las plagas más frecuentes que atacan al arroz son: gallina ciega (*Phyllophaga* spp), gusano alambre (*Agrotis* sp, *Melanotus* sp.), gusano nochero (*Agrotis*, *Prodenia*) y carapacho (*Euthecia* sp), causando daños económicos considerables en los cultivos. Por otro lado, otras plagas que se pueden presentar en el follaje de la plantación son el Gusano soldado (*Spodóptera mauritia*), Novia del arroz (*Rupella albinella*), Chinche verde (*Nezara viridula*), Gusano cogollero (*Spodóptera frugiperda*), Barrenador bipuntado (*Thyphoryza incertulas*), Chinche común (*Leptocorisa corbetti*), Gusano medidor (*Mocis repanda*), Barrenador

rosado (*Sesamia nferens*), Barrenador de la caña (*Diatrea sacharalis*) Chinche hediondada (*Tibarca* sp.), Cigarras (*Sogata orizicola*) y Pulgones (*Aphi* spp).

Enfermedades: Para Zapa (2020), Los cultivos pueden presentar deficiencias en su desarrollo y en la calidad de sus productos por enfermedades, que dependerán de las condiciones ambientales favorables para las mismas, además del manejo inadecuado de los cultivos. Las enfermedades más importantes que e presentan en el cultivo del arroz están La Piricularia (quemazón), causada por el hongo *Pyricularia grizae*, Helminotosporiosis, causada por el hongo *Cochilobolus mirabeanus*, Escaldado de la hoja, afectada por *Metasphaeria albescens*, Cercosporiosis o mancha linear causada afectada por *Cercospora oryzae*.

## Los agroquímicos

Un agroquímico, también conocido como plaguicida, para Quintana (2019) es cualquier compuesto químico, combinación o mezcla de productos que se emplean para evitar, eliminar o controlar especies de plagas, y son usados generalmente en actividades agrícolas, programas de salud pública y áreas del sector urbano con el objetivo de resguardar a las plantas, animales e incluso a los humanos del ataque de plagas y enfermedades. El crecimiento y el desarrollo del sector agrícola a nivel mundial está acompañado de importantes impactos negativos en la salud de los pobladores, ya que cada año alrededor de 3 millones de personas sufren envenenamiento por el uso de dichas sustancias y se presentan más de 220.000 muertes, según Chavarro, et al (2019), debido en gran manera a que los agricultores no acatan las instrucciones de uso ni tampoco se hace uso de los elementos de protección adecuados para su manipulación.

Los agroquímicos son compuestos ampliamente empleados en las labores de agricultura, como lo son herbicidas, insecticidas y fertilizantes. Para Avalos (2009), los impactos de estos sobre las tierras cultivadas se extienden a la atmósfera y con mayor daño se asientan en el recurso hídrico, contaminando las aguas subterráneas, además de ríos, lagos y otros afluentes hídricos, como también aquellos alimentos cultivados en el suelo donde fueron usados. Por tal motivo es necesario reducir su uso al mínimo indispensable. No obstante, de no ser por su presencia, la historia de la humanidad se vería obstaculizada por las estadísticas masivas de personas que murieron por falta de alimentos o por plagas cuyas armas causaron daños irreparables a la humanidad.

El uso de agroquímicos en la agricultura del país y el mundo se enfatiza en elevar la producción disminuyendo los riesgos de enfermedades y plaguicidas, así mismo implementar los niveles nutricionales y requerimientos de los cultivos, la tendencia de su uso a nivel mundial

según, Molpeceres (2019), inicia alrededor de la década de 1950, con el fin de proteger la agricultura y controlar enfermedades dentro de las prácticas comunes de la agricultura, sin embargo, desde el comienzo de la “Revolución Verde”, comienza un trabajo arduo de investigación para cambiar estas prácticas e interponer regulaciones en el uso y la aplicación de los mismos con el fin primordial de minimizar impactos sobre el medio ambiente y el cuidado de la salud de los consumidores..

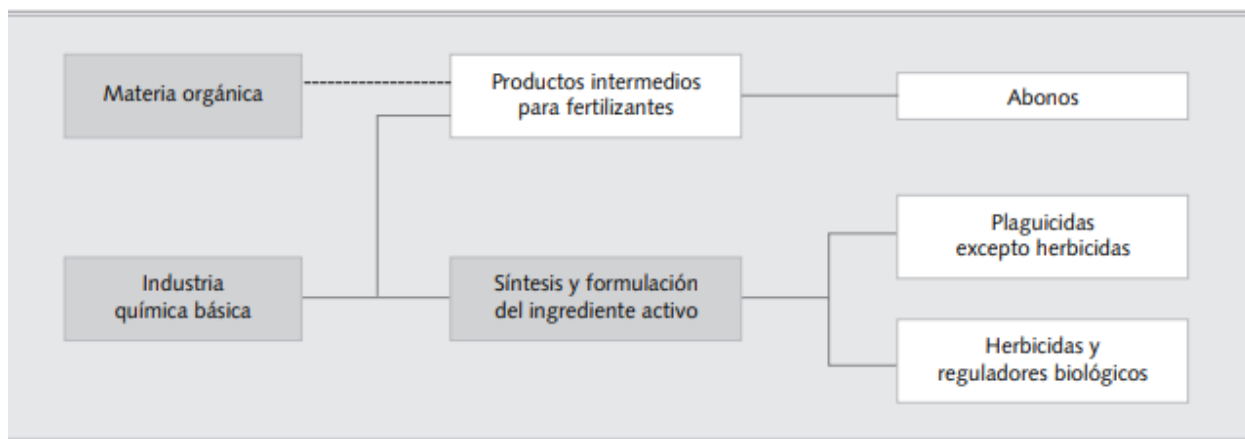
Entonces, los agroquímicos son productos que han mostrado su eficacia a corto plazo para luchar contra plagas malignas que impactan de forma negativa los cultivos y son complejamente reemplazables en la agricultura moderna, no obstante, se puede controlar su uso a través de una adecuada utilización, es muy importante la insistencia de cuidar la salud, según Pinto (2017), la preservación de ecosistemas y un control integrado de plagas. Estos insumos junto con los fertilizantes y semillas hacen parte del grupo tecnológico indispensable para producir alimentos, sin embargo, es indudable que conforman una tecnología de riesgo por su gran poder contaminante.

En cuanto a la producción de agroquímicos, esta comprende varios pasos dentro de su cadena productiva, en Colombia, existe una estructura empresarial conformada por empresas de tipo nacional e internacional, Pinto (2017), indica que entre estas empresas se destacan Ciba Geigy Col S.A., Dupong de Colombia S.A. y Dowelanco de Colombia. Dentro de las empresas dedicadas a la producción de abonos, las cuales se encuentran asociadas a gremios del sector agrícola, para lograr su comercialización y distribución, siendo las más importantes las industrias del arroz y el café, sin embargo, la elaboración de dichos abonos depende de insumos importados. Para la producción y comercialización de plaguicidas y herbicidas, existe una gran participación de compañías internacionales como lo son Rhom and Hass y Dupon, las

asociaciones con compañías nacionales hacen que la demanda sea atendida por las mismas, y es relacionada principalmente a la actividad agrícola del país, así como a diversos factores entre los cuales cabe mencionar el clima, suelos y otros factores que pueden afectar su uso. En el siguiente gráfico se presenta la cadena productiva de la fabricación de agroquímicos en el país.

## Gráfico 2

*Estructura simplificada para la cadena*



*Fuente:* DNP (2021)

Los agroquímicos entonces comprenden la producción de abonos, plaguicidas, herbicidas y reguladores biológicos, los cuales son clasificados de acuerdo a su funcionalidad.

## Tipos de agroquímicos

Los agroquímicos para Quinayás (2021), se pueden clasificar de diversas maneras, sin embargo, su clasificación más general será su tipo de aplicación, también conocidos como Herbicidas, insecticidas, fungicidas y fertilizantes, se denominan sobre su campo de acción. En el Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas (FAO, 1990), los plaguicidas son definidos como sustancias, mezclas de sustancias que se fabrican y utilizan con el fin de prevenir enfermedades, plagas y otras circunstancias que puedan ocasionar daño en la salud humana o animal. Dentro de los plaguicidas, se subscribe la categoría de

insecticida el cual se define a continuación.

Insecticidas: Lopez, (2021), las define como aquellos agentes químicos fabricados especialmente para matar o controlar insectos en diversos cultivos que aumentan a diario en distintos lugares del mundo, se busca disminuir pérdidas en la producción y evitar que los mercados sufran de escases de productos de consumo.

Según lo descrito por (Chirinos,2020), la aplicación de tecnologías químicas dentro de las cuales se encuentran los insecticidas no están sustentadas con suficiente investigación sobre el impacto del uso continuo de estos sobre la estructura y funcionamiento de los agro ecosistemas. En consecuencia, el uso desmedido de plaguicidas genera un efecto contrario a lo esperado de disminuir los problemas de plagas ya que frecuentemente las aumenta, desencadenando serios problemas en la producción, ya sea debido a desbalances ecológicos o por la resistencia de ácaros e insectos a estos químicos.

Fungicidas: Perteneciente al grupo de plaguicidas, son sustancias que sirven para la destrucción de hongos parásitos en los cultivos. (Pérez W., 2018), define al fungicida como “Producto con base e insumos químicos que se utilizan con el fin de eliminar o evitar el desarrollo de los hongos”, estos fungicidas pueden clasificarse como de contacto, los cuales también llamados protectores, tienen una acción en la superficie de las plantas y partes vegetales en donde el fungicida ha sido depositado, y los fungicidas sistémicos, que son aquellos adsorbidos a través de hojas o raíces que posteriormente tienen la capacidad de moverse por toda la planta, actuando en las diversas etapas del proceso de vida del hongo.

Los plaguicidas en general son clasificados según su toxicidad, de acuerdo a la OMS, teniendo en cuenta el peligro que representan y algunas directrices planteadas por la entidad en el año 2019.

En el año 1973, la OMS prepara una clasificación preliminar de los plaguicidas, con el fin de distinguir su peligrosidad, basado en la opinión del Cuadro de Expertos en Insecticidas y otros, esta propuesta de clasificación es aceptada por los organismos pertinentes. Dentro de los principios básicos de clasificación se encuentran las diferencias entre las formas más peligrosas y las menos peligrosas de cada tipo de plaguicida, basados en toxicidad del producto y de las preparaciones. Entre los principales criterios a tener en cuenta están la sensibilidad de las especies de ensayo, toxicidad por vía oral, dérmica y otras vías, el tipo de lesiones en órganos sean reversibles o irreversibles, efectos acumulativos, formas de aplicación, preparaciones e ingredientes activos y otros datos importantes. Generalmente los estudios se realizan sobre ratas, y con ello se determina la siguiente clasificación:

**Tabla 4**

*Criterios de Clasificación Plaguicidas*

<b>DL 50 para la rata</b>			
<b>(mg/kg de peso corporal)</b>			
<b>Clase</b>		<b>Oral</b>	<b>Dérmico</b>
<b>Ia</b>	Sumamente Peligroso	<5	<50
<b>Ib</b>	Muy peligroso	5-50	50-200
<b>II</b>	Moderadamente peligroso	50-2000	200-2000
<b>III</b>	Poco Peligroso	➤ 2000	>2000
<b>U</b>	Poco probable de presencia de peligro agudo	5000 o mas	

*Nota:* En la tabla se muestran los criterios empleados para clasificar los plaguicidas según su nivel de peligrosidad. *Fuente:* OMS (2019)

**Fertilizantes:** Los fertilizantes son compuestos químicos u orgánicos usados para agregar nutrientes al suelo y con ello mejorar las propiedades. Estos realizan un aporte nutricional al

suelo. Los fertilizantes químicos, son muy utilizados en la actualidad, sin embargo, se ha detectado impactos negativos sobre el suelo, y el medio ambiente en general, al mismo tiempo, los efectos indirectos de los fertilizantes recaen sobre la acumulación en las plantas y cultivos y que inciden directamente sobre la salud de los consumidores. Las composiciones usadas y diversos nutrientes agregados hacen que estos fertilizantes sean muy diversos, y de acuerdo las necesidades edafológicas y nutricionales, así como climáticas y agrológicas de los cultivos, además de la fase en la que se encuentra dicho cultivo. Para Reyes (2017), el fin principal del uso de fertilizantes es incrementar la producción agrícola, como estrategia adoptada durante el mundo, la cual incide sobre el desarrollo de plantas y eficiencia de los cultivos, aumentando los nutrientes en el suelo para contrarrestar problemas de rendimiento y vulnerabilidad a enfermedades por deficiencia de éstos.

### **Reglamentación existente para el uso de agroquímicos**

La ley 822 de 2003 del Instituto Agropecuario (ICA), (2003), establece las normas relacionadas con los agroquímicos genéricos, en cuya ley se establece tanto requisitos como procedimientos a tener en cuenta para el registro, control y venta en el territorio nacional, dentro de la misma se analiza las normatividades sobre sus ingredientes activos y formulaciones, con el fin principal de minimizar los riesgos a la salud humana y su impacto al medio ambiente.

El Decreto número 1076 de 2015, en su título VII, “Prevención y control Contaminación Ambiental por el manejo de plaguicidas”, en el capítulo III Del Manejo Integral de Plaguicidas, propone lo siguiente:

Puesta en el mercado de plaguicidas: otorgando la responsabilidad de los manejos ambientales racionales recaído sobre las personas que sean de tipo natural o jurídico y que estén a cargo de poner en el mercado este tipo de productos, así como realizar las actividades apropiadas para el retorno de los residuos o desechos peligrosos.

Consumo de plaguicidas: con un manejo ambiental, devolución de envases y empaques de la forma adecuada, de acuerdo al mecanismo de recolección indicado, es indispensable mantener en el mínimo stock posible, las existencias de plaguicidas para ser usados  
(Decreto 1076 de 2015)

De esta manera, el decreto provee de las reglamentaciones y normatividades tanto para la responsabilidad de las partes involucradas como la prevención de la contaminación ambiental generada, así como las regulaciones en su uso, almacenamiento, conservación y desecho.

(Decreto 1075, 2015)

El Decreto 775 de 1990 y 1843 de 1991, “uso y manejo de plaguicidas”, permite identificar el uso irracional de los agroquímicos en el manejo de las plagas de cultivo.

**Tabla 5***Marco Jurídico Ambiental*

<b>Norma</b>	<b>Entidad que expide, fecha</b>	<b>Objeto</b>
<b>Decreto 4368/2006</b>	Ministerio de Protección Social	Modifica parcialmente el Decreto 1843 de 1991 sobre aplicación aérea de plaguicidas
<b>Decreto 1843/1991</b>	Presidencia de la República	Reglamenta parcialmente los títulos III, V, VI, VII y XI de la ley 09 de 1979 sobre uso y manejo de plaguicidas
<b>Resolución 1063/1996</b>	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	Manual Técnico en materia de aplicaciones de Insumos Agrícolas
<b>Resolución 000150/2003</b>	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	Adopta el reglamento técnico de fertilizantes y acondicionadores de suelos para Colombia
<b>Resolución 3079/1995</b>	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	Por la cual se dictan disposiciones sobre la Industria, Comercio y aplicación de bioinsumos y

		productos afines de abonos o fertilizantes, acondicionadores de suelo y plaguicidas.
<b>Resolución 302 de 2006</b>	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	Por la cual se someten a libertad vigilada algunos productos agroquímicos e insumos agropecuarios

*Nota:* En la tabla se muestra el marco jurídico ambiental establecido en Colombia para el manejo de agroquímicos. *Fuente:* Asocaña (2017)

ICONTEC, regula por medio del etiquetado a los Fertilizantes y acondicionadores de suelo, entre los requisitos generales sobre abonos o fertilizantes, reguladas por las siguientes normas

NTC 40: 1997, Productos químicos para uso agropecuario. Abonos o fertilizantes Químicos, rotulado

NTC 234, 1996: Abonos o fertilizantes método de ensayo para la determinación cuantitativa del fósforo.

NTC 326, 1969: Abonos o fertilizantes. Método de ensayo de granulometría en seco

NTC 3795: 1995. Fertilizantes sólidos: Derivación de un plan de muestreo para la evaluación de una entrega grande

En el capítulo de Abonos o Fertilizantes Sulfato de Amonio, se propone principalmente el establecimiento de requisitos para sustancias como sulfato de amonio usado como abono o fertilizante, además de otros usos como materia prima para diversos preparados. De la misma manera, se establecen los requisitos para el uso de Sulfato de Potasio, Cloruro de Potasio, y otros.

Dichos requisitos se basan principalmente en los criterios que tienen de aceptación o rechazo, y de calidad y responsabilidad con el medio ambiente por medio de la formulación y elaboración de las Normas y Guías Técnicas de carácter normativo, estableciendo las normativas para el almacenamiento, distribución y aplicación de los insumos con el fin de lograr una protección a la salud tanto de pobladores, como asegurar la calidad del medio ambiente. (ICONTEC, 2003)

### **Uso de agroquímicos en cultivos de arroz (*Oryza Sativa* L.)**

Colombia ha sido testigo durante décadas de la ocupación de zonas de bosques tropicales para ampliar la superficie con la implementación de cultivos que generan beneficios económicos e industriales, para Asela, et al (2014), esta búsqueda creciente de productividad y el uso diario de insumos de origen agroquímico en las prácticas agrícolas convencionales, han aportado a que en el Departamento de Casanare y en el resto del país se presenten dificultades en la conservación de ecosistemas, biodiversidad y recursos, ocasionando impactos en la salud de las comunidades de sectores tanto urbanos como rurales.

Según lo afirma Medina (2018), Uno de los problemas detectados en la actualidad es que la producción agrícola dentro del país se encuentra en constante desarrollo, lo cual está determinado por el aumento de la población, lo que ha generado que la frontera agrícola se amplíe, generado consecuencias derivadas de la devastación, quema y tala de bosques, cambios en la estructura y uso del suelo, sistemas de propiedad, sobre explotación sobreexplotación, el uso excesivo de agroquímicos usados en exceso y sin recomendaciones técnicas, y los factores sociales, económicos y culturales, entre otros, provocan cambios negativos propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, que están en constante relación con este recurso y que son importantes para la obtención de materias primas asociadas con los sectores agropecuario y forestal.

Según la FAO (2014), la definición de Agroquímico enmarca a las sustancias que tienen la propiedad de prevenir, destruir o controlar plagas y otros organismos que puedan causar enfermedades tanto en humanos como animales, además incorpora en dicha definición también el control de especies de plagas que pueden causar cualquier tipo de perjuicio, en las producciones agrícolas, lo anterior enfatiza en una clasificación que se puede dar a este tipo de

sustancias las cuales se referencian a continuación.

**Tabla 6**

*Clasificación de Agroquímicos*

<b>Clasificación Por naturaleza química</b>	<b>Clasificación por mecanismo de acción</b>	<b>Clasificación por tipo de organismos que afecta</b>
<b>Inorgánicos</b>	Contacto	Insecticidas
<b>Orgánicos</b>	Ingestión	Acaricidas
<b>Naturales</b>	Fumigante	Fungicidas
<b>Sintéticos</b>	Sistémico	Herbicidas

*Nota:* En la tabla se muestra la clasificación de los agroquímicos según su naturaleza química, mecanismo de acción y por el tipo de organismos que afecta. *Fuente:* Almeida, 2014.

En el contexto de las prácticas de producción agrícola en el Departamento de Casanare como en todas las actividades agrícolas, se determina que los cultivos necesitan de controles y protección contra plagas y enfermedades por tanto, se implementa el uso de insumos de origen químico como pesticidas y fertilizantes, además de mezclas de sustancias con el fin de aumentar la productividad de los mismos, no obstante, al ser dichas explotaciones agrícolas intensivas, el impacto ocasionado a los ecosistemas es de una mayor dimensión, por tal motivo, los daños en el ambiente que se presentan son de gran envergadura y en algunos casos irreparables.

Los impactos ambientales generados por los agroquímicos dependerán de su naturaleza, la composición, las propiedades provenientes del suelo y otros factores, entre ellos los climáticos, sin embargo el mayor impacto estará relacionado con el tipo de suelos presentes y estos impactos se darán directamente sobre el medio ambiente y alteraciones significativas sobre la textura y calidad del suelo y los servicios medioambientales que éste presta.

En la tabla 7. Se enlistan los agroquímicos que se aplican en los cultivos de arroz

**Tabla 7**

*Agroquímicos aplicados al cultivo del arroz*

<b>Tipo Agroquímico</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cantidad aplicada</b>
<b>Herbicida</b>	Diflufenican	0,5L/Ha
	Propanil	6L/Ha
	Pendimetalina	4 L/Ha
	2-4 D-amina	0,5 L/Ha
<b>Fungicida</b>	Vitavax a la semilla	3g/Kg semilla
	Amistartop	0,6 L/Ha
	Kasugamicina	1,5 L/Ha
	Mancozeb	3kg/Ha
	Carbendazin	0,8 L/Ha
	Propiconazol	0,5 L/Ha
<b>Insecticida</b>	Fipronil	0,3 L/Ha
	Cipermetrina	0,2 L/Ha
	Tiametoxan	0,3 L/Ha
<b>Fertilizante</b>	Cal dolomita	1bulto/Ha
	Urea	3bulto/Ha
	Fosfato Diamonico (DAP)	3bulto/Ha
	Cloruro de Potasio (KCl)	51 Kg/Ha
	Sulfato de Magnesio	1bulto/Ha
	Sulcamag	1bulto/Ha

*Nota:* En la tabla se muestran los agroquímicos y las cantidades aplicados al cultivo de arroz.

*Fuente:* Paredes y Mayorga, 2020

En el estudio realizado por Lora (2004), Uno de los productos utilizados en el cultivo del arroz y que en los últimos años ha formado polémica ambiental es el glifosato, el cual es un

herbicida considerado de amplio espectro de tipo no selectivo utilizado para malezas indeseables, las pruebas toxicológicas revelaron efectos adversos en todas las pruebas categóricas, con toxicidad sub aguda, toxicidad crónica, daños genéticos, trastornos reproductivos y carcinogénesis, situación que afecta directamente al medio ambiente, poblaciones cercanas y salud de fauna y consumidores de este y otros productos.

Dentro de los servicios medioambientales que están afectados en el cultivo de Arroz, Diaz (2020), refiere la siguiente tabla como indica a continuación.

**Tabla 8**

*Servicios medioambientales afectados por los agroquímicos*

<b>Servicio Ambiental</b>	<b>Descripción</b>
<b>Generación alimentos y producción de biomasa</b>	Obtención de productos y alimentos de primera necesidad para la vida humana, provenientes del suelo
<b>Almacenaje, procesos de filtración y/o transformación</b>	Suelo como filtro natural para aguas subterráneas que sirven de reserva de agua potable
<b>Hábitat y reservorios de energía</b>	El suelo es el hábitat de microfauna y microflora
<b>Entornos físico-culturales para la humedad</b>	Actividades de carácter humano, elementos del paisaje y considerado patrimonio cultural
<b>Fuentes de materias primas</b>	Como alimentos, minerales y otros

*Nota:* En la tabla se muestran los servicios ambientales que son afectados por el uso de agroquímicos en los cultivos de arroz. *Fuente:* Diaz (2020)

Entre las actividades que presentan mayor daño sobre el medio ambiente se encuentra el uso de agroquímicos, cuya causa principal para generar dicho impacto radica es en el uso incontrolado e irracional de los productos en las diversas etapas del cultivo, bien sea por

desconocimiento técnico, falta de asistencia, prácticas no tecnificadas y otras causas asociadas a la mala práctica de las BPA, en cuanto a la dosificación y administración adecuada de los productos.

### **Impactos ambientales por el uso de agroquímicos en los cultivos de arroz (*Oryza Sativa L.*)**

La agricultura puede describirse bajo la importancia ambiental en cuanto a la generación de contaminantes atmosféricos entre ellos, los gases de efecto invernadero, (GEI), se ha comprobado científicamente y a través de estudios realizados por Vela y Perez (2017), que el cultivo de arroz mediante sistema de riego es capaz de aportar entre el 10 y el 25% de las emisiones globales de Metano (CH<sub>4</sub>), debido principalmente a la actividad biológica de producción de metano en la fermentación de las bacterias bombeando toneladas de ese gas, cuando desintegran la MO en los cultivos de arroz inundados, de acuerdo a estudios de la Agencia Estadounidense de Protección Ambiental, el metano (CH<sub>4</sub>) es cerca de 20 veces más efectivo para retener el calor dentro de la atmósfera que el CO<sub>2</sub>.

La producción de arroz trae consigo impactos negativos al medio ambiente con un impacto directo, esto debido al uso de productos químicos causantes de daños ambientales irreparables que deben ser tenidos en cuenta. Los químicos aplicados en los cultivos de arroz contaminan las aguas y causan la muerte de gran cantidad de peces y otros animales acuáticos, ya que van a parar a ríos, arroyos, lagos, aguas subterráneas y al subsuelo de acuerdo a Varona et al (2017). Las prácticas agrícolas insostenibles, como el uso excesivo de herbicidas, disminuyen específicamente la MO del suelo y suministran la transferencia de contaminantes a la cadena alimentaria. Para tenorio (2020), el uso desmedido de herbicidas también influye en costos de producción de cultivos y es perjudicial para los mismos disminuyendo su rendimiento y calidad.

Los plaguicidas ingresan al suelo mediante tratamientos de aplicación directa, en forma aérea o por residuos vegetales que se hayan presentes en los cultivos, ya que el suelo es el que recibe la mayor parte de los plaguicidas cuando es la cosecha. En el estudio realizado por

Izquierdo (2017), afirma que la permanencia de estos agroquímicos en el suelo dependerá de las propiedades fisicoquímicas del mismo, y de las características del entorno (clima, suelos, humedad, brillo solar y otros), fundamentalmente los pesticidas actúan en el suelo reduciendo la actividad de enzimas, interviniendo en la mayor parte de las reacciones bioquímicas, mencionadas anteriormente.

Muchos de los impactos sobre el medio ambiente generados por el cultivo del arroz se relacionan con los malos manejos agrícolas y la poca implementación de las BPA que fomentan agriculturas sustentables, entre los problemas más graves identificados en el uso de agroquímicos en el cultivo del arroz. Por otro lado, la composición de los agroquímicos tiene consigo metales pesados, los cuales se consideran nocivos para la salud, estos siguen la ruta del suelo y siguen varias vías que van en las cadenas tróficas por diversos métodos de movilidad. El arroz al ser considerado uno de los cereales más consumidos en la alimentación humana, no es inmune a sufrir contaminación por los diferentes componentes químicos provenientes de las prácticas agrícolas inadecuadas. Delince (2015), define al riesgo ambiental, este será entonces en la transferencia de los contaminantes tanto a suelos como al medio, de la misma manera, enfatiza en el riesgo que significa el consumo tanto humano como animal, debido a la acumulación de dichos componentes en los productos agrícolas y sus efectos tóxicos sobre los organismos. El riesgo ambiental será la posibilidad de efectos dañinos a la salud humana y el ecosistema, a partir del resultado de la exposición a un efecto que causa estrés ambiental.

El impacto ambiental llevado a cabo en el componente suelo, se basa en los residuos de agroquímicos, bien sea por exceso de agregados de tipo fertilizantes que se fijan en el suelo y alteran el equilibrio de nutrientes, por otro lado, en el agua también se genera una contaminación ambiental de consideración, debido al uso de agroquímicos, fertilizantes y lodos, en las prácticas

de fumigación y deficiencias en los sistemas de cultivo. (FEDEARROZ, 2019). Aunque los Agroquímicos son fuentes ricas de carbono y nitrógeno y actúan de acuerdo a los ciclos respectivos, dentro de la actividad microbiana, el constante ingreso de este tipo de compuestos en los ecosistemas pueden causar afectación a los microorganismos y su actividad, ocasionando modificación en los procesos biológicos naturales, en la fertilidad y el aumento de producción de los cultivos. Para Alvear, et al, (2006), citado por Chavez (2013). Estos químicos convertidos en contaminantes tóxicos actúan de acuerdo a sus propiedades fisicoquímicas, además de las características persistentes en los suelos, influencia del clima y de otras condiciones propias del cultivo, generando una movilidad y una afectación diversa.

Entre los efectos más importantes identificados de los pesticidas, están la disminución los efectos de las enzimas del suelo, por tanto, estas reacciones que se llevan naturalmente serán interferidas y modificadas, afectando considerablemente el microbiota y la actividad microbiana. Chavez, et al (2013), hace énfasis en los principales efectos causados por el uso de los agroquímicos, dichas modificaciones en los ambientes naturales para los cultivos desencadenarán subproductos de las reacciones y con ello, significativa contaminación en el medio ambiente.

Otro componente ampliamente afectado por el uso de Agroquímicos es el agua, debido a las prácticas agrícolas, los contaminantes son filtrados y depositados tanto en aguas subterráneas como en los diferentes afluentes hídricos, lo cual formula un peligro potencial y creciente, debido a que estas aguas son utilizadas para otras actividades, bien sea agropecuarias, como domésticas e industriales generalizando de esta manera la problemática ambiental proveniente de este tipo de prácticas. Los plaguicidas y otros agroquímicos usados de forma irresponsable ocasionan diversos daños además de efectos ecológicos, los agroquímicos llegan a los

ecosistemas acuáticos cursando diferentes vías, sea por desplazamiento en las superficies de los suelos, por arrastre de lluvias, riego e irrigación u otras fuentes que disuelven dichas sustancias presentes en el suelo, además del arrastre de partículas causado por vientos y otros fenómenos atmosféricos, además del uso indiscriminado sobre o en cercanía de distintos recursos hídricos. Para Dierksmeier (2011), citado por Orta (2002) “Cuando el plaguicida se disuelve en el medio, la distribución ocurre por difusión (solubilidad)” (p.56). por tanto, este término solubilidad de los agroquímicos juega un papel demasiado importante en la cantidad de tóxicos generados y depositados sobre las fuentes hídricas.

La atmósfera no es inmune a la contaminación generada por los agroquímicos, puesto que los métodos de aplicación producen partículas que pueden ser dispersadas por el aire, o volatilizarse de acuerdo a las sustancias aplicadas, situación que genera graves consecuencias de contaminación ambiental, esto debido a la disposición de dichas partículas sobre amplias zonas, incluso fuera de los cultivos, cuya deposición se dará entonces sobre suelos y fuentes hídricas, realizando un ciclo contaminante continuo sobre el ecosistema, las comunidades y las personas en general. Existen diversos métodos de aplicación de agroquímicos, sin embargo, los más comunes se dan por aspersión, agravando la situación anteriormente planteada. Según el método de aplicación generalmente los agroquímicos son esparcidos en la atmósfera contaminando los demás sistemas, cuya consecuencia principal radica en la afectación de especies, alteración de ecosistemas y otros.

La contaminación en el aire por este tipo de sustancias, según Castillo (2019), se influyen por las condiciones de aplicación de dichas sustancias, generalmente trasladados por flujos de viento que son capaces de transportarlas a través de zonas distantes y afectando considerablemente a la flora y fauna, con una consecuencia grave de disminución de

biodiversidad. Ahora, los procesos de aplicación o por volatilización permiten que los gases ocasionados, por su bajo peso molecular puedan entonces ser transportados contaminando grandes extensiones de campos y llegando incluso a las ciudades cercanas a los mismos.

En la producción agrícola del Departamento del Casanare, como en todo el país, se hace necesario tanto el manejo productivo como manejo integrado de plagas y enfermedades, cuya actividad se realiza por medio del uso de fertilizantes para el mejoramiento de la productividad, y plaguicidas con el fin de obtener cultivos sanos. Las prácticas agrícolas en el Departamento se realizan de forma intensiva, por tanto, según (Aquichire, 2015), existe mayor afectación en los ecosistemas causando daños ambientales mayores y en algunos casos irreversibles. En la tabla 9 se especifican algunos productos utilizados en el cultivo de arroz, uso y efectos al medio ambiente.

**Tabla 9**

*Agroquímicos del cultivo del arroz y daños al medio ambiente*

<b>Producto</b>	<b>Uso</b>	<b>Daño medio ambiental</b>
<b>Monocrotofós</b>	Insecticida, acaricida, organofosforado	Extremadamente tóxico, daño a aves y otros animales
<b>Malathion</b>	Insecticida organofosforado	Tóxico para insectos entre los cuales se encuentran abejas,, luciérnagas, peces y otras especies acuáticas, moderadamente tóxico para aves

<b>Carrier</b>	Coadyuvante no iónico, usado en protección	No causa impactos ambientales Origen biológico y biodegradable
<b>Ridomil</b>	Fungicida sistémico de fácil adsorción	Tóxico para invertebrados acuáticos, peces y algas
<b>Roundup</b>	Compuesto por glifosfato, para control de malezas, no selectivo	Eliminación de toda la vegetación, comprobación de alta toxicidad y características carcinógenas,
<b>Metsulfuron metil</b>	Herbicida sistémico	Moderado potencial de lixivización Altamente tóxico para organismos acuáticos Acumulable
<b>Lorsban</b>	Insecticida de amplio espectro	Tóxico para animales y plantas acuáticas
<b>Kemkol</b>	Fito fortificante	Sin impactos ambientales conocidos
<b>Rodamina</b>	Colorante de amplia aplicación	Nocivo para organismos acuáticos Acumulación de efectos en ambientes acuáticos

---

<b>Tomahawk</b>	Herbicida agrícola	Tóxico para organismos acuáticos
-----------------	--------------------	----------------------------------

---

*Nota:* En la tabla se muestran los agroquímicos y su uso en los cultivos de arroz así como los daños que generan en el ambiente. *Fuente:* Rivas y Patiño (2021).

La contaminación generada por el uso de insumos agrícolas de tipo químico de manera indiscriminada, en exceso y sin un manejo adecuado, encadena entonces efectos importantes sobre los ecosistemas, las malas prácticas agrícolas profundizan la problemática al no contar directamente con un sistema adecuado y un diseño técnico de aplicación que permitan minimizar los impactos, generando beneficios para el cultivo, los agroquímicos no solo generan problemática hacia el medio ambiente en una mala práctica, sino también a las personas encargadas de la aplicación al tener un contacto directo con los mismos, considerándose de esta manera que los efectos adversos de su aplicación recaen sobre suelo, agua, ecosistemas en general y salud humana.

Estas prácticas agrícolas se realizan con el fin de potenciar la producción, sin tener en cuenta los principales efectos causados, por tanto, la incorporación de planes y estrategias adecuadas para un correcto manejo se convierten en las principales estrategias de mitigación ambiental y cuidado de la salud humana. El Departamento del Casanare al ser un productor que aporta gran cantidad de la producción en el país no se encuentra inmune a dichas consecuencias, por tanto, es necesario no solo identificar los riesgos sino planificar el manejo adecuado hacia los cultivos, con el fin de asegurar contar con una producción más limpia, eficiente y capaz de abastecer las demandas del mercado. Los ecosistemas afectados se generalizan debido a la acumulación que pueden tener dichos componentes en el medio, ya que potencializan el daño a través del tiempo y con ello no solo la pérdida de biodiversidad a mediano y largo plazo, sino

también el aumento del daño y daño considerable de los suelos en cuanto a su calidad nutricional.

Son muchos los esfuerzos que se están realizando en pro del cuidado medio ambiental, por tanto desde hace algunas décadas se plantean soluciones amigables al medio ambiente con el fin de realizar una transición entre el uso de los agroquímicos hacia alternativas más saludables, incorporando así los términos de sostenibilidad para el cuidado integral de los recursos naturales de la mano con el desarrollo de las regiones, teniendo en cuenta, el aumento demográfico continuo y las necesidades alimentarias para satisfacer las demandas crecientes.

## Resultados

Tras la investigación conceptual y bibliográfica realizada, se identifica que los principales efectos causados por el uso de Agroquímicos sobre el medio ambiente en el cultivo del arroz en el Departamento del Casanare recaen sobre la pérdida de biodiversidad, y la afectación de la calidad del suelo, el agua y el aire tanto de las zonas de cultivo, como de aquellas zonas cercanas. Las prácticas agrícolas utilizadas no cumplen con una especificidad que permita el cuidado medio ambiental, esto debido a las características tóxicas y dañinas al ambiente de los productos utilizados en todas las fases del cultivo, además del continuo crecimiento del cultivo de arroz en el Departamento, y la necesidad de lograr una productividad alta y una protección del mismo frente a enfermedades y plagas, situación que requiere el uso de agroquímicos como parte importante de la actividad.

En cuanto a los fertilizantes, el aporte de nitrógeno y carbono principalmente, y el suministro dentro de ellos de otras sustancias como metales pesados, proveen de cargas nocivas para el medio ambiente, con efectos acumulativos que causan degradación de los suelos y pérdida de los nutrientes naturales del suelo, causando principalmente un daño importante sobre los ecosistemas presentes en la zona, con pérdida de biodiversidad. Los efectos no se hacen esperar en la atmósfera en donde los componentes volátiles, las partículas menos densas y la aspersión de los agroquímicos, de acuerdo a su forma de aplicación, se presentan como un efecto detonante sobre la salud de los pobladores y de la vida de los ecosistemas en general, esto debido a que las sustancias son capaces de transportarse largas distancias con ayuda del viento y corrientes de aire, así mismo se pueden depositar en diversos ambientes generando entonces una contaminación con mayor extensión al área de cultivo. En el agua, los efectos no se hacen esperar, ya que la solubilidad de los contaminantes dependerá de la naturaleza de los mismos y

se presentarán en mayor o menor concentración dentro del recurso hídrico, por medio de filtración, dilución y otras formas de movilización de los mismos.

La agricultura en general tiene los efectos mencionados anteriormente, sin embargo, se realiza un énfasis en el cultivo del arroz debido a su importancia productiva dentro del Departamento, y a nivel nacional por su gran consumo. Este cultivo cuenta con fácil adaptación a los diversos climas y suelos de la región, consolidándose como uno de los cultivos de mayor extensión dentro del Casanare, por lo tanto, uno de los que más aporte contaminante genera, eso sumado a la poca implementación de las BPA, genera una problemática ambiental de especial cuidado y atención urgente con el fin de promover prácticas agrícolas de tipo más sostenible y que permita promover la mitigación y disminución de los impactos ambientales generados.

A continuación se presenta una síntesis de los efectos causados sobre el medio ambiente por el uso de los agroquímicos.

### **Tabla 10**

#### *Principales efectos ambientales del uso de agroquímicos en el cultivo de Arroz*

<b>Efecto ambiental</b>	<b>Daño ocasionado</b>
Pérdida de biodiversidad	<p>El uso excesivo, indiscriminado y mal realizado de los agroquímicos genera contaminantes directos sobre los ecosistemas, esto debido a las malas prácticas agrícolas, en las que tanto el manejo como la aplicación de los mismos generan efectos adversos.</p> <p>Las especies nativas benéficas, como por ejemplo insectos como control de plagas, disminuyen considerablemente</p>

---

tanto en cantidad como en especie, debido al uso de estos agroquímicos

Otra de las consecuencias importantes se debe al desplazamiento surgido de especies nativas del Departamento, y su disminución considerable, entre ellas se encuentra, Chiguiros, Venados, osos, babillas, Armadillos y otros, (Rivas, Patiño, 2021), lo anterior debido a la disminución de espacios y áreas de libre crecimiento y desarrollo de esta vida salvaje, además de la disponibilidad de alimento natural para dichas especies.

---

Disminución de fronteras agrícolas

La expansión de las explotaciones de Arroz genera graves consecuencias sobre la capa vegetal a partir de prácticas como deforestación, y aplicación de agroquímicos que han afectado directamente la calidad de los suelos, las áreas agrícolas se están expandiendo considerablemente y la calidad de los suelos recae precisamente en los cambios fisicoquímicos que sufren los cultivos, incluso generando resistencia a plagas y enfermedades por parte de los mismos cultivos y las otras especies vegetales de la zona.

---

Contaminación del agua

Los agroquímicos son arrastrados hacia las aguas subterráneas y superficiales debido a la escorrentía, las aguas lluvias y las aguas de riego de los cultivos, el suministro artificial de agua hace que los suelos absorban

---

---

los contaminantes arrastrados por la misma y se dirijan hacia las fuentes de agua convencionales, más aun teniendo en cuenta que para el cultivo de Arroz en el departamento del Casanare, aproximadamente usa aguas para riego en un aproximado de 16000 y 30000 metros cúbicos por hectárea de cosecha de arroz (Gonzalez, 2016). Lo anterior genera daños ecológicos de gran importancia tanto a los ecosistemas que se alimentan y proveen desde las aguas y las poblaciones que abastecen su consumo desde los afluentes hídricos, recalando que de éstos mismos afluentes se abastecen las actividades agropecuarias de la zona.

---

#### Contaminación de suelos

Como ya se dijo anteriormente, la cantidad de agroquímicos utilizados en el cultivo de arroz es absorbida por los suelos, causando modificaciones en su estructura, calidad y pérdida de nivel nutricional del mismo, las características fisicoquímicas cambian considerablemente, la presencia de nitrógeno, fósforo, y otras sustancias hace que las propiedades naturales del suelo sean afectadas, y con ello su fertilidad, calidad, retención de agua, humedad, CIC, pH y otros factores asociados con la microbiota del suelo. (Ulibarry, 2019)

---

---

Contaminación del aire	<p>Los agroquímicos usados en los cultivos de arroz, son aplicados por medio de aspersión, situación que hace que con la presencia de vientos sean diseminados por grandes extensiones de tierra, incluso las que no son de origen agrícola, los medios aéreos de aplicación generan un arrastre de las partículas a diferentes zonas y que tendrán mayor o menor gravedad de acuerdo al tipo de agroquímico utilizado, ya que incluso pueden incidir sobre la salud de pobladores y comunidades enteras.</p>
Ecología	<p>Las aguas, suelos y aire contaminado por la presencia de agroquímicos puede causar daño ecológico importante, y afecta directamente a la flora y fauna, tanto terrestre como acuática, generando impactos muy importantes tanto en cambios en la salud e integridad de las especies como la muerte de las mismas. Con respecto a la salud, puede existir varios cambios importantes sobre la reproducción, la inmunidad, factores teratogénicos, y otros problemas de salud tanto en peces, mamíferos y otras especies que se encuentran en contacto directo con los contaminantes.</p>

---

*Nota.* En la tabla se muestran los efectos ambientales y el daño ocasionado al ambiente por el uso de agroquímicos en los cultivos de arroz. *Fuente:* los autores

## Discusión

Los agroquímicos y otros insumos para uso agrícola están compuestos de sustancias químicas que representan mayor o menor peligrosidad de acuerdo a su composición, concentración y aplicación, estas sustancias son capaces de proporcionar daños de diversas magnitudes sobre el medio ambiente, además de los ecosistemas y la salud de los pobladores y/o usuarios de los productos, por tanto se requiere una planificación que permita un control efectivo sobre su uso, administración y cumplimiento de las normas legales con el fin de brindar protección sobre los espacios vulnerados tras su aplicación.

La transición hacia una cultura agrícola más sostenible se asocia al cumplimiento de los ODS, cuyo fin principal es dar solución a las problemáticas de las generaciones actuales y futuras, promoviendo una alimentación sostenible para disminuir la pobreza y llegar al Hambre 0. Lo anterior con el fin de promover la disponibilidad de alimentación al mismo tiempo que un cuidado del medio ambiente idóneo y responsable, que permita la mejor toma de decisiones posibles en la búsqueda de alternativas que permitan mitigar el problema planteado. Dentro de las necesidades a evaluar se requiere identificar los puntos clave sobre los cuales debe trabajar continuamente entre productores y el Ministerio del Medio Ambiente, con el fin de promover el uso racional de los productos agrícolas de origen químico, y proponer alternativas de disminución en su uso y la apertura a una agricultura más verde y ambiental que permita que la innovación y la tecnología provean de todo su potencial para aumentar la productividad y disminuir los impactos ambientales, en pro de la protección de los ecosistemas y la integridad de la salud animal y humana.

## Conclusiones

Las prácticas agrícolas buscan satisfacer las necesidades alimentarias de las poblaciones, sin embargo, estas prácticas requieren de cuidados especiales y el uso de insumos con el fin de promover la producción, el cuidado y la protección ante plagas y enfermedades, para ello se hace indispensable el uso de sustancias que promuevan estas características a dichos cultivos. En el Casanare, como uno de los cultivos principales se identifica el cultivo del arroz, cuyas actividades agrícolas de carácter intensivo requieren de los manejos agrícolas, desencadenando, por su actividad indiscriminada e irresponsable, efectos ambientales considerables sobre el agua, el suelo y el aire, afectando directamente a los ecosistemas y poblaciones cercanas debido a las características de los productos usados.

La degradación de los suelos, la aspersión de los contaminantes y la contaminación hídrica son aspectos de vital importancia en el manejo agrícola, puesto que el impacto ambiental generado sobre ellos no solo recae sobre las áreas cultivadas, sino que es capaz de extenderse hacia otras zonas con evidentes alteraciones a los ecosistemas y con ello potenciando el riesgo a la salud de pobladores, fauna y flora asociada a los sitios de cultivo y lugares cercanos a los mismos cuyas consecuencias pueden ser de tipo acumulativo, degradativo bien sea reversible o irreversible. Los efectos ambientales generados por los Agroquímicos en el cultivo de arroz pueden darse sobre dichos ecosistemas de forma directa o indirecta, desencadenando una serie de sucesos que repercuten en todos los ámbitos asociados a éste.

Es importante que estudios de este tipo sigan realizándose, con el fin de buscar las mejores alternativas que promuevan una agricultura eficaz y sustentable, que permita el cuidado del medio ambiente a través del desarrollo de técnicas e incorporación de tecnologías que no solo permitan obtener cultivos de gran calidad sino que al mismo tiempo sean capaces de proteger el

medio ambiente, la integridad física, mental y salubridad de los consumidores y la recuperación de los ecosistemas.

## Recomendaciones

La implementación de las BPA, requiere de la planificación y el conocimiento adecuado para el buen manejo agrícola de cultivos como lo es el arroz, con el fin de lograr el beneficio productivo brindado pero con un carácter sustentable que promueva el cuidado medio ambiental, por ello, el uso de agroquímicos debe lograr una transición que permita el intercambio de estas sustancias por otras con los mismos o mejores efectos pero que al mismo tiempo sean menos agresivas con el medio ambiente. El crecimiento y desarrollo del Casanare promueve la extensión de los cultivos, afectando los medios, sin embargo es posible aplicar estrategias de cuidado y solución a la problemática identificada, con el avance tecnológico de hoy y la incorporación de ideas innovadoras que permitan una relación favorable entre la productividad, la calidad y el cuidado medioambiental.

La sostenibilidad ambiental debe convertirse en la base fundamental para articular tanto el desarrollo de las regiones como los ambientes sanos a través del tiempo, para ello se proponen las siguientes alternativas:

Biotecnologías que permitan el fortalecimiento y uso de diversidades genéticas más resistentes a enfermedades con el fin de disminuir el consumo y aplicación de pesticidas químicos.

Realizar una transición entre los agroquímicos y los productos agrícolas de origen biológico biodegradables y que no generan impactos ambientales importantes

Implementar técnicas de aplicación de fertilizantes de origen orgánico con el fin de realizar un doble propósito, la reutilización y transformación de residuos orgánicos y la recuperación del suelo y sus propiedades nutricionales para lograr suelos efectivos para la producción de arroz.

Asesoría técnica especializada en la aplicación, dosificación y programación de fertilizantes y pesticidas en los cultivos de arroz, según las necesidades de la región y teniendo en cuenta los factores que influyen al mismo.

Aplicar técnicas de recombinación genética con el fin de obtener semillas adecuadas y adaptables a los suelos de la zona.

Implementar técnicas de mejoramiento genético en las especies de arroz utilizada.

Implementar las BPA en la región, previo análisis de requerimientos y con la intervención de todos los involucrados con el fin de obtener cultivos sanos, productivos y comercialmente competitivos en mercados nacionales e internacionales.

Planes de aplicación y manejo de sustancias químicas adecuadas, teniendo en cuenta los métodos de aplicación y protección de los operarios y agricultores con el fin de disminuir los riesgos a la salud.

Cumplimiento y control de la legislación vigente con respecto al uso y aplicación de pesticidas, fertilizantes y otras sustancias de origen químico.

## Referencias

- Alvarez, J., Pinzón, L., Velez., J., (2017). Growth and production of rice (*Oryza sativa* L.) under different fertilization plants with silicon. *Revista de Ingeniería e Investigación*, 37 (1):7 . Bogotá. <http://dx.doi.org/10.15446/ing.investig.v37n1.59344>
- Amaya, J. (2020, 27 de mayo). *Del Cultivo Tradicional a la Cadena Agroindustrial del Arroz (Oryza sativa L.) en el Departamento de Casanare. Alimentos Hoy*. Semantic Scholar. <https://www.semanticscholar.org/paper/Del-Cultivo-Tradiciona-a-la-Cadena-Agroindustrial-Amaya/7290ac031489b8a874aee13bbbe82e898a14f850>
- Aristizábal Quintero, J., Baquero Peñuela, J. E., y Leal Monsalve, D. (2000). Manejo eficiente de variedades mejoradas de arroz en los Llanos Orientales. *Revista Agronet.gov.co* <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/handle/11348/6450?mode=full>
- Asela, M., Tamayo, S. S., y Estrada, D. E. P. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista cubana de Higiene y epidemiología*. 52, (3) 372-387 <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223240764010>
- Asocaña, (2017). Marco Jurídico Ambiental. <http://www.asocana.org/documentos/432011-482B69B8-00FF00,000A000,878787,C3C3C3,0F0F0F,B4B4B4,FF00FF,FFFFFF,2D2D2D,B9B9B9.pdf>
- Avalos, C. (2009). El polémico uso de agroquímicos. *Revista Generación Ecología*. <http://www.generacion.com/secciones/biodiversidad/pdfs/Generacion-Edicion-134-biodiversidad-876.pdf>
- Cardona Ceballos, H. A., Castañeda Hinestroza, N. M., & Santodomingo Gamez, M. A. (2018). *Oportunidades comerciales para el aceite de palma y el arroz Colombiano desde la*

- región de la Orinoquia*. [Tesis de pregrado Universidad Agustiniiana]. Repositorio Institucional UNIAGUSTINIANA.  
<https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/handle/123456789/627?show=full>
- Casanare Positivo para Hemp. (2019, Julio 19). Economía de Casanare.  
<https://casanarepositivoparahemp.com/economia-en-el-departamento-de-casanare/>
- Castillo, B., (2019). Contaminación por plaguicidas agrícolas en los campos de cultivos en Cañete (Perú). *Revista Espacios* 41 (10) 11-23  
<https://www.revistaespacios.com/a20v41n10/a20v41n10p11.pdf>
- Causa, M., (2019). *Criterios de Implementación ISO 14001:2015 Caso de estudio “Transformación y Comercialización de Arroz”*. [padlet]  
<https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/30534/1/macausag.pdf>
- Chavarro, D. C., Castañeda, L. D., Ducuara Olaya, E. M., Garzón Vásquez, S. N., y Trujillo Santana, A. A. (2019). *Percepción del riesgo frente al uso de agroquímicos en la población agricultora de Granada-Meta 2018*. [Tesis de Pregrado Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales] Repositorio Institucional UDCA  
<https://repository.udca.edu.co/handle/11158/2636>
- Chica, J., Tirado, Y. C., y Barreto, J. M. (2016). Indicadores de competitividad del cultivo del arroz en Colombia y Estados Unidos. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 16-31.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-01352016000200002](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-01352016000200002)
- DANE, Fedearroz. FNA (2022, 10 de febrero). *Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado (ENAM)*.  
[https://fedearroz.s3.amazonaws.com/media/documents/boletin\\_ENAM\\_IIsem21.pdf](https://fedearroz.s3.amazonaws.com/media/documents/boletin_ENAM_IIsem21.pdf)
- De Jalisco, (2013) *Requerimientos Agroecológicos de Cultivos*.

[https://www.researchgate.net/profile/Jose-Ruiz-Corral/publication/343047223\\_REQUERIMIENTOS\\_AGROECOLOGICOS\\_DE\\_CULTIVOS\\_2da\\_Edicion/links/5f1310e04585151299a4c447/REQUERIMIENTOS-AGROECOLOGICOS-DE-CULTIVOS-2da-Edicion.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Ruiz-Corral/publication/343047223_REQUERIMIENTOS_AGROECOLOGICOS_DE_CULTIVOS_2da_Edicion/links/5f1310e04585151299a4c447/REQUERIMIENTOS-AGROECOLOGICOS-DE-CULTIVOS-2da-Edicion.pdf)

Díaz, J., (2020). *Agroquímicos (Troya, Caporal) y su impacto ambiental en suelos de cultivo de arroz en el sector La Florida*. [Tesis de pregrado Universidad Nacional de San Martín] Repositorio Institucional UNSM

<https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3865/MAEST.GEST.AMB.%20-%20Jos%c3%a9%20M%c3%a1ximo%20D%c3%adaz%20Pinto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Decreto 1075 (2015). *Manejo de plaguicidas* <https://quimicos.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/4.-Decreto-1076-de-2015-TITULO-7-Manejo-de-plaguicidas.pdf>

Delince, W., Valdéz, R., López, O., Guridi, F & Balbín M., (2019). Riesgo agroambiental por metales pesados en suelos con Cultivares de *Oryza Satiba L* y *Solanum tuberosum L*. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 24 (1) 44-50  
<https://www.redalyc.org/pdf/932/93233771006.pdf>

DNP (2021). Generalidades de la Cadena productiva. *Agroquímicos*. (p. 271-284)  
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Empresarial/agroquimicos.pdf>

Duque, O., Hernández, N., y Ortiz, B. (2019). Línea base cadena productiva del cultivo de arroz. *Plan de Ordenamiento productivo para la Cadena de maíz en Colombia UPRA*, Bogotá.  
[https://www.andi.com.co/Uploads/POP\\_Cadena\\_Maiz.pdf](https://www.andi.com.co/Uploads/POP_Cadena_Maiz.pdf)

FAUV, (2017), Comisión Modalidades de Titulación. Modalidad, Monografía por Compilación.

*Universidad Veracruzana.*

<https://www.uv.mx/arquitectura/files/2017/05/MONOGRAFIA-POR-COMPILACION.pdf>

FEDEARROZ, (2021). Contexto Mundial y nacional del Cultivo del Arroz (2000-2020).

*División de Investigaciones económicas.*

[https://fedearroz.s3.amazonaws.com/media/documents/Cartilla\\_Contexto\\_Mundial\\_y\\_Nacional\\_del\\_cultivo\\_de\\_arroz\\_2000-2020\\_dXUQLuQ.pdf](https://fedearroz.s3.amazonaws.com/media/documents/Cartilla_Contexto_Mundial_y_Nacional_del_cultivo_de_arroz_2000-2020_dXUQLuQ.pdf)

FEDEARROZ (2019). Guía Ambiental del Arroz. *Sociedad de Agricultores de Colombia – SAC*

[https://fedearroz.s3.amazonaws.com/media/documents/Guia\\_Ambiental\\_para\\_el\\_subsector\\_arrocero.pdf](https://fedearroz.s3.amazonaws.com/media/documents/Guia_Ambiental_para_el_subsector_arrocero.pdf)

Guillén, C., Dávila M., Guillén, L., (2021). Characteristics of rice (*Oryza sativa* L.) plantations under lying down conditions caused by wrinkle grass (*Ischaemum rugosum* salisb.).

*Revista geográfica de América Central.* (66), 385-406

<https://dx.doi.org/10.15359/rgac.66-1.15>

Guzman, D., (2006). *Manejo agronómico del cultivo del arroz (Oryza sativa L.) sembrado bajo riego en Finca Ranchos Horizonte; Cañas, Guanacaste, Costa Rica.* [Trabajo e grado para optar al grado de Bachiller en Ingeniería Agropecuaria Instituto Tecnológico Costa Rica] Repositorio Institucional ITCR

<https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2837/Manejo%20agron%C3%B3mico%20del%20cultivo%20de%20arroz%20%28Oryza%20sativa%20L.%29%20sembrado%20bajo%20riego%20en%20finca%20Ranchos%20Horizonte%3B%20Ca%C3%B1as%20C%20Guanacaste%20Costa%20Rica..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ICA (2003). Ley 822 de 2003. *Diario Oficial No. 45244. De 10 de julio de 2003.* Por la cual se

dictan normas relacionadas con los agroquímicos.

<https://www.ica.gov.co/getattachment/c7999637-49d8-4f2d-99df-e5ebb065f896/2003L822.aspx>

ICONTEC –ICA (2003). Compendio sobre fertilizantes en Colombia. *Reglamentos y Normas Técnicas Colombianas*. file:///C:/Users/Usuario1/Downloads/27369.pdf

Izquierdo Rodas, J. J. (2017). *Contaminación de los suelos agrícolas provocados por el uso de los agroquímicos en la parroquia San Joaquín*. [Tesis de Pregrado Universidad Politécnica Salesiana] Repositorio Institucional UPS.

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14712/1/UPS-CT007228.pdf>

López Fatama, J. A. (2021). *Influencia de los aspectos culturales en el uso de agroquímicos en cultivo de arroz, Distrito de San Rafael, Provincia de Bellavista 2021*. [Tesis de pregrado Universidad Cesar Vallejo] Repositorio Institucional UCV

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/71910/L%c3%b3pez\\_FJA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/71910/L%c3%b3pez_FJA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Lora, J., Vega, M., (2004). *Diseño de un plan de gestión ambiental local participativo para el cultivo de arroz en el Distrito de Riego de la Doctrina Córdoba*. [Tesis de pregrado Universidad Tecnológica de Bolívar]. Repositorio Institucional UTB

<https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0024592.pdf>

Medina Mendoza, S. A., y Vélez Medina, A. D. P. (2018). Evaluación de la calidad del suelo por el empleo de agroquímicos, en sistemas productivos de arroz y plátano de la trocha cuatro del municipio de Granada (Meta). [Tesis de pregrado Universidad Santo Tomás]

Repositorio Institucional USTA

<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/13684?show=full>

- Molpeceres, M., Ceverio R & Brieva S. (2019). Agroquímicos: Cambios en la agenda internacional e instrumentos de regulación en Argentina. (1950-2015) *Estudios Socioterritoriales*, 25.  
[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1853-43922019000100012&lang=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-43922019000100012&lang=es)
- Moncada, S., (2014). Cómo realizar una búsqueda de información eficiente. Foco en estudiantes, profesores e investigadores en el área educativa. *Revista de Investigación Médica* 3(10), 106-115. <https://www.scielo.org.mx/pdf/iem/v3n10/v3n10a7.pdf>
- Muñoz, D. A. (2016). *Diagnóstico de la degradación de los suelos en cultivos de arroz riego intermitente y seco bajo el sistema de labranza tradicional aplicado, en los llanos del Casanare. Maestría en Ingeniería Ambiental*. [Tesis de pregrado Universidad Nacional de Colombia] Repositorio Institucional UNAL  
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/57887>
- Navarrete Ormaza, B. E. (2012). *Buenas prácticas agrícolas en los cultivos de maíz (Zea mays L.) Y Arroz (Oryza sativa L.) Parroquia San Plácido, Cantón Portoviejo*. [Trabajo de grado Escuela Superior Politécnica]. Repositorio Institucional ESPAMMFL.  
<https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/572>
- Nurul, M., Gu Sang., (2010). Morphological Characteristics of the Rice (*Oryza Sativa L.*) with Red Pigmentation. *Journal of Life Science, Journal of Life Science* 20 (1), 22-26.  
<http://www.koreascience.or.kr/article/JAKO201016955020398.pdf>
- Obregón-Corredor, D., Hernández-Guzmán, F. J., y Ríos-Moyano, D. K. (2021). Efecto de los factores climáticos, variedades y densidades de siembra en la dinámica de artrópodos en cultivos de arroz en Yopal-Casanare, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*.

- 47(1) e9364 <https://doi.org/10.25100/socolen.v47i1.9364>
- OMS (2020, 1 de mayo). *Clasificación recomendada por la OMS de los plaguicidas por el peligro que representan y directrices para su clasificación*.  
<https://www.who.int/es/publications/i/item/9789240005662>
- Orta, L., (2003). Contaminación de las aguas por plaguicidas químicos. *Revista Fitosanidad*.  
6(3) 55-62 <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209118292006.pdf>
- Paredes Melo, M. C., y Mayorga Mayorga, Y. T. (2020). *Influencia de la aplicación de agroquímicos en la diversidad fúngica y bacteriana del sistema productivo de arroz (Oryza Sativa) Universidad de los Llanos, Sede Barcelona*. [Tesis de pregrado Universidad Santo Tomás]. Repositorio Institucional USTA  
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/21748/2019yeimymayorga?sequence=6>
- PDEA (2021), *Plan Departamental de Extensión Agropecuaria, Casanare 2020-2023*  
<https://www.adr.gov.co/wp-content/uploads/2021/07/PDEA-Casanare-2020-2023.pdf>
- Pérez, W., (2018). *Manejo Integrado del Tizón Tardío*.  
<https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/documents/2018sept3queesunfungicida.pdf>
- Pinto Carvajal, L. P. *Alternativas para el tratamiento de aguas contaminadas por plaguicidas utilizadas en los cultivos de arroz en Colombia*. [Tesis de Pregrado Universidad Nacional Abierta y a Distancia] Repositorio Institucional UNAD  
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/21639>
- Preciado, L. G. (1998). Influencia del tiempo de uso del suelo en las propiedades físicas, en la productividad y sostenibilidad del cultivo de arroz en Casanare. *Revista Agrosavia*  
<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CO2019003830>

- Priotto, J., (2017). Impacto de las actividades productivas sobre la diversidad, Distribución y abundancia de Mamíferos de Argentina. *Revista de Mastozoología Neotropical*. 24 (2) 273-275. <https://www.redalyc.org/pdf/457/45753988002.pdf>
- Quinayás, I., Bermeo C., (2021). Clasificación de categorías toxicológicas de insumos agrícolas en el Almacén Agroesplendor. [Tesis de Pregrado Universidad Nacional Abierta y a Distancia] Repositorio Institucional UNAD  
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/40517/isquinayasc.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Quintana, K. C., Orozco, J. C., Giraldo, C., y Calle, Z. (2019). *Manejo Integrado de Insectos herbívoros en Sistemas Ganaderos Sostenibles*.  
[https://elti.yale.edu/sites/default/files/rsource\\_files/manejo-integrado-insectos-herbivoros-sistemas-ganaderos-sostenibles.pdf](https://elti.yale.edu/sites/default/files/rsource_files/manejo-integrado-insectos-herbivoros-sistemas-ganaderos-sostenibles.pdf)
- Reyes, G., Cortés J., (2017). Intensidad en el uso de fertilizantes en América Latina y el Caribe (2006-2012). *Bioagro*, 29(1) 45-52  
[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612017000100005](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612017000100005)
- Rivas, J., y Patiño, G. (2021). *Impactos ambientales del sector agrícola y los agroquímicos en Casanare en el periodo 2015–2020*. [Tesis de pregrado Universidad Nacional Abierta y a Distancia] Repositorio Institucional UNAD  
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/42559/jarivasg.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rojas, L y Bedoya, G. (2013). Efecto de la aplicación de agroquímicos en un cultivo de arroz sobre los microorganismos del suelo, *Acta Agronómica*, 62(1), 66-72.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v62n1/v62n1a10.pdf>

Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG). (2003). Manual técnico para el cultivo de arroz (*Oryza Sativa*). *Secretaría de Agricultura y Ganadería DICTA*

<https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-cultivo-del-arroz.pdf>

T Chirinos, D., Castro, R., Cun, J., Castro, J., Peñarrieta Bravo, S., Solis, L., & Geraud-Pouey, F.

(2020). Insecticides and agricultural pest control: the magnitude of its use in crops in some provinces of Ecuador. *Revista de Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(1), 84-99.

[http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v21n1/en\\_0122-8706-ccta-21-01-00084.pdf](http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v21n1/en_0122-8706-ccta-21-01-00084.pdf)

Tenorio Gómez, K. M. (2020). *Efectos de la contaminación del suelo por herbicidas en la*

*productividad del arroz*. [Tesis de pregrado Universidad Técnica de Babahoyo] Dspace

UTB. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8497>

Ulibarry, P., (2019, marzo). Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes.

*Biblioteca del Congreso Nacional de Chile BCN*

[https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias\\_ambientales\\_de\\_la\\_aplicacion\\_de\\_fertilizantes.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf)

Varona, M., Guevara, I., Torres R., (2017). Comportamiento de la fracción de PM10 en zona

cercana a un molino de arroz. *Revista de higiene y Sanidad Ambiental* 17 (3) 1529-1533

[https://www.researchgate.net/publication/335750040\\_HigSanidAmbient1731529-15332017](https://www.researchgate.net/publication/335750040_HigSanidAmbient1731529-15332017)

Vela Nieves, E. M., y Pérez Mendivelso, Y. P. (2017). *Investigación sobre el manejo de residuos*

*sólidos generados en la producción de cultivo de arroz en el municipio de Nunchia-*

*departamento de Casanare*. [Tesis de Grado Especialización Universidad Nacional vierta y a Distancia] Repositorio Institucional UNAD

<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/24302>

Zapa, P., (2020). *Acompañamiento del Manejo Agronómico del cultivo del Arroz, (Oryza sativa L.), variedad Fedearroz 473 en la Finca La Zona, ubicada en Pueblo Nuevo – Córdoba.*

[Tesis de pregrado Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio

Institucional UNAD

[https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/3655/zapaoviedopedroal\\_ejandro.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/3655/zapaoviedopedroal_ejandro.pdf?sequence=1&isAllowed=y)