



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y
VETERINARIA
CARRERA DE AGROPECUARIA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del examen de carácter Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

Uso de la tecnología en la aplicación de los fertilizantes en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L).

AUTOR:

Néstor Iván Díaz Valderramo

TUTORA:

Lcda. Martha Uvidia Vélez, MSc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2024

RESUMEN

El arroz (*Oryza sativa* L) es un cultivo crucial a nivel mundial, sirviendo como fuente principal de calorías para más de la mitad de la población. La adaptabilidad climática del arroz lo hace cultivable en diversas regiones, asegurando su producción en diferentes condiciones ambientales. El arroz es considerado como el segundo cereal de mayor consumo a nivel mundial y su producción se concentra en Asia con el 85 %, solo siete países asiáticos (China, India, Indonesia, Bangladesh, Vietnam, Myanmar y Tailandia) producen y consumen el 80 % del arroz del mundo. El cultivo de arroz en Ecuador ha experimentado un aumento en la adopción de tecnologías para mejorar la eficiencia y la productividad. El uso de drones para la fumigación y la nivelación láser de campos se ha vuelto común, especialmente en las zonas costeras. Estas tecnologías buscan reducir costos y mejorar la eficiencia frente a la competencia de arroces importados. Además, la fertilización foliar y los fertilizantes encapsulados están optimizando la utilización de nutrientes y reduciendo el impacto ambiental. La selección adecuada de fertilizantes, como la urea y el sulfato de amonio, es esencial para satisfacer las demandas nutricionales del arroz. En general, las tecnologías de aplicación de fertilizantes están mejorando la eficiencia de los nutrientes, aumentando la productividad y promoviendo la sostenibilidad ambiental en el cultivo de arroz en Ecuador. Es crucial que los agricultores continúen explorando y adoptando nuevas tecnologías para enfrentar los desafíos emergentes y mantener su competitividad en el mercado agrícola global.

Palabras claves: Arroz, tecnología, cultivo, fertilizantes, producción.

SUMMARY

Rice (*Oryza sativa* L) is a crucial crop globally, serving as the main source of calories for more than half of the population. The climatic adaptability of rice makes it cultivable in various regions, ensuring its production in different environmental conditions. Rice is considered the second most consumed cereal worldwide and its production is concentrated in Asia with 85%, only seven Asian countries (China, India, Indonesia, Bangladesh, Vietnam, Myanmar and Thailand) produce and consume 80% of the world's rice. Rice cultivation in Ecuador has seen an increase in the adoption of technologies to improve efficiency and productivity. The use of drones for fumigation and laser leveling of fields has become common, especially in coastal areas. These technologies seek to reduce costs and improve efficiency in the face of competition from imported rice. Additionally, foliar fertilization and encapsulated fertilizers are optimizing nutrient utilization and reducing environmental impact. Proper selection of fertilizers, such as urea and ammonium sulfate, is essential to meet the nutritional demands of rice. Overall, fertilizer application technologies are improving nutrient efficiency, increasing productivity and promoting environmental sustainability in rice cultivation in Ecuador. It is crucial that farmers continue to explore and adopt new technologies to meet emerging challenges and remain competitive in the global agricultural market.

Keywords: Rice, technology, cultivation, fertilizers, production.

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	II
SUMMARY	III
1.CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación	2
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. Líneas de investigación.....	3
2. DESARROLLO	5
2.1. Marco conceptual.....	5
2.1.1. Cultivo del arroz	5
2.1.2. Principales tecnologías en la aplicación de los fertilizantes en el cultivo de arroz.	5
2.1.3. Fertilizantes	9
2.2. Marco metodológico	13
2.3. Resultados	13
2.4. Discusión de resultados.....	14
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	16
3.1. Conclusiones	16
3.2. Recomendaciones	17
4. REFERENCIAS Y ANEXOS	18
4.1. Referencias bibliográficas.....	18
4.2. Anexos.....	22

1.CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. Introducción

El arroz (*Oryza sativa* L) es un cultivo crucial a nivel mundial, sirviendo como fuente principal de calorías para más de la mitad de la población. La adaptabilidad climática del arroz lo hace cultivable en diversas regiones, asegurando su producción en diferentes condiciones ambientales. El arroz es considerado como el segundo cereal de mayor consumo a nivel mundial y su producción se concentra en Asia con el 85 %, solo siete países asiáticos (China, India, Indonesia, Bangladesh, Vietnam, Myanmar y Tailandia) producen y consumen el 80 % del arroz del mundo (DFINNOVA 2022).

Según la ONU (2020), los expertos indican que el cambio hacia prácticas agrícolas más sostenibles representará un desafío. A pesar de esto, existen numerosas iniciativas que buscan promover prácticas agrícolas más sostenibles, de esta forma los fertilizantes desempeñan un papel esencial para garantizar rendimientos óptimos en los cultivos de arroz. En este sentido, es crucial asegurar la eficaz absorción y asimilación tanto de los nutrientes aplicados como de los ya presentes en el suelo por parte de las plantas, este aspecto cobra una relevancia central en la maximización de la productividad agrícola, demandando una gestión precisa y estratégica de los recursos nutricionales.

La integración de métodos que involucran la utilización de tecnologías en el suministro de fertilización para el cultivo de arroz, protagoniza no solo en el avance técnico sino de igual manera en optar por mantener una agricultura mas eficiente y sostenible. La implementación de modelos predictivos y de capacitación agronómica avalados por datos, ofrece a los productores agrícolas la disposición de tomar decisiones informadas para resolver de forma más óptima el uso de fertilizantes.

La herramienta tecnológica de teledetección, acompañado con sistemas de riego y fertilización automático, ha evolucionado el aspecto agrícola en el mundo, específicamente en el cultivo de arroz. Al usar imágenes satelitales y juntándolos

con otros dispositivos, los productores agrícolas podrán monitorear el estado de los cultivos y las necesidades nutritivas en todo el terreno, lo que nos proporciona una gestión más óptima de los recursos. Este emparejamiento nos respalda una distribución uniforme y eficaz de los nutrientes, mientras que la utilización ante fertilizantes de liberación controlada, disminuye los residuos y incrementa la eficiencia. Estas tecnologías nos muestran las diferentes oportunidades en las que se puede mejorar la productividad y la sostenibilidad en el cultivo de arroz.

1.2. Planteamiento del problema

Una de las principales problemáticas que presencian los productores agrícolas, es el manejo inadecuado de fertilizantes, lo cual obtenemos como resultado pérdidas en la biodiversidad y resistencia de plagas. Asimismo, una práctica ineficiente puede causar en la pérdida de los recursos y en la salinización. Concorre también el riesgo no solo en la salud del ecosistema sino a la salud humana, esto debido a la acumulación de desechos químicos en los alimentos. Para enfrentar estos problemas persistentes, es necesario optar por implementar prácticas agrícolas sostenibles, el adoptar tecnologías que nos brindan un mejor manejo y una aplicación más precisa de los fertilizantes, se logra obtener un cultivo más productivo y más amigable con el medio ambiente.

1.3. Justificación

La elaboración de este trabajo consiste en la integración de tecnología en la aplicación de fertilizantes en el cultivo de arroz, con el objetivo de brindar al agricultor métodos de gestión de recursos con la finalidad de lograr aumentar la eficiencia y la productividad del cultivo. La tecnología es aquella herramienta que nos ayudara a obtener un manejo preciso en el uso de fertilizantes, respaldando una administración exacta en áreas determinadas en los campos de cultivo. Esta precisión anticipa tanto la aplicación excesiva como la eficiencia de los nutrientes que se encuentran en los suelos, lo que, de una u otra manera, logra maximizar la gestión en el uso de insumos agrícolas contribuyendo de manera significativa al rendimiento óptimo del cultivo de arroz.

En este documento se fundamenta la importancia de la precisión en la aplicación de fertilizantes mediante la utilización de herramienta tecnológicas en el cultivo de arroz. Esta precisión ayudará a prevenir el mal uso de insumos y a su vez logrará incrementar la absorción de nutrientes por parte de las plantas, lo que nos ofrecerá a obtener una gestión más eficiente ante los recursos disponibles. Esto es primordial para fomentar la agricultura sostenible y sustentable. Asimismo, la implementación de estas tecnologías nos ofrece un empleo más directo de los fertilizantes, lo que no solo beneficiaría el vigor del cultivo de arroz, sino que a su vez tendrá un visto bueno en la gestión ambiental al poder disminuir el riesgo de contaminación debido a la escorrentía de nutrientes.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Establecer el uso de diferentes tecnologías en la aplicación de los fertilizantes en el cultivo de arroz.

1.4.2. Objetivos específicos

- Caracterizar las tecnologías utilizadas en la aplicación de los fertilizantes en el cultivo de arroz.
- Identificar las tecnologías con mayor importancia para la aplicación de los fertilizantes en el cultivo de arroz.

1.5. Líneas de investigación

La presente investigación está enfocada dentro de los dominios de la Universidad Técnica de Babahoyo de Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología. El enfoque principal de este estudio se centra en el: "Uso de la tecnología en la aplicación de los fertilizantes en el cultivo de arroz". En este contexto, específicamente se aborda el Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable y en la Sublíneas de Agricultura sostenible y sustentable y nutrición vegetal.

Este tema este articulado con el proyecto de investigación correspondiente:
Mejoramiento Genético del arroz con especies silvestres japónicas y criollas (*Oryza rufipogon* G. *Oryza sativa* L. spp. japonica *Oryza sativa* L. ssp. indica).

2. DESARROLLO

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Cultivo del arroz

La mayor concentración de áreas destinadas al cultivo de arroz se observa en la provincia del Guayas, representando el 97 % de dichas áreas. Esta predominancia se distribuye principalmente en las provincias de Guayas (63.85 %), Los Ríos (28.19 %), y Manabí (4.63 %). En los últimos años, se ha observado un aumento significativo en las áreas arroceras de El Oro y Loja. No obstante, es importante señalar que en el año 2014 se registró una notable disminución en la superficie dedicada al cultivo de arroz en la provincia de Loja, al mismo tiempo que se experimentó un considerable aumento en la provincia de Orellana (Acosta 2019).

2.1.2. Principales tecnologías en la aplicación de los fertilizantes en el cultivo de arroz.

La tecnología se abre paso en el cultivo de arroz

El uso de tecnología en el cultivo de arroz ha avanzado significativamente, desde semillas genéticamente mejoradas hasta sistemas de monitoreo para controlar plagas y aplicar pesticidas precisos. Se han implementado sistemas de riego automatizados y técnicas de manejo del suelo que optimizan el uso de recursos hídricos y mejoran la calidad del suelo. Además, los drones se utilizan para la monitorización de cultivos y análisis de datos, ayudando a los agricultores a tomar decisiones más informadas. La fumigación con drones y la nivelación láser son prácticas comunes, especialmente en zonas costeras. El objetivo es aumentar la eficiencia, reducir costos y enfrentar desafíos comerciales, como la importación de arroces subsidiados que afectan los precios internos (REDAGRÍCOLA 2019).

Nivelación a láser de los campos

La nivelación a láser ayuda a reducir problemas como el encharcamiento, la erosión del suelo y el desperdicio de agua al permitir un drenaje más eficiente y una distribución uniforme de los recursos. Esta práctica tiene como objetivo principal reducir el consumo de agua, mitigando así los riesgos sanitarios y la pudrición de raíz. Para llevar a cabo esta tarea, se requiere un tractor equipado con un receptor

láser que emite señales para ajustar la altura de la pala niveladora. Antes de ingresar al campo, es necesario seleccionar las dimensiones del terreno, sobre el cual la máquina distribuirá la tierra (REDAGRÍCOLA 2019).

Drones y teledetección agrícola

Un número creciente de agricultores está recurriendo a la agricultura de precisión y el uso de drones, ya que estos pueden recopilar grandes cantidades de datos de cultivos con precisión y asistir en la toma de decisiones. Por ende, la teledetección agrícola puede adquirir información sobre la vegetación sin necesidad de tener contacto directo con ella (Anexo 1). Utilizando imágenes satelitales para monitorear el estado de los cultivos. Esta tecnología proporciona información precisa sobre la salud de las plantas y las necesidades de nutrientes (Gonzales *et al.* 2015).

En la actualidad, los drones han adquirido una gran rentabilidad en el ámbito agrícola debido a sus diversas capacidades, que incluyen la identificación del estado de salud de los cultivos, la detección y control de incendios, el monitoreo de la migración animal, la detección de pesquerías, el control de cultivos y cosechas, así como la asistencia en la aplicación de fertilizantes químicos, pesticidas y riego de manera oportuna en los cultivos (Gonzales 2022).

Aguilón

Estos equipos están diseñados específicamente para controlar el crecimiento de malas hierbas y aplicar productos fitosanitarios en cultivos gracias a la adaptabilidad es posible utilizar una variedad de accesorios como barras mecánicas o hidráulicas barras entre hileras, pulverizadoras, enrolladores, lanzas, pistolas, pulverizadoras, alimentadores, de raíces y otros (AGROSCOPIO 2020).

Abonadora

Una máquina dispensadora de fertilizantes y otros componentes orgánicos, utilizada en entornos agrícolas para estimular el crecimiento de las plantas, ha sido empleada por la humanidad desde tiempos antiguos con el objetivo de obtener cultivos saludables. Con el paso del tiempo, esta técnica ha evolucionado y refinado gracias a la introducción de la mecanización. Generalmente, una abonadora consta de cuatro componentes principales: la tolva, el distribuidor, el dosificador y el sistema de accionamiento. La tolva facilita la salida del fertilizante, mientras que el distribuidor es responsable de esparcirlo mediante la fuerza generada por un motor hidráulico o la tracción del tractor (ANPHIBIUS 2020).

Voleadora Fertilizadora

Es una tecnología diseñada para la dispersión eficiente de fertilizantes, ofreciendo una alternativa mejorada al método tradicional de esparcimiento manual. En comparación con la aplicación manual, que es laboriosa y potencialmente perjudicial para la salud, la Voleadora Fertilizadora ofrece una solución que ahorra tiempo y proporciona comodidad al operador. Esta innovación puede cubrir extensas áreas de terreno de manera rápida y precisa, con una amplitud de cobertura que puede alcanzar entre 12 y 14 metros. Su sistema exclusivo de distribución asegura una dispersión uniforme de los fertilizantes incluso a largas distancias. Además, su caja de engranajes está diseñada para manejar cambios repentinos de potencia, garantizando la seguridad durante su operación (SEMVAL 2020).

Taka taka sembradora

La Taka Taka (Anexo 2) es una sembradora manual especialmente diseñada para agricultores que cultivan entre 5 y 15 hectáreas y que no cuentan con un tractor de siembra. Su funcionamiento es bastante simple y no requiere labrar el suelo para su uso, aunque se desaconseja utilizarla en suelos arcillosos o muy húmedos para evitar afectar su rendimiento. Esta herramienta está diseñada para sembrar una hectárea de maíz en un lapso de 8 horas de trabajo (MAQUIPRES S.A 2017).

Bomba de motor

Esta fumigadora se caracteriza por su capacidad para regular altas presiones y caudales durante el proceso de fumigación. Por lo general, funciona con gasolina y está disponible en modelos con motores de 2 o 4 tiempos. La capacidad de generar altas presiones permite la producción de gotas muy finas, lo cual es útil para objetivos biológicos o para productos que requieren una cobertura extensa de gotas para lograr su eficacia. Gracias a esta capacidad de presurización y a la potencia de la bomba, esta fumigadora puede generar caudales significativamente mayores que las fumigadoras de espalda de accionamiento manual. Además, esta fumigadora ofrece la posibilidad de utilizar varias boquillas y hasta dos lanzas, lo que amplía el alcance de la aplicación (MOTOBORDA 2023).

Bomba de mochila

La mochila de fumigación es una opción idónea para la mayoría de los productos químicos agrícolas y es perfecta para aplicaciones de rociado en diversas áreas como granjas, jardines, invernaderos y huertos. Fabricada con materiales resistentes y duraderos está diseñada para soportar condiciones adversas y heladas (AGRIZON 2024).

Tecnologías más utilizadas en el cultivo de arroz en Ecuador

Aguilón

Herramienta importante y muy utilizada en el cultivo de arroz se utiliza para esparcir un compuesto natural como el agua o químico como herbicidas o plaguicidas, diseñada para realizar aplicaciones por cobertura de forma eficiente a través de gotas muy finas con una aplicación fitosanitaria (Agroscopio 2020).

Bomba de mochila

Herramienta versátil y crucial en el cultivo de arroz ya que permite la aplicación precisa y eficiente de productos fitosanitarios lo que contribuye a mantener el cultivo libre de plagas y enfermedades y tener un buen rendimiento (Agrizon 2024).

Bomba de motor

Es una herramienta esencial en el cultivo de arroz ya que facilita el suministro de agua para el riego, el drenaje del exceso de agua, el control de malezas y la aplicación de fertilizantes líquidos (MOTOBORDA 2023).

2.1.3. Fertilizantes

Urea

La urea, conocida como el fertilizante químico más ampliamente utilizado en la agricultura y aplicado tanto al suelo como a las hojas, es un compuesto orgánico con la fórmula NH_2CONH_2 , también llamado carbamida. Contiene un 46 % de nitrógeno en peso, lo que la convierte en la fuente más concentrada de nitrógeno (N) en forma sólida. La urea es uno de los fertilizantes más utilizados en el cultivo de arroz debido a su alta concentración de nitrógeno, un elemento esencial para el crecimiento de las plantas de arroz. El nitrógeno es especialmente importante durante las etapas de crecimiento vegetativo y de desarrollo del grano en el arroz. En el cultivo de arroz, la urea se aplica principalmente en forma granular al suelo antes o durante el período de siembra. También se puede aplicar de forma foliar durante el ciclo de crecimiento de la planta. La urea es soluble en agua y se disuelve fácilmente en el suelo, proporcionando una fuente rápida de nitrógeno para las plantas de arroz. (TEPEYAC 2019).

Sulfato de amonio

Se trata de un fertilizante granulado que contiene una combinación de nitrógeno, repartido equitativamente entre forma nítrica y amoniacal. La forma nítrica se encuentra disponible de manera inmediata, mientras que la forma amoniacal se libera de manera más gradual, ya que se adhiere a los coloides del suelo, asegurando un suministro prolongado a las plantas. El nitrógeno es esencial para la síntesis de la clorofila en las plantas y desempeña un papel crucial en el proceso de la fotosíntesis. Este tipo de fertilizante presenta una menor susceptibilidad a las pérdidas por volatilización en comparación con los fertilizantes que contienen urea (FERMAGRI 2022).

Sulfato de magnesio

Es un fertilizante inorgánico altamente soluble, de aplicación al suelo o fertirrigación. Constituye una alta fuente de azufre y magnesio. Su formulación garantiza la homogeneidad y uniformidad en la aplicación. El (N) es uno de los principales nutrientes requeridos por las plantas, forma parte de las proteínas, los aminoácidos, los ácidos nucleicos y la clorofila; es un elemento que se asocia con el crecimiento vegetativo de los cultivos, favoreciendo así el rápido crecimiento y desarrollo de tallos y hojas, asegura el color verde oscuro y aumenta la producción.

El calcio juega un papel fundamental en el desarrollo de los cultivos, es necesario en el fortalecimiento estructural de las paredes y en la elasticidad del tejido vegetal, participa en los procesos metabólicos de absorción de otros elementos. Se recomienda la aplicación de nitrato de calcio en los programas de fertilización de los diferentes cultivos (AGRIPAC 2021).

Sulfato de potasio

Este fertilizante es altamente beneficioso al permitir la aplicación de potasio en cantidades y momentos específicos requeridos por las plantas, sin exceder las necesidades de azufre. El potasio juega un papel crucial en la calidad y aspecto de los frutos, influyendo en su color y contenido de azúcar, lo que resulta fundamental para garantizar cultivos de alta calidad. El potasio fortalece las paredes celulares, proporcionando protección contra plagas, enfermedades, heladas y sequías, mientras estimula el crecimiento de tallos robustos y la resistencia de los frutos después de la cosecha. Su aplicación, recomendada por ingenieros agrónomos basándose en análisis de suelos o tejidos foliares, puede beneficiar una variedad de cultivos. El Sulfato de Potasio, al promover el llenado y la calidad de diversas estructuras de interés económico como frutos, tubérculos y tallos, es especialmente recomendado durante las etapas de producción, llenado y fructificación de los cultivos. Además, gracias a su alto contenido de potasio, contribuye a mejorar el equilibrio hídrico de las plantas y fomenta una mayor eficiencia en el uso del agua (AGROACTIVO 2024).

Muriato de potasio

El Cloruro de potasio o Muriato de Potasio (KCL) es una fuente natural altamente concentrada de potasio, con un contenido del 60%, y una excelente capacidad de disolución. El potasio desencadena la fotosíntesis, mejora la absorción de nitrógeno, aumenta la eficiencia en el uso del agua, esta característica permite su aplicación en una amplia variedad de cultivos, ya sea como parte de la fertilización base o foliar, para satisfacer las necesidades específicas del cultivo o para corregir deficiencias de potasio. El papel del potasio está estrechamente ligado a la calidad y cantidad de la producción agrícola. Este elemento esencial participa en más de 50 procesos o funciones dentro de las plantas, lo que lo convierte en un componente vital para garantizar una nutrición óptima en los cultivos (MEGAGRO 2023).

Fertilización foliar

La fertilización foliar, que implica la entrega de nutrientes a través de las hojas, se emplea en conjunción con la fertilización del suelo. En este método nutricional, las hojas desempeñan una función crucial en la absorción de nutrientes, ya que ciertos elementos de ellas intervienen en la captación de iones (Basurto y López 2021).

Fertilizantes encapsulados o de liberación lenta

Las técnicas de encapsulamiento de agroquímicos, que abarcan fertilizantes, pesticidas y microorganismos, se diseñan con el propósito de proteger estos compuestos y prevenir su pérdida. Los fertilizantes pueden utilizar diferentes tipos de encapsulamiento para controlar la liberación de nutrientes. Uno de ellos es la capa de resina, que permite una liberación gradual de los nutrientes a medida que la resina se descompone con el tiempo. Otra opción es la encapsulación con sulfato, que proporciona un mayor nivel de liberación inicial de los nutrientes y luego se va descomponiendo lentamente. Además, los fertilizantes encapsulados con polímeros, como el polietileno, también pueden liberar los nutrientes de manera controlada a lo largo del tiempo, brindando un suministro constante a las plantas según sus necesidades. Estos métodos de encapsulamiento ayudan a optimizar la eficiencia de la fertilización y a reducir el desperdicio de nutrientes en el suelo. (CIQA 2023).

Fertilizante NPK 10-20-20.

Este fertilizante complejo en forma granular destaca por su elevado contenido de fósforo y potasio, además de proporcionar un aporte adicional de nitrógeno. Se recomienda especialmente para fases específicas del ciclo de cultivo o condiciones de suelo que requieran mayores niveles de fósforo y potasio en comparación con el nitrógeno. Dada su composición, este fertilizante se considera óptimo para su aplicación durante las etapas de prefloración y floración, ya que suministra el fósforo necesario para la formación de flores y frutos, junto con el potasio esencial para el crecimiento y desarrollo de frutos, tubérculos, semillas y otros órganos de almacenamiento.

La alta solubilidad del fertilizante permite una rápida absorción de los nutrientes aplicados por parte de la planta, garantizando eficacia tanto después de la germinación como en estados avanzados del desarrollo del cultivo. Su tamaño de gránulo facilita un suministro gradual de nutrientes a lo largo del ciclo del cultivo, minimizando el riesgo de compactación del suelo. Además, su alta fluidez facilita la aplicación a máquina, asegurando uniformidad en la aplicación y eficiencia incluso en aplicaciones aéreas (AGROACTIVO 2014).

Importancia de las tecnologías en el cultivo de arroz

Las tecnologías desempeñan un papel fundamental en el cultivo de arroz, optimizando cada etapa del proceso. Desde la selección de semillas mejoradas hasta el uso de sistemas de riego eficientes, estas herramientas aumentan la productividad y la calidad del cultivo. Además, la implementación de drones y sensores permite monitorear de manera precisa el crecimiento de los campos, detectando enfermedades o deficiencias nutricionales de manera temprana. La mecanización de tareas como la siembra y la cosecha reduce la dependencia de mano de obra, haciendo el proceso más rentable (Peña 2022).

Las nuevas tecnologías han demostrado mejorar significativamente los rendimientos en cultivos, aunque en Ecuador, su adopción entre los productores es baja debido a la falta de conocimiento y el temor a invertir en algo desconocido. Este trabajo busca cambiar esa percepción al demostrar que las herramientas tecnológicas, como los drones, son beneficiosas para el cultivo de arroz. Por ejemplo, el uso de drones puede reducir la necesidad de mano de obra, como en

la aplicación de fungicidas, que normalmente requiere de varios trabajadores y tiempo extenso. La implementación de estas tecnologías podría conducir a una producción de arroz de mayor calidad y una utilización más eficiente de las áreas de cultivo, superando así las limitaciones del método tradicional (Peña 2022).

2.2. Marco metodológico

En la elaboración de este documento, se llevó a cabo una exhaustiva recopilación de información actualizada, proveniente de diversas fuentes como artículos científicos, sitios web y bibliotecas virtuales. Estas fuentes proporcionaron opiniones e ideas de expertos, permitiendo un análisis detenido del proceso de investigación que aborda la temática central: uso de la tecnología en la aplicación de los fertilizantes en el cultivo de arroz.

Este trabajo se desarrolló siguiendo un enfoque de investigación no experimental y de naturaleza bibliográfica, utilizando técnicas de síntesis, análisis y resumen para organizar y presentar de manera coherente la información recopilada.

2.3. Resultados

Uso de drones en fumigación la adopción generalizada de drones para la fumigación se ha vuelto común entre los agricultores de arroz, especialmente en zonas costeras. Esta tecnología busca mejorar la eficiencia y reducir costos, especialmente frente a la competencia de arroces importados la nivelación láser de campos, especialmente en zonas costeras, es una práctica en crecimiento. Su objetivo es reducir el consumo de agua y mitigar riesgos sanitarios. Se requiere equipamiento especializado, como tractores con receptores láser, para llevar a cabo esta tarea.

La fertilización foliar se utiliza junto con la fertilización del suelo las hojas juegan un papel crucial en la absorción de nutrientes, lo que proporciona una reacción inicial lenta y a largo plazo. Este método permite dosis más precisas y evita deficiencias o excesos de nutrientes. Fertilizantes encapsulados o de liberación lenta estas técnicas buscan proteger los compuestos y prevenir su pérdida, liberando los nutrientes en momentos específicos del crecimiento del cultivo. Esto optimiza la utilización de los nutrientes y minimiza la contaminación del suelo y el agua.

Los drones y teledetección agrícola la agricultura de precisión, junto con el uso de drones y la teledetección agrícola, ha crecido. Estas tecnologías recopilan datos de cultivos con precisión y ayudan en la toma de decisiones, proporcionando información sobre la salud de las plantas y las necesidades de nutrientes. Estos avances tecnológicos están revolucionando la forma en que se aplican los fertilizantes en el cultivo de arroz, mejorando la eficiencia, reduciendo costos y minimizando el impacto ambiental.

2.4. Discusión de resultados

La popularización del uso de drones para la fumigación y la nivelación a láser de los campos está creciendo entre los agricultores de arroz, especialmente en las áreas costeras del país. Según (REDAGRÍCOLA 2019), el objetivo es mejorar la eficiencia y recortar gastos para contrarrestar posibles impactos comerciales, como la importación creciente de arroces subsidiados en sus lugares de origen, que están generando una disminución en los precios internos del producto.

La nivelación a láser en el cultivo de arroz puede ayudar a optimizar el uso del agua, mejorar la eficiencia del riego, reducir los costos de producción y aumentar los rendimientos agrícolas. Así como lo menciona Ruiz et. al (2005) la nivelación del terreno es una tarea fundamental en la preparación del suelo para el cultivo del arroz. Este proceso es crucial para garantizar una distribución uniforme del agua en todas las terrazas, lo que mejora significativamente la emergencia y el crecimiento óptimo de las plantas. Además, la nivelación del terreno contribuye al control de las malas hierbas, facilita el drenaje adecuado de la parcela y mejora la eficiencia del riego. En resumen, la nivelación del terreno desempeña un papel fundamental en diversos aspectos del cultivo del arroz, desde el manejo del agua hasta el control de las malezas y la optimización del crecimiento de las plantas.

Las tecnologías influyentes en conseguir aumentar la productividad del cultivo de arroz por lo que Burgos (2017) menciona que existen diversos complementos disponibles que tienen la capacidad de ayudar el proceso de producción agrícola, ya sea por medio de la biotecnología o a través de sustancias químicas. Estos complementos cumplen funciones variadas, como la de los

fertilizantes son sustancias que proporcionan nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas también plaguicidas, fungicidas y herbicidas, y juegan un papel crucial en el manejo y la mejora de la producción agrícola.

El suministro constante de nitrógeno (N) es crucial para lograr una cosecha adecuada en el cultivo de arroz, especialmente durante la formación y desarrollo de la panícula. El rendimiento del arroz depende del número de panículas por metro cuadrado y del número de granos por panícula, ambos influenciados por la disponibilidad de N. La fertilización con fósforo (P) al inicio del crecimiento vegetativo y durante la maduración es esencial para la síntesis de carbohidratos y la translocación de nutrientes hacia los granos en formación. El azufre (S) es esencial para el metabolismo del N y la síntesis de proteínas. El calcio (Ca) y el magnesio (Mg) contribuyen a la resistencia de las plantas y la formación de clorofila, respectivamente. El silicio (Si) es fundamental para la resistencia a enfermedades. El hierro (Fe), el boro (B) y el zinc (Zn) también desempeñan roles vitales en el crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. La introducción de nuevas variedades de arroz ha contribuido significativamente a mejorar los rendimientos y la calidad del grano. La fertilización adecuada es fundamental para satisfacer las altas demandas nutricionales del arroz y garantizar cosechas óptimas (Hirzel 2020).

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. Conclusiones

Los drones desempeñan un papel fundamental en la agricultura del arroz al ofrecer una amplia gama de funciones que mejoran la eficiencia, la productividad y la sostenibilidad de los cultivos. Desde el monitoreo de los cultivos hasta la aplicación precisa de insumos agrícolas, los drones proporcionan información detallada y oportuna que permite a los agricultores tomar decisiones y optimizar sus operaciones. Además, al utilizar tecnologías como cámaras multiespectrales y sistemas de riego automatizado.

El taka taka sembradora representa una innovación crucial en el cultivo de arroz, ofreciendo una serie de beneficios que mejoran la eficiencia y la rentabilidad de las operaciones agrícolas. Al proporcionar una siembra precisa y uniforme, contribuye a una distribución óptima de las plantas, lo que se traduce en un mejor rendimiento de los cultivos. Además, al reducir la dependencia de la mano de obra manual, esta máquina permite un ahorro significativo de tiempo y costos laborales, lo que aumenta la eficiencia general de la producción de arroz.

3.2. Recomendaciones

Realizar un análisis detallado de las necesidades nutricionales de los cultivos y las condiciones específicas de cada parcela para determinar la estrategia de fertilización más adecuada.

Garantizar una aplicación precisa de fertilizantes, es importante utilizar tecnologías de monitoreo y control que ayuden a los agricultores a ajustar las tasas de aplicación según las necesidades específicas del cultivo.

Proporcionar capacitación y asistencia técnica a los agricultores sobre el uso adecuado de las tecnologías de aplicación de fertilizantes.

Seleccionar y utilizar tecnologías de aplicación de fertilizantes, los agricultores deben considerar tanto los aspectos económicos como los ambientales.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. Referencias bibliográficas

Acosta, E. 2019. Caracterización de productores arroceros en la zona de Daule, provincia del Guayas. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO. (en línea) Consultado 12 de enero 2024 Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6086/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000141.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

AEFA. 2021. Qué es el abonado a bandas. (en línea) Consultado 10 de febrero 2024 Disponible en <https://aefa-agronutrientes.org/abonado-a-bandas#:~:text=La%20aplicaci%C3%B3n%20en%20bandas%20o,siembra%20o%20durante%20la%20siembra.>

Agripac. 2021. Sulfato magnesio granulado. (en línea) Consultado 1 de marzo 2024 Disponible en <https://agripac.com.ec/productos/sulfato-magnesio-gr/>

AGROSCOPIO. 2020. Aguilón fumigador. (en línea) Consultado 1 de marzo 2024 Disponible en <https://agroscopio.com/producto/aguilon-fumigador-400lts-conbarra/#:~:text=El%20aguil%C3%B3n%20fumigador%20400lts%20con,fi nas%20con%20una%20aplicaci%C3%B3n%20fitosanitaria.>

AGRIZON. 2024. Bomba de mochila (en línea) Consultado 1 de marzo 2024 Disponible en <https://agrizon.com/products/bomba-de-mochila-a-motor-agrosprayer-20-lt>

AGROACTIVO. 2014. Abono y fertilizante 10-20- (en línea) Consultado 19 de enero 2024 Disponible en <https://agroactivocol.com/producto/nutricion-vegetal/fertilizante-10-20-20/>

AGROACTIVO. 2024. Fertilizante sulfato de potasio. (en línea) Consultado 1 de marzo 2024 Disponible en <https://agroactivocol.com/producto/nutricion-vegetal/fertilizante-sulfato-de-potasio/>

- ANPHIBIUS. 2020. Abonadoras agrícolas: diferentes tipos y funcionamiento. 20 (en línea) Consultado 19 de enero 2024 Disponible en <https://anphibius.com/blog/que-es-una-abonadora-agricola/>
- Basurto, E; López, T. 2021. Eficacia de tecnologías de nutrición sobre el rendimiento del maíz blanco para consumo en fresco, calceta-Manabí (TESIS) (en línea) Consultado 10 de febrero 2024 Disponible en <https://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/1539/TTA23D.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Burgos, J. 2017. La producción de arroz explota con las nuevas tecnologías. (en línea) Consultado 3 de marzo 2024 Disponible en <https://www.worldgastronomy.org/post/la-produccion-de-arroz-explota-con-las-nuevas-tecnologias>
- CIQA. Centro de Investigación en Química Aplicada 2023. Encapsulamiento de fertilizantes y activos biológicos. (en línea) Consultado 10 de febrero 2024 Disponible en <https://www.ciqa.mx/Encapsulamiento.aspx#:~:text=Las%20tecnologias%20de%20encapsulamiento%20de,del%20cultivo%20cuando%20m%C3%A1s%20los%20G>
- CIQA. Centro de Investigación en Química Aplicada. 2023. Ventajas de la Tecnología Agrícola en los cultivos protegidos (en línea) Consultado 10 de febrero 2024 Disponible en <https://www.gob.mx/siap/articulos/ventajas-de-la-tecnologia-agricola-en-los-cultivos-protectivos#:~:text=La%20tecnologias%20agricolas%20tienen%20la,vernaderos%20con%20problemas%20de%20suelo>
- Deere, J 2024. Tecnología de agricultura de precisión. (en línea) Consultado 1 de marzo 2024 Disponible en <https://www.deere.es/es/agricultura-de-precision/soluciones-de-guiado/igrade/>
- DFINNOVA (Fertilizantes Tecnológicos De Nueva Generación, España). 27 jun. 2022. El arroz, uno de los productos agrícolas más importantes. (en línea, blog). España. Consultado 8 ene. 2024. Disponible en

<https://dfinnova.com/2022/06/27/el-arroz-uno-de-los-productos-agricolas-mas-importantes/>

FERMAGRI. 2022. Nitrato de amonio características. (en línea) Consultado 1 de marzo 2024 Disponible en <http://www.fermagri.com/nitrato-de-amonio.html>

Hirzel, J 2020. Fertilización del cultivo de arroz. (en línea) Consultado 1 de marzo 2024 Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68052/Capitulo%2016.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

MAQUIPRES S.A 2017. Taka taka simple. (en línea) Consultado 1 de marzo 2024 Disponible en <https://maquipres.com.ec/detalle-producto/taka-taka-simple>

MEGAAGRO. 2023. Muriato de potasio. (en línea) Consultado 1 de marzo 2024 Disponible en <https://megagro.com.ec/product/muriato-de-potasio/>

MOTOBORDA. 2023. Fumigadora de espalda: descubre cuál es la mejor opción para tu aplicación. (en línea) Consultado 1 de marzo 2024 Disponible en <https://motoborda.com/blog/fumigadora-de-espalda-descubre-cual-es-la-mejor-opcion-para-tu-aplicacion-b52.html>

Peña, R. 2022. Uso de nuevas tecnologías para mejorar el rendimiento del cultivo de arroz en la zona de Los Ríos (en línea) Consultado 13 de marzo 2024 Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13256/E-UTB-FACIAG-AGROP-000006.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

REDAGRÍCOLA. 2019. La tecnología se abre paso en el cultivo de arroz. (en línea) Consultado 19 de enero 2024 Disponible en <https://redagricola.com/la-tecnologia-se-abre-paso-en-el-cultivo-de-arroz/>

Ruiz, M; Diaz, G; Polon, R. 2005. Influencia de las tecnologías de preparación de suelo cuando se cultiva arroz (oryza sativa l.) cultivos tropicales, vol. 26, núm. 2, 2005, pp. 45-52 instituto nacional de ciencias agrícolas la habana, cuba. (en línea) Consultado 1 de marzo 2024 Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215934008.pdf>

SEMBRALIA. 2021. Ventajas de los fertilizantes de liberación lenta. (en línea) Consultado 1 de marzo 2024 Disponible en <https://sembralia.com/blogs/blog/fertilizantes-de-liberacion-lenta#:~:text=Ventajas%20de%20los%20fertilizantes%20de%20liberaci%C3%B3n%20lenta&text=Reduce%20las%20p%C3%A9rdidas%20por%20lixiviaci%C3%B3n,nitr%C3%B3geno%20por%20volatilizaci%C3%B3n%20y%20desnitrificaci%C3%B3n>

Semval. 2020. Voleadora Fertilizadora. (en línea) Consultado 1 de marzo 2024 Disponible en <https://agrosemval.com/producto/voleadora-fertilizadora/>

TEPEYAC. 2019. Urea granular ficha técnica (en línea) Consultado 19 de enero 2024 Disponible en https://www.ftepeyac.com.mx/wpcontent/uploads/2019/09/ficha_tecnica_urea_granular.pdf

ONU. (Organización de las Naciones Unidas). 9 nov. 2020. Fertilizantes: Desafíos y soluciones para proteger nuestro planeta. (en línea, blog). Consultado 8 ene. 2024. Disponible en <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/fertilizantes-desafios-y-soluciones-para-proteger-nuestro-planeta>

4.2. Anexos



Anexo 1: Dron de fumigación

Fuente: (Redagícola s. f.)



Anexo 2: Taka taka sembradora

Fuente: (MAQUIPRES S.A 2017).