



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

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

**INGENIERO AGRONOMO**

**TEMA:**

“Dinámica de absorción de los macroelementos en el cultivo de arroz  
(*Oryza sativa L*) bajo condiciones de riego.”

**AUTOR:**

Joel Omar Valero Mora

**ASESOR:**

Ing. Agr. Adolfo Emilio Ramírez Castro Msc.

Babahoyo- Los Ríos- Ecuador

2019



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**



**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

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

**INGENIERO AGRONOMO**

**TEMA:**

"Dinámica de absorción de los macroelementos en el cultivo de arroz  
(*Oryza sativa L*) bajo condiciones de riego."

**TRIBUNAL DE SUSTENTACION**

**Ing. Dalton Cadena Piedrahita, MBA**

**PRESIDENTE**

**Ing. Agr. Eduardo Colina Navarrete, MSc**  
**VOCAL PRINCIPAL**

**ing. Agr. David Mayorga Arias, MBA**  
**VOCAL PRINCIPAL**

## DEDICATORIA

Esta tesina se la dedico a mis familiares y amigos. Y principalmente a Dios por guiarme a lo largo de este camino y por darme las fuerzas del cada día, y darme la sabiduría para realizar este proyecto.

A mi madre Raquel Mora Espinoza y a mi padre, Rosbel Valero Franco por apoyarme y guiarme por el buen camino para ser una persona de bien con valores y motivarme a seguir adelante.

Agradezco a todos mis familiares Abuelos, Hermanos, tíos y primos que siempre fueron un apoyo incondicional en mi vida universitaria y en lo personal.

Gracias le doy a Dios por darme una esposa y una linda bebe Geraldine y Ailyn que fueron mi motor de arranque para salir adelante y terminar con mis estudios, porque ellas estuvieron conmigo en los buenos y malos momentos, también le agradezco a mis amigos por estar conmigo en toda mi carrera universitaria los llevare siempre en mis mejores recuerdos.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a Dios por permitirme llegar a este punto de ser un profesional.

También a mi madre, padre, hermanos, esposa e hija porque estuvieron a mi lado a lo largo de mi carrera cuando más lo necesite.

A la Universidad Técnica De Babahoyo en especial a mi querida Facultad De Ciencias Agropecuarias por crear personas de bien con aptitudes y valores.

Mis sinceros agradecimientos al Ing. Emilio Ramírez quien me guio a realizar mi proyecto para alcanzar el éxito y mi objetivo que es ser un ingeniero agrónomo.



## CERTIFICACIÓN

El suscrito certifica:

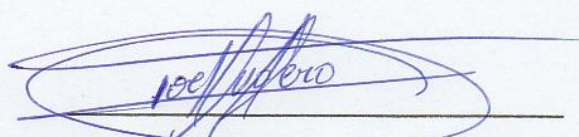
Que el trabajo titulado "Dinámica de absorción de los macroelementos en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L) bajo condiciones de riego ", realizado por el egresado Joel Omar Valero Mora; ha sido dirigido y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la Universidad Técnica de Babahoyo.

Babahoyo, 17 de junio 2019



Ing. Agr. Adolfo Emilio Ramírez Castro Msc.  
Asesor

La responsabilidad por la investigación, análisis, conclusiones y recomendaciones Presentadas y sustentadas en este componente practico del examen Complexivo Es exclusividad del autor:



JOEL OMAR VALERO MORA

## RESUMEN

El cultivo de arroz es un cereal, cultivo tropical de ciclo corto y a su vez de gran importancia económica y alimenticia, sobre todo en países subdesarrollados o en vías de desarrollo. En la actualidad la comercialización de arroz en el Ecuador busca satisfacer en primer lugar el mercado interno, por lo tanto, su exportación dependerá del abastecimiento del mercado local y del precio del productor doméstico. Los principales factores que interfieren en la producción de arroz son las condiciones climáticas, variedades no adecuadas para determinadas zonas, incidencia de plagas, enfermedades y principalmente la fertilidad del suelo donde actúan los macros y micro nutrientes debido a que la planta responde en función a la movilidad de los minerales. Estudios realizados mencionan que la cantidad de nutrientes aprovechables del suelo en el cultivo de arroz varía con el cultivar, la producción de biomasa, el suelo, el clima y el manejo. Por lo cual se pueden encontrar diferencias muy grandes de extracción de nutrimentos por el arroz en diferentes condiciones y latitudes. Específicamente los principales macroelementos adsorbidos del suelo a partir de un cultivo son el Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio y Calcio, cumpliendo funciones específicas. La fertilidad del suelo y dinámica de los macroelementos en el suelo va asociada con la absorción nutricional. La dinámica de absorción y los niveles de concentración de los macronutrientes puede variar de acuerdo a la fenología y el órgano que se analice la cual puede ser hojas, tallos o tejidos. La deficiencia de este elemento puede generar clorosis y retrasos en el desarrollo del arroz. A diferencia del potasio este elemento es esencial en la nutrición de la planta y es transportado por medio de un APTasa de la membrana celular, su deficiencia puede generar quemadura en los bordes y tallos débiles. Es considerado que el 97% del agua cumple la función de transportar los elementos o nutrientes disueltos a través de la planta el asciende por el sistema radicular hasta el área foliar. Es indispensable a su vez realizar un diagnóstico concreto sobre el estado nutricional de la planta. Mientras el suelo no presenta deficiencias o toxicidad de algún macroelemento el cultivo de arroz responderá fisiológicamente de forma correcta.

**Palabras claves:** Dinámica, Absorción, Fertilizantes, Deficiencia, Arroz.

## SUMMARY

The cultivation of rice is a cereal, a short-cycle tropical crop and, at the same time, of great economic and nutritional importance, especially in underdeveloped or developing countries. At the present time the marketing of rice in Ecuador seeks to satisfy the domestic market first, therefore, its export will depend on the supply of the local market and the price of the domestic producer. The main factors that interfere in the production of rice are the climatic conditions, varieties not suitable for certain areas, incidence of pests, diseases and mainly the fertility of the soil where the macros and micro nutrients act because the plant responds according to the mobility of minerals. Studies carried out mention that the quantity of usable nutrients of the soil in the cultivation of rice varies with the cultivar, the production of biomass, the soil, the climate and the management. Therefore, very large differences in the extraction of nutrients by rice can be found in different conditions and latitudes. Specifically the main macroelements adsorbed from the soil from a crop are Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Magnesium and Calcium, fulfilling specific functions. Soil fertility and macroelement dynamics in soil are associated with nutritional absorption. The absorption dynamics and the concentration levels of the macronutrients can vary according to the phenology and the organ that is analyzed, which may be leaves, stems or tissues. The deficiency of this element can generate chlorosis and delays in the development of rice. Unlike potassium, this element is essential in the nutrition of the plant and is transported by means of an APTase of the cell membrane, its deficiency can generate burning at the edges and weak stems. It is considered that 97% of the water fulfills the function of transporting dissolved elements or nutrients through the plant, it ascends through the root system to the foliar area. It is essential to make a specific diagnosis about the nutritional status of the plant. While the soil does not present deficiencies or toxicity of any macroelement, the rice crop will respond physiologically correctly.

**Keywords:** Dynamics, Absorption, Fertilizers, Deficiency, Rice.



# CONTENIDO

INTRODUCCION.....	10
I. CAPITULO .....	12
MARCO METODOLOGICO .....	12
1.1 Descripción del problema .....	12
1.2 Pregunta de investigación .....	12
1.3. Objetivos.....	12
1.3.1. Objetivo general.....	12
1.3.2. Objetivos Específicos .....	13
2.1. Fundamentacion Teorica.....	13
2. CAPITULO .....	26
RESULTADOS DE LA INVESTIGACION.....	26
3.1. Métodos de investigación .....	26
3.1.1. Evaluación de la información.....	26
3.2. Desarrollo del caso .....	26
3.3. Situaciones detectadas .....	27
3.4. Soluciones planteadas.....	28
3. CONCLUSIONES .....	29
4. RECOMENDACIONES.....	30
BIBLIOGRAFIA.....	¡Error! Marcador no definido.

## I. INTRODUCCION

El cultivo de arroz (*Oryza sativa L*) es un cereal, cultivo tropical de ciclo corto y a su vez de gran importancia económica y alimenticia, sobre todo en países subdesarrollados o en vías de desarrollo. Esta gramínea es la que mayor aporte de calorías posee, brindando una dieta diaria a los ecuatorianos. El desarrollo del cultivo de arroz depende mucho de la estación climática en la que se encuentre.

En la actualidad la comercialización de arroz en el Ecuador busca satisfacer en primer lugar el mercado interno, por lo tanto, su exportación dependerá del abastecimiento del mercado local y del precio del productor doméstico. Este cereal tiene una gran demanda en el consumo alimenticio y fabricas que elaboran confitería ya sea dulces o cereales. El arroz contiene 10% de proteínas y 2% de lípidos<sup>1</sup>.

De acuerdo a cifras oficiales, actualmente en el país existen 325 000 hectáreas cultivadas de arroz. Las principales zonas de cultivo se ubican en Guayas, Los Ríos, Manabí, Esmeraldas, Bolívar entre otras provincias. Según el III Censo Nacional Agropecuario manifiesta que el 84,48% del total de las UPAs les corresponde a los pequeños productores (menos de 20 Ha) y apenas un 2,32% les corresponde a las grandes unidades productoras (más de 100 Ha.).<sup>2</sup>

Los principales factores que interfieren en la producción de arroz son las condiciones climáticas, variedades no adecuadas para determinadas zonas, incidencia de plagas, enfermedades y principalmente la fertilidad del suelo donde actúan los macros y micronutrientes debido a que la planta responde en función a la movilidad de los minerales, la cual se traduce en una optimización de la calidad del grano y aumento de los rendimientos.

---

<sup>1</sup> Geles (2016): Propiedades y valor nutricional del arroz; <https://www.naturalcastello.com/arroz-propiedades-y-valor-nutricional/>.

<sup>2</sup> Guido Poveda Burgos y Carmen Andrade Garófalo (2018): Producción sostenible de arroz en la provincia del Guayas. <https://www.eumed.net/rev/cccss/2018/03/produccion-arroz-ecuador.html>.

Estudios realizados mencionan que la cantidad de nutrientes aprovechables del suelo en el cultivo de arroz varia con el cultivar, la producción de biomasa, el suelo, el clima y el manejo. Por lo cual se pueden encontrar diferencias muy grandes de extracción de nutrimentos por el arroz en diferentes condiciones y latitudes. Específicamente los principales macroelementos adsorbidos del suelo a partir de un cultivo son el Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio y Calcio, cumpliendo funciones específicas.

Mediante investigaciones se ha demostrado que el aporte de fertilizantes a través de los riegos de alta frecuencia mejora la producción y la eficiencia del uso de los nutrientes por la planta. Las ventajas se basan en la posibilidad de aplicar los nutrientes directamente a la zona radicular. Para ello, es necesario conocer las curvas de absorción de nutrientes en función del tiempo en condiciones de producción óptima. Los estudios de absorción contabilizan, de una forma u otra, la extracción o consumo de nutrientes de un cultivo para completar su ciclo de producción. Contribuyendo a dar solidez a los programas de fertilización (AGQ 2010).

A partir de la información analizada y desarrolla basada en la dinámica de adsorción de los macroelementos en variedades de arroz (*Oryza sativa L*) bajo condiciones de riego, se pretende socializar para la ejecución en programas de fertilización.

# 1. CAPITULO

## MARCO METODOLOGICO

### 1.1 Descripción del problema

La fertilidad del suelo y dinámica de los macroelementos en el suelo va asociada con la absorción nutricional. Desconocer la dinámica de cada elemento en las plantas es uno de los principales problemas. La dinámica de absorción y los niveles de concentración de los macronutrientes puede variar de acuerdo a la fenología y el órgano que se analice la cual puede ser hojas, tallos o tejidos.

El análisis de la absorción nutricional del cultivo busca maximizar el aprovechamiento de los fertilizantes para optimizar rendimientos, incrementar la rentabilidad, mantener niveles óptimos de fertilidad en suelo y minimizar el impacto sobre el medio ambiente. A través de estudios de absorción y extracción de nutrientes se pueden obtener valores más precisos de requerimientos nutricionales por los cultivos, lo que permite una mejora en la planificación y la programación del manejo de nutrientes.

### 1.2 Pregunta de investigación

¿Determinando la dinámica de absorción se puede maximizar el aprovechamiento de los fertilizantes?

¿El aporte del riego favorece la eficiencia de absorción de los nutrientes en las plantas?

¿El porcentaje de nutrientes cosechado respecto al total de nutriente absorbidos es distinto para cada elemento?

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. Objetivo general

Detallar la información sobre la dinámica de absorción de los macroelementos en el cultivo de arroz bajo condiciones de riego.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Indagar sobre el efecto del riego y su eficiencia en la absorción de macroelementos en el cultivo de arroz.
- Determinar las mejores alternativas para el manejo de macroelementos en el cultivo de arroz.

## **2.1. FUNDAMENTACION TEORICA**

### **Origen del arroz**

Menéndez (2018) indica que el arroz es el segundo cereal más cultivado en todo el mundo después del maíz; sin embargo, es el de mayor importancia y más consumido por la especie humana. El origen de la domesticación del cultivo del arroz se ha debatido bastante, si bien es seguro que proviene de Asia, el origen dentro de este continente se debate entre dos gigantes: China y Japón. Pero se ha comprobado que el origen de su domesticación proviene del sur de la China. En Europa lo introdujeron los árabes en la Edad Media, y los europeos, tras el descubrimiento de América por Colón, lo llevaron a dicho continente.

Unknown (2012) menciona que la producción de arroz tiene sus inicios en nuestro país en el siglo XVIII, pero se fortaleció su consumo y comercialización en el siglo XIX, este cultivo se desarrolló en un principio en las provincias del Guayas, Manabí, y Esmeraldas, con el tiempo este logró extenderse y comercializarse en la región Sierra. Su fase de industrialización es decir la implementación de piladoras (1895) se asentó en Daule, Naranjito y Milagro (Guayas). Según la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura (FAO), la producción de arroz en el Ecuador ocupa el puesto N° 26 a nivel mundial.

### **Taxonomía del Arroz**

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida



Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: *Oryza*

Especie: *Oryza sativa*. (Usca 2015).

## **Descripción botánica del Arroz**

### **2.1.1. Panoja del Arroz**

La panoja es un grupo de espiguillas nacidas en el nudo superior del tallo. El nudo situado entre el entrenudo superior del tallo y el eje principal de la panoja es la base de la panoja. Esta última aparece con frecuencia como un anillo ciliado y se utiliza para medir la longitud del tallo y la de la panoja. La rama primaria de la panoja se divide en otras ramas secundarias y, a veces, terciarias. Estas últimas son las que llevan las espiguillas. Las ramas pueden estar dispuestas solas o por parejas. La panoja permanece erecta en el momento de la floración; pero, por lo común, se caen las espiguillas cuando se llenan, maduran y forman los granos.(Unknown 2013).

### **2.1.2. Raíz**

Barbosa (2015) manifiesta que durante su desarrollo la planta de arroz tiene dos clases de raíces, las seminales o temporales y las secundarias, adventicias o permanentes. Las raíces seminales, poco ramificadas, sobreviven corto tiempo después de la germinación, siendo luego reemplazadas por las raíces adventicias o secundarias, las cuales brotan de los nudos subterráneos de los tallos jóvenes pelos capilares radícula. En los primeros estados de crecimiento las raíces son blancas, poco ramificadas y relativamente gruesas; a medida que la planta crece, se alargan, se adelgazan y se vuelven flácidas, ramificándose abundantemente.

### **2.1.3. Inflorescencia**

Franquet y Borràs (s.f.) manifiesta que la inflorescencia es una panícula más o menos compacta de 10-25 centímetros de longitud, sostenida por el último entrenudo llamado cuello; está formada por el raquis del que parten, con

disposición variable, 7-15 raquillas o ramificaciones primarias, de diferente longitud, que forman los racimos. Cuando madura la inflorescencia adopta una posición en arco más o menos péndula, según la variedad. Las flores, de color verde blanquecino y sostenidas por pedúnculos o pedicelos, están dispuestas a lo largo de las raquillas y en la cima de estas. Cada raquilla lleva 5-15 flores o más.

#### **2.1.4. Macollamiento**

Rodríguez (2013) expresa que un buen macollamiento compensan las plantas que se pierden con densidades de siembra bajas, pero las variedades con capacidad de macollamiento limitada carece de esta plasticidad. Algunos científicos argumentan que una sola macolla es mejor para desarrollar el máximo potencial de rendimiento en algunas gramíneas. A densidades altas de semillas o plántulas, las cuales son necesarias para obtener altos rendimientos de arroz, las variables q macollan profusamente formarán pocos tallos por planta, pero darán una producción total más alta que las variables de bajo macollamiento inherente.

#### **2.1.5. Hoja**

La vaina foliar, que envuelve el entrenudo inmediato superior, se desarrolla en longitud en correlación con la dimensión del entrenudo; lo abraza más o menos ampliamente según las características varietales. La vaina gruesa y corta que circunda todo el entrenudo, también corto, indica una elevada resistencia al encamado. En el punto de articulación de la vaina con el limbo foliar se diferencia la lígula y las aurículas; a veces se nota la ausencia de la lígula, como expresión genética particular. Durante las fases vegetativas se forman tantas hojas como entrenudos no hipogeos (Borras y Franquet s.f.).

#### **2.1.6. Tallo**

Degiovanni *et al.* (s.f.) indican que el tallo del arroz consta de una sucesión alterna de nudos y entrenudos. En cada nudo (o región nodal) se forman una hoja y una yema; esta última puede desarrollarse dando lugar a un hijo o macolla. De la yema que se encuentra en el nudo que da origen a la hoja principal, justo entre el nudo y la base de la vaina de dicha hoja, se forma la macolla característica de la especie *Oryza sativa*. Los hijos primarios emergen sucesivamente del primero, del segundo y de los demás nudos que siguen al nudo principal del tallo antes

descrito. Los hijos secundarios nacen del segundo nudo de cada hijo primario, y los hijos terciarios del segundo nudo de cada hijo secundario.

### **2.1.7. Grano**

Universidad Autónoma de México (2013) menciona que en el arroz se distinguen bien la parte ventral, donde se encuentra el germen y la parte dorsal; el pericarpio está envuelto por un denso tejido celulósico-fibroso (casquilla que representa entre el 20 y 22 % del peso del grano recién cosechado) en la que se distinguen 2 componentes: la lemma y la palea. Cáscara. Es una capa dura que protege el grano. Se compone de la lemma y la palea. Por su alto contenido de silicio limita su uso especialmente como materia orgánica para incorporar al suelo. Pericarpio. Una vez al grano se le elimine la cascara durante el proceso de molinría, se convierte en arroz moreno, siendo su parte más externa el pericarpio, que representa en promedio el 2% del peso del grano moreno.

Zambrano (2017) detalla que los granos de arroz pueden clasificarse según su longitud en: Extralargo (EL) 7,6 mm o mas Largo (L) 7,5 mm a 6,6 mm Medio (M) 6,5 mm a 5,6 mm Corto (C) 5,5 mm o menos. Las semillas de arroz sin latencia pueden germinar inmediatamente después de su maduración. Las semillas con latencia requieren un periodo natural de reposo, que puede romperse artificialmente descascarándolas o someténdolas a tratamientos especiales. Si las semillas germinan en agua el coleóptilo que contiene las hojas embrionarias emerge antes que la coleorriza.

## **2.1 Fenología del Arroz**

Velázquez *et al.* (2015) manifiestan que el conocimiento del desarrollo fenológico de la planta de arroz junto con la acumulación de grados día es una metodología que permite un mejor manejo cultural del cultivo. Esta metodología requiere determinar de manera precisa el momento en que la planta inicia o alcanza una etapa. Para ello, propusieron dividir el desarrollo de la planta en 3 etapas fenológicas: etapa de plántula que va desde la siembra hasta la emergencia de la planta; etapa vegetativa que va de la emergencia hasta la

aparición de la hoja bandera y la etapa reproductiva que va desde la diferenciación de panícula hasta la madurez fisiológica.

Maqueira *et al.* (2018) expresan que la fenología tiene como finalidad estudiar y describir de manera integral los diferentes eventos durante el desarrollo que se dan en las especies vegetales dentro de ecosistemas naturales o agrícolas, en su interacción con el medio ambiente. En este sentido, la realización de las observaciones fenológicas son la base para la implementación de todo sistema agrícola, lo que permite que los productores obtengan con la aplicación de los conocimientos sobre el tema, una mayor eficiencia en la planificación y programación de las diferentes actividades agrícolas, conducentes a incrementar la productividad y producción en los cultivos.

## **2.2 Fase Vegetativa**

En las plantas que producen semilla, se distinguen tres fases de desarrollo, las cuales tienen períodos de crecimiento definidas en cuanto a la diferenciación de la planta y los días de duración de estas tres fases. La fase vegetativa: por lo general dura de 55 a 60 días en las variedades de período intermedio. Y comprende desde la germinación de la semilla, emergencia, macollamiento (ahijamiento), hasta la diferenciación del primordio floral. Esta fase es la que diferencia unas variedades de otras, según sea la precocidad o tardanza de la misma en alcanzar su respectivo ciclo de cultivo (Unknown, 2016).

## **2.3 Fase reproductiva**

Olmos (2007) indica que la fase reproductiva se caracteriza por un declinamiento del número de macollos, la emergencia de la hoja bandera, el engrosamiento del tallo por el crecimiento interno de la panoja, la emergencia de la panoja (ocurre unos a 20-25 días luego de la diferenciación del primordio floral), y la floración (antesis). La meiosis puede estimarse que ocurre cuando la lígula de la hoja bandera y la de la hoja inmediatamente inferior están en el mismo nivel o posición 0. La antesis ocurre en general un día después de la emergencia de la panoja.

## **2.4 Fase de maduración**

Penonomé (2012) menciona que la fase de madurez: abarca desde la emergencia de la panícula (floración), el llenado y desarrollo de los granos (estado lechoso y pastoso) hasta la cosecha (madurez del grano) y dura de 30 a 40 días. En general el ciclo vegetativo y reproductivo de las variedades de arroz que se cultivan actualmente varía de 120 a 140 días desde la germinación hasta a la cosecha del grano, aunque actualmente se encuentran variedades de arroz con 105 días a la cosecha con rendimientos aceptables.

## **2.5 Etapas de crecimiento del arroz**

FAO (s.f.) menciona las etapas de crecimiento las son:

- Germinación: Desde la siembra hasta la emergencia del coleóptilo de la semilla.
- Plántula: Desde la emergencia del coleóptilo hasta la aparición de la quinta hoja.
- Macollaje: Desde la aparición del primer macollo hasta la iniciación de la panoja.
- Elongación y engrosamiento de la vaina: Desde la iniciación de la panoja hasta su completo desarrollo dentro de la vaina de la hoja bandera.
- Espigazón: Desde la aparición de la punta de la panoja fuera de la vaina de la hoja bandera hasta más de 90 % de emergencia de la panoja.
- Floración: Desde la primera floración hasta la floración completa de la panoja.
- Estado lechoso: El cariósido desde estado acuoso a lechoso.
- Estado pastoso: El cariósido desde estado de masa blanda a dura.
- Maduración: Maduración de más del 80 % de las espiguillas en la panoja.

## **2.6 Requerimiento del cultivo de arroz**

### **2.1.8. Radiación solar**

Camargo *et al.* (2012) detallan que la luminosidad es un elemento fundamental en los procesos biológicos, ya que influye en el proceso de crecimiento del arroz (formación de materia seca), por su acción fotoenergética (donde actúa por su intensidad) y en el proceso de desarrollo, por su acción estimulante (donde actúa por su duración). La intensidad lumínica se refiere a los



umbrales lumínicos necesarios para que ocurran los procesos como la fotosíntesis. Y duración lumínica está determinada por el espacio de tiempo transcurrido entre la salida y la puesta del sol, incluidos los crepúsculos matutinos y vespertinos.

#### **2.1.9. Temperatura**

Manrique (2014) expresa que el arroz necesita para germinar un mínimo de 10 a 13 °C, considerándose su óptimo entre 30 y 35 °C. Por encima de los 40 °C no se produce la germinación. El crecimiento del tallo, hojas y raíces tiene un mínimo exigible de 7 °C, considerándose su óptimo en los 23 °C. Con temperaturas superiores a ésta, las plantas crecen más rápidamente, pero los tejidos se hacen demasiado blandos e inconsistentes, siendo más susceptibles a los ataques de enfermedades. El 11 espigado está influido por la temperatura y por la disminución de la duración de los días. El mínimo de temperatura para florecer se considera de 15 °C. El óptimo de 30 °C. Por encima del 50 °C no se produce la floración.

#### **2.1.10. Suelo**

Enece (2011) detalla que el cultivo tiene lugar en una amplia gama de suelos, variando la textura desde arenosa a arcillosa. Se suele cultivar en suelos de textura fina y media, propia del proceso de sedimentación en las amplias llanuras inundadas y deltas de los ríos. Los suelos de textura fina dificultan las labores, pero son más fértiles al tener mayor contenido de arcilla, materia orgánica y suministrar más nutrientes. Por tanto, la textura del suelo juega un papel importante en el manejo del riego y de los fertilizantes.

#### **2.1.11. pH**

Mariasg (2013) menciona que el arroz tolera bien la salinidad, en el caso de zonas costeras bajas donde los acuíferos subsuperficiales son generalmente salinos o hipersalinos la mejor forma de controlar la salinidad del suelo es

aumentando la columna de agua para que la sobrepresión mantenga las sales por dejado de las raíces y evite la salinización por capilaridad. En cuanto al pH, éste tiende a neutralizarse al inundar las parcelas, manteniéndose alrededor de 6.6, tardando más o menos en alcanzar este nivel en función del tipo de suelo, de los niveles de materia orgánica, de la población microbiana y de la temperatura.

## **2.7. Nutrición Mineral**

Penonomé (2012) expresa que los fertilizantes o fórmulas que contienen el P ( $P_2O_5$ ) y el K ( $K_2O$ ), es recomendado aplicarlos al momento de la siembra o un poco antes de la siembra. Sin embargo, en siembras bajo riego, estos nutrientes se pueden aplicar un poco después de la siembra, cuando ya las plántulas están establecidas. O sea que en general las aplicaciones de fórmulas que contengan fósforo y potasio suelen aplicarse al suelo antes o al momento de la siembra. Los fertilizantes que contienen nitrógeno como el sulfato de amonio o la urea son más adecuados para ser utilizados después de la germinación y durante el desarrollo del cultivo.

Quintero (2017) indica que los nutrientes nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y zinc (Zn) frecuentemente son deficitarios. El nitrógeno es el elemento más limitante y que debe ser aplicado de manera generalizada para alcanzar altos rendimientos. El K y el Zn se presentan deficientes en algunas situaciones, sobre todo en suelos de pH ligeramente alcalino con exceso de calcio. Es menos frecuente la deficiencia de P dado que los suelos tienen gran capacidad de liberarlo cuando se inunda. Sin embargo, en suelos de baja materia orgánica y pH mayor a 6,5 la disponibilidad es baja y limita el rendimiento.

## **2.8 Que son los macroelementos**

Vidal (2008) menciona que todas las plantas en su ciclo vegetativo requieren de elementos nutritivos para un desarrollo favorable y una buena producción. Entre los elementos que se consideran esenciales tenemos los macroelementos divididos en primarios que los constituyen el Nitrógeno, Fósforo y

Potasio. Los secundarios Azufre, Calcio y Magnesio, y otros llamados microelementos o elementos menores, de los cuales podemos mencionar: Boro, Zinc, Cobre, Manganeso, Hierro, Molibdeno, etc.

Tanto los macroelementos como los microelementos son importantes y necesarios para las plantas a diferencia que unos los requieren en grandes cantidades tal es el caso de los primarios.

## **2.9 Macroelementos primarios**

### **2.1.12. Nitrógeno**

Salinas (2018) manifiesta que el nitrógeno es necesario para la síntesis de la clorofila y, como parte de la molécula de clorofila, tiene un papel en el proceso de fotosíntesis. La falta de nitrógeno y clorofila significa que el cultivo no utiliza la luz del sol como fuente de energía para llevar a cabo funciones esenciales como la absorción de nutrientes. El nitrógeno es también un componente de las vitaminas y sistemas de energía de la planta. Las plantas con deficientes de nitrógeno tienden a atrofiarse, crecen lentamente y producen menos hijuelos, presentan menor cantidad de hojas de madurez prematura.

### **2.1.13. Absorción del Nitrógeno**

INTAGRI (2016) expresa que la absorción de  $\text{NH}_4^+$  se cumple a través de un proceso activo y otro pasivo. En experimentos donde se han utilizado inhibidores metabólicos, se ha demostrado que inhibiendo la liberación de energía respiratoria la absorción de  $\text{NH}_4^+$  se reduce a la mitad, pero ésta no se inhibe completamente, como sucede con la absorción de  $\text{NO}_3^-$ . El  $\text{NH}_4^+$  incrementa su absorción a valores de pH cercanos a 8. Una vez absorbido, el  $\text{NH}_4^+$  no requiere ser reducido, por lo que con relación al  $\text{NO}_3^-$  existiría un ahorro de energía por parte de la planta. Sin embargo, en algunas situaciones este costo energético podría no ser importante.

Dobermann y Fairhurst (2005) manifiesta que la disponibilidad de N es mayor en suelos inundados que en suelos aireados pero varias características

únicas de los suelos inundados complican el manejo del N. Después de la inundación el O<sub>2</sub> del suelo es rápidamente consumido por los microorganismos debido a que la tasa de difusión del O<sub>2</sub> es 10 000 veces más lenta en los poros del suelo llenos de agua que en los poros llenos de aire. Pocos días después de la inundación, NO<sub>3</sub> se reduce y se pierde como N<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O, mientras que el NH<sub>4</sub> tiende a acumularse como resultado de la mineralización del N. La transformación del N son diferentes cuando el fertilizante nitrogenado es incorporado al suelo o cuando se aplica al voleo sobre el agua de inundación.

#### **2.1.14. Deficiencia de Nitrógeno**

Rizo (2010) detalla que el nitrógeno da vigor a las plantas y juega un papel importante en la abundancia de hojas. Es un elemento que se mueve tan bien en el suelo como por la planta. Puesto que la deficiencia de nitrógeno es una ocurrencia frecuente en la naturaleza, algunas plantas cambian a causa de ella. Unas alteran la regulación de sus hormonas con el fin de aumentar el crecimiento radical. Otras cierran los poros de movimiento de agua, lo que resulta en estrés hídrico y crecimiento disminuido. Del mismo modo que en la deficiencia de magnesio, la clorosis empieza en las hojas viejas, aunque puede llegar a afectar a toda la planta

### **2.10 Potasio**

PRO-MIX (2018) manifiesta que al contrario del nitrógeno y del fósforo, el potasio no se usa en la síntesis estructural de moléculas bioquímicamente importantes. El potasio se encuentra dentro de la solución de las células de la planta y se usa para mantener la presión de turgencia de la célula (lo que significa que evita que la planta se marchite prematuramente). Además, el potasio cumple un rol en la formación correcta de estomas (células usualmente ubicadas en el envés de la hoja, que se abren y se cierran para permitir la salida de vapor de agua y de gases residuales) y actúa como un activador de enzimas.

#### **2.16.1. Dinámica del K en el sistema suelo-planta**

Torres (s.f.) indica que, desde una perspectiva de manejo racional de los fertilizantes, interesa saber cuáles son las entradas y salidas de K en el sistema

suelo-planta. De esta manera, la estrategia de fertilización sustentable debería tener como meta maximizar el aprovechamiento del K agregado, y al mismo tiempo minimizar las pérdidas del K fuera del agroecosistema. Las entradas de K al sistema suelo-planta provienen básicamente de la fertilización. Esto explica la rapidez con la que se pierde la fertilidad potásica en suelos no fertilizados. En cuanto a las pérdidas, la principal vía corresponde a la extracción por parte de los cultivos y de no existir erosión, la otra vía a monitorear es la lixiviación de K<sup>+</sup>.

### **2.16.2. Deficiencia de Potasio**

Los síntomas de la deficiencia de potasio aparecen por el resto de la planta, pero los de las hojas son normalmente los más perceptibles. Los primeros síntomas que suelen aparecer en las hojas son los bordes marrones y quemados, o el amarilleamiento; uno de estos síntomas seguido por el otro es una gran señal de que tus plantas tienen deficiencia de potasio. Otros síntomas por el resto de la planta incluyen el estiramiento y debilitamiento del tallo, y síntomas similares de amarilleamiento en la parte superior de la planta. Es importante mencionar que si el problema es deficiencia de potasio, las venas interiores de las hojas siempre permanecerán verdes.

### **2.17. Fosforo**

Gruposacsa (2016) indica que el fósforo es uno de los tres principales nutrientes que las plantas necesitan para prosperar: fósforo (P), nitrógeno (N) y potasio (K). Funciona como uno de los principales actores en la fotosíntesis, transportador de nutrientes y transmisor de energía. El fósforo también afecta a la estructura de la planta a nivel celular. Una planta con la cantidad correcta de este elemento va a crecer vigorosamente y madurará más temprano que las plantas que no lo tienen. La deficiencia se muestra cuando hay un crecimiento raquítico, faltan los frutos o las flores, muestran languidez y las hojas pueden ser más verdes o tener un color violeta debido a que el proceso de fotosíntesis está afectado.

#### **2.17.1. Dinámica y absorción del fosforo**



Fixen (2014) detalla que los requerimientos de P de los cultivos se pueden expresar de varias maneras y cada forma de expresión es importante por razones diferentes. La absorción total indica la cantidad de P que debe ser suplementada a la planta durante el ciclo de cultivo. Por otra parte, el P es bastante insoluble en el suelo. Por esta razón, el satisfacer el requerimiento diario de absorción de P no es tan importante como el satisfacer el requerimiento diario por unidad de longitud de raíz. Este parámetro es conocido como el factor de ingreso de P.

### **2.17.2. Deficiencia de Fosforo**

Stoller Europe (2018) manifiesta que, en las plantas de arroz sometidas a deficiencia de fósforo, en el día 32 la tasa de producción de  $O^2$  y la actividad del superóxido dismutasa, se incrementó en 74,4 y 63,7%, en comparación a las plantas con el suministro adecuado del nutrimento. La baja cantidad de pigmentos fotosintéticos, y la débil capacidad de fotosíntesis inducida por la deficiencia de fósforo en las plantas de arroz, resulta en la acumulación de un exceso de fotones de energía por debajo de alta irradiación, lo cual a su vez incrementa la concentración de especies reactivas de oxígeno (ROS) como subproductos de la fotosíntesis, incluyendo peróxido de hidrógeno  $H_2O_2$ , radicales hidroxilo OH, superóxido  $O^2$  y oxígeno singulete  $O^2$ .

### **2.11 Dinámica de los nutrientes en el suelo**

Rivera (2013) manifiesta que los ciclos de los nutrientes en el suelo son más complicados que los balances que se muestran a veces adonde solo se incluyen los fertilizantes como entradas y las cosechas como salidas. La erosión laminar arrastra N y P con los coloides la fase más enriquecida del suelo; la lixiviación del exceso de N es harto conocida, y la remoción de los productos animales no es demasiado tomada en cuenta entre las salidas de nutrientes del sistema. Por otra parte, la fijación de N, sea simbiótica o libre es extremadamente difícil de cuantificar.

Rodríguez y Flórez (s.f.) indica que el nitrógeno es absorbido por las raíces de las plantas, preferentemente, en forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) o de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). Los factores que influyen en la absorción de este elemento por parte de la planta son: la especie y el tipo de planta la intensidad lumínica, la presencia de nitrógeno en el medio y la cantidad de nitrógeno almacenado en las vacuolas. En plantas de rosa se ha encontrado que a mayor intensidad lumínica hay mayor absorción de nitrógeno, esto mismo sucede en hortalizas.

Barahona *et al.* (2018) expresa que la fertilización constituye un factor importante en la obtención de altos rendimientos. La respuesta a la fertilización depende de la variedad, fertilidad del suelo, clima, manejo del agua y manejo de plagas. Un estudio de absorción es un buen punto de partida para estimar la cantidad de nutrientes que se debe reponer al campo para mantener la fertilidad. Si se desea mantener la sostenibilidad del sistema, debe al menos reponerse al suelo las mismas cantidades de nutrientes que salen del campo en la biomasa del cultivo.

Intagri S.C. (s.f.) indica que una curva de absorción de nutrientes es la representación gráfica de la cantidad de nutrientes extraídos por una planta durante su ciclo de vida. La cantidad de nutrientes absorbidos por una planta se obtiene de la relación entre el peso seco de los tejidos y la concentración de nutrientes en los mismos. Para llevar a cabo el estudio de absorción, es indispensable conducirlo bajo condiciones adecuadas de nutrición y con variedades de una especie definidas, lo cual permita extrapolar los resultados a otras situaciones más allá de la particular en la que se realizó

## **2. CAPITULO**

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACION**

#### **3.1. Métodos de investigación**

La información adquirida se fundamentó en consultas y análisis sobre la dinámica de absorción de los macroelementos en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L) bajo condiciones de riego la cual influye en la producción y rendimiento de los cultivos de arroz. El análisis se estableció enfocado al sector económico, ambiental y agrícola. Se implementó metodologías que nos permitieron recopilar e integrar la información detallada. Finalmente se desarrolló la etapa de revisión y evaluación de material bibliográfico.

##### **3.1.1. Evaluación de la información**

Para formalizar este documento se ejecutó la revisión de literatura de varios libros e internet, tesis, y consultando a tutores docentes de la escuela de ingeniería agronómica, utilizando métodos del nivel teórico, tales como el análisis y síntesis lo que nos permitió concretaren nuestro tema desarrollado.

#### **3.2. Desarrollo del caso**

Los macroelementos del cultivo de arroz son de gran importancia para el desarrollo, producción y rendimiento de la planta. Tanto la fertilidad de los suelos como la dinámica de los elementos se encuentran asociada en la absorción nutricional, la misma que variara de acuerdo al estado fisiológico. A su vez existen factores que influyen en la absorción de elementos entre ello se encuentra principalmente el riego, por lo tanto, los investigadores manifiestan que al realizar aplicaciones de fertilizantes a través de los riegos, este mejora la asimilación y el eficiente de nutrientes en el cultivo de arroz. Por lo general toda planta moviliza sus nutrientes de una zona a otra para ser reutilizados, estos son absorbidos por las raíces.

El suelo es considerado como un material heterogéneo compuesto por fases sólidas, líquidas a gaseosas; en la fase sólida se encuentran macroelementos asociadas a las partículas como el N, P y S. El estudio de la absorción nutrimental del cultivo de arroz tiene como finalidad la utilización de los fertilizantes para optimizar rendimientos, incrementar la rentabilidad, mantener niveles óptimos de fertilidad en suelo. A través de los análisis de absorción y extracción de nutrientes se pueden alcanzar valores más exactos de requerimientos nutricionales, lo que a su vez permitirá una mejora en la planificación y la programación del manejo de nutrientes. La absorción de los elementos se realiza en forma de iones.

La asimilación de nitrógeno es fundamental para síntesis de la clorofila y a su vez tiene un papel en el proceso de fotosíntesis. La deficiencia de este elemento puede generar clorosis y retrasos en el desarrollo del arroz. A diferencia del potasio este elemento es esencial en la nutrición de la planta y es transportado por medio de un APTasa de la membrana celular, su deficiencia puede generar quema en los bordes y tallos débiles. Por último, el fósforo es un elemento primordial que transfiere energía y participa en la división celular. Cada elemento es transformado y movilizado para poder ser aprovechado a lo se le denomina dinámica de adsorción de macroelementos.

### **3.3. Situaciones detectadas**

Es considerado que el 97 % del agua cumple la función de transportar los elementos o nutrientes disueltos a través de la planta el asciende por el sistema radicular hasta el área foliar. Al existir un déficit de humedad del suelo será mayor la cantidad de elementos no disponibles debido a que la planta requiere que los nutrientes se presentes disueltos para que puedan ser aprovechados y translocados hacia los lugares donde se metabolizaran. El riego en el cultivo de arroz es fundamental permitiendo que la dinámica de macroelementos sea eficiente.

En el caso del Nitrógeno este depende principalmente de la humedad del suelo, cuando se trata de suelos con exceso de agua se restringe la nitrificación,

debido a que las bacterias se encarga de realizar la transformación de amonio a nitrato y al haber exceso de humedad se limita la aireación del suelo obstaculizando este proceso bacteriano, por lo tanto el arroz requiere de suelos aireados para generar una dinámica de absorción equilibrada, permitiendo alcanzar el rendimiento potencial del cultivo sienta el manejo y el uso del agua indispensable para los macroelementos.

### **3.4. Soluciones planteadas**

Es fundamental controlar y mejorar el uso de agua con la finalidad de que los macroelementos puedan ser aprovechables y realizar estudios analíticos de suelo, la cual nos permitirán desarrollar un programa de fertilización equilibrada para lograr optimizar la producción. Es indispensable a su vez realizar un diagnóstico concreto sobre el estado nutricional de la planta. La aplicación de macroelementos permitirá compensar la deficiencia de nutrientes que existe en los suelos mejorando la producción y rendimiento. Mientras el suelo no presentes deficiencias o toxicidad de algún macroelemento el cultivo de arroz responderá fisiológicamente de forma correcta.

Entre las mejores alternativas para el manejo de los macroelementos se encuentra el riego programado que facilitara la dinámica de los elementos, es necesario aplicar el riego lo más temprano posible, cuando el arroz tiene 4 a 5 hojas durante entre 14 y 17 días después germinado por lo tanto al fertilizar en condiciones de riego tienden los elementos a volverse disponibles para su absorción. También se puede incorporar microorganismos como micorrizas que permitirán aprovechar los elementos de poca movilidad como en el caso del fosforo.

### **3. CONCLUSIONES**

De acuerdo con la investigación realizada y detallada se concluye lo siguiente.

1. La información detalla sobre la dinámica de absorción en los macronutrientes nos direcciona a investigar de manera más propicia como se mueven los elementos en el suelo sobre un cultivo bajo condiciones de riego donde son más aprovechables los nutrientes.
2. El efecto del riego influye de manera directa en la eficiencia de absorción de los macronutrientes en el cultivo de arroz, debido a que genera alteraciones en el suelo volviéndose cada nutriente disponible para que las plantas puedan asimilarlos.
3. Entre las alternativas que permiten potencializar los macronutrientes se encuentra el uso de riego y la incorporación de microorganismos que beneficien la fertilidad del suelo como el uso de micorrizas.

## 4. RECOMENDACIONES

Se recomienda.

1. Realizar estudios sobre la dinámica de absorción en cultivos de ciclo corto bajo condiciones de riego y seco, para determinar el aprovechamiento de los macro y microelemento disponibles en el suelo.
2. Bajo la investigación de este documento se recomienda efectuar sistemas de riego e incorporación de microorganismos con el fin de aprovechar los nutrientes y mejorar la absorción de estos.
3. Estudiar e investigar alternativas que mejoren la eficiencia sobre la dinámica de absorción de nutrientes, que favorezcan los rendimientos, producción y reducir las inversiones económicas en la aplicación excesiva de fertilizantes.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- AGQ. 2010. Extracción total y dinámica de absorción de nutrientes en el cultivo de espárrago verde (en línea, sitio web). Consultado 26 feb. 2019. Disponible en <http://www.agq.com.es/doc-es/extraccion-total-dinamica-absorcion-nutrientes-cultivo-esparrago-verde>.
- Barahona, L; Villarreal, J; Samaniego, R. 2018. Absorción de nutrientes de dos variedades de arroz en un suelo entisol bajosecano en Tonosí-Panamá. Revista Investigativa :56-74.
- Barbosa, J. 2015. Morfología planta arroz. Educativa (en línea, sitio web). Consultado 30 abr. 2019. Disponible en <https://es.slideshare.net/jorgeaugustobarbosaleguizamo/morfologia-planta-arroz>.
- Borrás, C; Franquet, J. s.f. Morfología y desarrollo de la planta de arroz la hoja. Agrícola (en línea, sitio web). Consultado 30 abr. 2019. Disponible en <http://www.eumed.net/libros-gratis/2006a/fbbp/2h.htm>.
- Camargo, I; Quirós, E; Zachrisson, B. 2012. Fenología de la planta de arroz y su importancia en el manejo integrado del cultivo (en línea). Neysa Garrido, M.Sc. Panamá, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 18 p. Consultado 29 abr. 2019. Disponible en <http://www.idiap.gob.pa/download/fenologia-de-la-planta-de-arroz-y-su-importancia-en-el-manejo-integrado-del-cultivo/?wpdmdl=1204>.
- CIMMYT. s.f. Movilidad de nutrientes (en línea, sitio web). Consultado 17 jun. 2019. Disponible en <http://wheatdoctor.org/es/movilidad-de-nutrientes>.
- Degiovanni, V; Berrío, L; Charry, R. s.f. Origen, taxonomía, anatomía y morfología de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.). Artículo de revisión :58.
- Dobermann, A; Fairhurst, T. 2005. Manejo del nitrógeno en el arroz (en línea). s.l., s.e. Consultado 30 abr. 2019. Disponible en [http://www.ipni.net/publication/ia-la-hp.nsf/0/F3F3E0A8D944DCDC852579A30074445F/\\$FILE/Manejo%20del%20Nitr%C3%B3geno%20en%20Arroz.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-la-hp.nsf/0/F3F3E0A8D944DCDC852579A30074445F/$FILE/Manejo%20del%20Nitr%C3%B3geno%20en%20Arroz.pdf).



- Enece. 2011. Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de arroz - Ejemplos. Informativa (en línea, sitio web). Consultado 30 abr. 2019. Disponible en <http://www.ejemplos10.com/e/requerimientos-edafoclimaticos-para-el-cultivo-de-arroz/>.
- FAO. s.f. Como usar esta Guía. Informativa (en línea, sitio web). Consultado 30 abr. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/3/y2778s/y2778s02.htm>.
- Fernández, R. s.f. Macro-, micronutrientes y metales pesados presentes en el suelo (en línea, sitio web). Consultado 17 jun. 2019. Disponible en [https://www.infoagro.com/documentos/macro\\_\\_\\_micronutrientes\\_y\\_metale\\_s\\_pesados\\_presentes\\_suelo.asp](https://www.infoagro.com/documentos/macro___micronutrientes_y_metale_s_pesados_presentes_suelo.asp).
- Fixen, P. 2014. Dinámica del fósforo en el suelo y en el cultivo en relación al manejo de los fertilizantes fosfatados. Investigativa (en línea, sitio web). Consultado 30 abr. 2019. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/228551560\\_DINAMICA\\_DEL\\_FOSFORO\\_EN\\_EL\\_SUELO\\_Y\\_EN\\_EL\\_CULTIVO\\_EN\\_RELACION\\_AL\\_MANEJO\\_DE\\_LOS\\_FERTILIZANTES\\_FOSFATADOS](https://www.researchgate.net/publication/228551560_DINAMICA_DEL_FOSFORO_EN_EL_SUELO_Y_EN_EL_CULTIVO_EN_RELACION_AL_MANEJO_DE_LOS_FERTILIZANTES_FOSFATADOS).
- Franquet, J; Borràs, C. s.f. Descripción general botánica del arroz. Informativa (en línea, sitio web). Consultado 30 abr. 2019. Disponible en <http://www.eumed.net/libros-gratis/2006a/fbbp/2a.htm>.
- Gruposacsa. 2016. Importancia del fósforo por las plantas (en línea, sitio web). Consultado 1 may 2019. Disponible en <http://www.gruposacsa.com.mx/importancia-del-fosforo-por-las-plantas/>.
- Ignacio del Rey. 2019. Análisis foliares | Macro elementos secundarios (en línea, sitio web). Consultado 17 jun. 2019. Disponible en <https://www.tiloom.com/analisis-foliares-macro-elementos-secundarios/>.
- INTAGRI. 2016. Forma química de absorción de Nitrógeno. Informativa (en línea, sitio web). Consultado 30 abr. 2019. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/formas-quimicas-de-absorcion-del-nitrogeno>.

- Intagri S.C. s.f. Las Curvas de Absorción de Nutrientes (en línea, sitio web). Consultado 30 abr. 2019. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-curvas-de-absorcion-de-nutrientes>.
- Manrique, J. 2014. Determinación de las fases fenológicas y fenométricas e índice de balance hídrico en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en condiciones de secano, cantón Portoviejo, Provincia de Manabí. (en línea). Investigativo. La Mana - Cotopaxi, Universidad Técnica de Cotopaxi. 51 p. Consultado 29 abr. 2019. Disponible en <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3531/1/T-UTC-00808.pdf>.
- Mariasg. 2013. El arroz. Características y preparación del suelo. | Agrotierra Blog. Informativa (en línea, sitio web). Consultado 30 abr. 2019. Disponible en <https://www.agrotierra.com/blog/descubrir/el-arroz-caracteristicas-y-preparacion-del-suelo/77166/>.
- Menendez, I. 2018. El arroz, origen, propiedades y beneficios (I) - Periódico Guerrillero | Pinar del Río, Cuba. Informativa (en línea, sitio web). Consultado 30 abr. 2019. Disponible en <http://www.guerrillero.cu/buen-provecho/3391-el-arroz-origen-propiedades-y-beneficios-i.html>.
- PRO-MIX. 2018. Rol del potasio en el cultivo de plantas. Informativa (en línea, sitio web). Consultado 1 may 2019. Disponible en <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-potasio-en-el-cultivo-de-plantas/>.
- Quintero, C. 2017. Fertilización para altos rendimientos de Arroz - Engormix. Informativa (en línea, sitio web). Consultado 30 abr. 2019. Disponible en <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/fertilizacion-altos-rendimientos-arroz-t40444.htm>.
- Rivera. 2013. Dinámica de los nutrientes en el suelo. Investigativa (en línea, sitio web). Consultado 30 abr. 2019. Disponible en <https://es.scribd.com/doc/131520824/Dinamica-de-los-nutrientes-en-el-suelo>.

- Rizo, E. 2010. Síntomas visuales de deficiencia de nutrientes: magnesio y nitrógeno. Publica (en línea, sitio web). Consultado 1 may 2019. Disponible en <https://www.hortalizas.com/nutricion-vegetal/sintomas-visuales-de-deficiencia-de-nutrientes-magnesio-y-nitrogeno/>.
- Rodríguez, M; Flórez, V. s.f. Elementos esenciales y beneficiosos. Investigativa (en línea, sitio web). Consultado 30 abr. 2019. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/143458034.pdf>.
- Rodriguez, R. 2013. Efecto de la aplicación de siete niveles de extracto de algas marinas sobre las características agronómicas y rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). (en línea). Investigativo. Guayaquil, Universidad de Guayaquil. 71 p. Consultado 29 abr. 2019. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/2695/1/ARROZ.pdf>.
- IPNI. (08 de SEPTIEMBRE de 2013). *IPNI*. Obtenido de Aspectos Básicos del Manejo del Nitrógeno: <http://mca.ipni.net/article/MCA-3033>
- Salinas, R. 2018. Macroelementos importantes para una alta productividad – Editorial de Riego. Publica (en línea, sitio web). Consultado 1 may 2019. Disponible en <https://editorialderiego.com/2018/07/macroelementos-importantes-para-una-alta-productividad/>.
- Sanchez, Y. 2014. Macro y micronutrientes de los suelos (en línea, sitio web). Consultado 17 jun. 2019. Disponible en <https://www.calameo.com/books/003601797c0490f3fe638>.
- Stoller Europe. 2018. El fósforo en la fertilización del arroz y otras consideraciones para optimizar su rendimiento (en línea, sitio web). Consultado 1 may 2019. Disponible en <http://fisiologiavegetal.es/2018/05/el-fosforo-en-la-fertilizacion-del-arroz-y-otras-consideraciones-para-optimizar-su-rendimiento/>.
- Dr. Fernando.O. Garcia. (16 de Febreo de 2016). *IPNI*. Obtenido de Calculo de requerimiento nutricionales: <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1024>
- Torres, M. s.f. Funcionamiento del K en el sistema suelo-planta. Investigativa (en línea, sitio web). Consultado 1 may 2019. Disponible en

<http://www.fertilizando.com/articulos/Funcionamiento%20del%20K%20en%20el%20sistema%20suelo-planta.asp>.

- Fernando O. Garcia. (11 de septiembre de 2018). *ipni*. Obtenido de Dinámica de nutrientes en el sistema suelo - planta: [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/8C93069B3977D5D68525797D0054DC75/\\$FILE/Paraguay%20Curso%20Sept%202008%20-%20Dinamica%20Nutrientes.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/8C93069B3977D5D68525797D0054DC75/$FILE/Paraguay%20Curso%20Sept%202008%20-%20Dinamica%20Nutrientes.pdf)
- U.D.I. Penonomé. 2012. Cultivo de arroz - fertilizacion. Informativa (en línea, sitio web). Consultado 30 abr. 2019. Disponible en <http://cultivodearrozoryzasativa.blogspot.com/2012/08/fertilizacion.html>.
- Unknown. 2012. La Producción de Arroz en el Ecuador | Educándonos en el Ámbito Económico. Educativa (en línea, sitio web). Consultado 30 abr. 2019. Disponible en <http://ambitoeconomico.blogspot.com/2012/10/la-produccion-de-arroz-en-el-ecuador.html>.
- Usca, I. 2015. Taxonomía del arroz. Informativa (en línea, sitio web). Consultado 30 abr. 2019. Disponible en <https://es.slideshare.net/IngridUsca/taxonomia-del-arroz>.
- Vidal, LDN. 2008. Importancia de los nutrientes en las plantas: macroelementos y microelementos (en línea, sitio web). Consultado 30 abr. 2019. Disponible en <http://nutrientesenlasplantasaea.blogspot.com/2008/11/macroelementos-y-microelementos.html>.