

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**APLICACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE BORO EN EL CULTIVO DE
ARROZ, Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO DE LA VARIEDAD
LAGUNA, EN LA FINCA ESPIGA DEL REY, CORREGIMIENTO DE CANTA
GALLO, DISTRITO DE ALANJE, PROVINCIA DE CHIRIQUÍ.**

ASESOR: ALEXIS SAMUDIO

PEDRO PABLO PALACIO PINZÓN

4-758-583

II SEMESTRE

2017

**APLICACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE BORO EN EL CULTIVO DE
ARROZ, Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO DE LA VARIEDAD
LAGUNA, EN LA FINCA ESPIGA DEL REY, CORREGIMIENTO DE CANTA
GALLO, DISTRITO DE ALANJE, PROVINCIA DE CHIRIQUÍ.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO EN MANEJO DE CUENCAS Y AMBIENTE**

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE INGENIERIA AGRÍCOLA

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOAL O PARCIAL DEBE
SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

APROBADO:

PROF. ING. ALEXIS SAMUDIO -----

DIRECTOR

PROFA. ING. FELICITA GONZALEZ -----

ASESOR

PROF. ING. ARIEL JAÉN -----

ASESOR

DAVID, CHIRIQUÍ

REPUBLICA DE PANAMÁ

2017

AGRADECIMIENTO

La vida universitaria es una etapa que conlleva de mucho interés, esfuerzo y dedicación, es por ello que agradezco primeramente a Dios quien puso en mí, todas aquellas bendiciones y cualidades que me permitieron culminar la carrera en Ingeniería en Manejo de Cuencas Hidrográficas y Ambiente; seguidamente agradezco a mi madre Edith Pinzón y a mi padre Pedro Palacio; quienes han sido dos personas bases en mi formación educativa, agradezco por su apoyo incondicional y por sus motivaciones que han sido de suma importancia en la finalización de mi carrera.

También agradezco a mis sobrinos Rolando Josué y María Alejandra, quienes en gran forma participaron en la determinación que obtuve para cumplir con el objetivo.

Agradezco enormemente a Gabriela por poner en mí la confianza, el cariño y el apoyo que se necesita para convertirse en un profesional.

De igual forma agradezco a mi profesor guía de tesis Ing. Alexis Samudio; por el gran apoyo, interés y por el conocimiento brindado en el desarrollo del trabajo.

Por último agradezco a la Profa. Ana María por su apoyo y al Sr. Reynaldo Morales e hijo Ing. Víctor Morales por su colaboración en la realización del trabajo de investigación.

Pedro Palacio

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA

AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CUADRO.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
Introducción.....	1
Antecedentes	4
Justificación	7
Objetivo.....	8
General.....	8
Específicos	8
Hipótesis	9
Hipótesis alternativa	9
Hipótesis nula	9
Alcances y limitaciones.....	9
Alcances	9
Limitaciones.....	10
CAPÍTULO I	12
1. Marco teórico.....	12
1.1. Morfología y requerimientos edafoclimáticos del cultivo de arroz.	12
1.2. Fases de desarrollo del cultivo de arroz.....	13
1.3. Selección de semilla, fecha y densidad de siembra del arroz.	14
1.4. FEDEARROZ.....	16
1.5. Variedad de arroz Lagunas cl.	17
1.6. Arroz rojo causante de bajos rendimientos en la variedad de arroz Laguna.	17
1.7. Boro.....	18
1.8. Boro en la fertilización foliar de cultivos	19
1.9. Boro como nutrimento esencial.....	20

1.10. Bórax.....	23
CAPÍTULO II	24
2. Marco metodológico	24
2.1. Localización del área de estudio.	24
2.1.1. Localización.....	24
2.1.2. Relieve.....	24
2.1.3. Clasificación agrológica de los suelos del área.	25
2.1.5. Clima.	26
2.1.6. Zona de Vida.	26
2.1.7. Vegetación.....	26
2.2. Metodología	27
2.2.1. Muestreo de suelo	27
2.2.2. Establecimiento de parcela	27
2.2.3. Tratamientos.....	28
2.2.5. Muestreo de parcelas.....	31
2.2.6. Análisis de muestras foliares.	32
2.2.7. Parámetros evaluados.....	33
CAPÍTULO III	34
3. RESULTADOS	34
3.1. Absorción de boro en dos estados de crecimiento.....	34
3.2. Rendimiento de la variedad Laguna.....	38
3.3. Peso de cien granos de arroz.	41
CONCLUSIONES.....	43
RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
ANEXOS	54

ÍNDICE DE CUADRO

CUADRO		PÁG.
I	Tratamientos de boro aplicados a la variedad Laguna, en la finca Espiga del Rey Canta Gallo 2017.....	29
II	Absorción de boro en dos etapas de crecimiento en el cultivo de arroz en la finca Espiga del Rey Canta Gallo 2017.....	35
III	Concentración de boro en el cultivo de arroz, variedad Laguna, en la finca Espiga del Rey Canta Gallo 2017.....	36
IV	Rendimiento de la variedad Laguna en presencia de diferentes tratamientos de boro, en la finca Espiga del Rey Canta Gallo 2017.....	38
V	Peso de cien granos de arroz, variedad Laguna, en la finca Espiga del Rey Canta Gallo 2017.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁG.
1.	Rendimiento de la variedad Laguna, en presencia de diferentes tratamientos de boro, en la finca Espiga del Rey Canta Gallo 2017.....	40

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁG.
1	Muestreo de suelo y marcación de las parcelas en la finca Espiga del Rey, corregimiento de Santa Gallo.....	54
2	Pesado, secado y molienda de las muestras foliares.....	55
3	Análisis químico de muestra foliares.....	56

APLICACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE BORO EN EL CULTIVO DE ARROZ, Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO DE LA VARIEDAD LAGUNA, EN LA FINCA ESPIGA DEL REY, CORREGIMIENTO DE CANTA GALLO, DISTRITO DE ALANJE, PROVINCIA DE CHIRIQUÍ.

Palacio Pinzón, P. P. 2017. Aplicación de diferentes niveles de boro en el cultivo de arroz, y su efecto en el rendimiento de la variedad Laguna, en la finca Espiga del Rey, corregimiento de Canta Gallo, distrito de Alanje, provincia de Chiriquí. Tesis de Ing. en Manejo de Cuencas y Ambiente. Chiriquí, Panamá, Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 63 p.

RESUMEN

El arroz es un cultivo que posee una alta demanda en los países latinoamericanos, sin embargo la baja fertilidad que presentan los suelos de algunos de estos países influye en los bajos rendimientos. Desde hace muchos años Panamá cuenta con importantes productores que se dedican a la producción del cultivo de arroz; Chiriquí es una de las provincias que mayor aporte hace, cumpliendo con la demanda existente a nivel nacional. En la provincia de Chiriquí se encuentra el distrito de Alanje, el cual cuenta con grandes extensiones de terrenos dedicadas a este tipo de actividad; dentro de este distrito se sitúa el corregimiento de Canta Gallo en donde se encuentra la finca Espiga del Rey; la cual, se dedica a dos tipos de actividades agropecuaria la ganadería y a la producción de arroz; sin embargo, en los últimos años estos productores han ido presentando problemas relacionados al vaneamiento de granos. Considerando esta problemática, en la finca Espiga del Rey se establece una investigación en donde se busca aplicar diferentes tratamientos de boro sobre la variedad de arroz Laguna. Para la aplicaciones de boro sobre estos suelos, se utilizaron cuatro repeticiones y seis tratamientos de diferentes cantidades las cuales son: 1 kg B ha^{-1} , $1.25 \text{ kg B ha}^{-1}$, 1.5 kg B ha^{-1} , $0.25 \text{ kg B ha}^{-1}$ y $0.50 \text{ kg B ha}^{-1}$. Para el análisis de las concentraciones de boro en la parte foliar de la planta, se realizaron dos muestreos; el primero realizado a los 45 días después de la siembra y el segundo a los 60 días después de la siembra, los resultados reflejan que el mayor contenido de boro fue obtenido en el segundo muestreo foliar con 9.6 ppm. De igual manera el tratamiento del cual se obtuvo un mejor rendimiento en la variedad de arroz Laguna es el de 1.5 kg B ha^{-1} , dando un resultado de 7826.7 kg/ha. En cuanto a mayor peso de cien granos, se encontró que el mejor resultado corresponde al tratamiento de 1 kg B ha^{-1} , con 3.1 g.

Palabras claves: niveles de boro, cultivo de arroz, micronutrimiento, rendimiento, variedad laguna, bórax.

APLICACION OF DIFFERENT LEVELS OF BORON IN RICE CULTIVATION, AND IT'S EFFECT ON THE PERFORMANCE OF THE LAGUNA VARIETY, IN THE ESPIGA DEL REY ESTATE, IN THE SMALL TOWN OF CANTA GALLO, ALANJE DISTRICT, PROVINCE OF CHIRIQUÍ.

Palacio Pinzón, P. P. 2017. APLICACION OF DIFFERENT LEVELS OF BORON IN RICE CULTIVATION, AND IT'S EFFECT ON THE PERFORMANCE OF THE LAGUNA VARIETY, IN THE ESPIGA DEL REY ESTATE, IN THE SMALL TOWN OF CANTA GALLO, ALANJE DISTRICT, PROVINCE OF CHIRIQUÍ. Thesis ing. watershed and environment management. Chiriquí, Panamá, Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 63 pages.

ABSTRACT

Rice is a crop with a high demand in Latin American countries, However, the low fertility of the soils of some of these countries influences the low yield in crop production and productive losses that occurs in this type of activity. For many years Panama has important rice producers. Chiriquí is one of the provinces that contributes the most to this production, meeting the current national demand. Within the province of Chiriquí, it is the district of Alanje, with large tracts of land dedicated to this type of activity; within this district lies the small town of Canta Gallo, where you can find the *Espiga del Rey Estate*. This estate is dedicated to two types of agricultural activities: livestock farming and rice production of several varieties. However, in recent years these producers have been presenting problems related to grain diseases. Considering this problem, an investigation is made in the Espiga del Rey Estates in order to apply different boron treatments to the variety of rice Laguna. To develop the investigative process of the rice soils on this zone, four replicates and six treatment were used. It is important to mention that as a source of boron, it was selected a borax fertilizer, with an 11.5% boron; However, the quantities of boron applied are based on the treatments 1 kg B ha⁻¹. For foliar analysis, two samples were made: the first 45 days after the sowing and the second, 60 days later. The results show that the higher content of boron was obtained from the second foliar sampling with 9.6 ppm. Likewise, the treatment with a better performance in the variety of rice Laguna is 1.5 kg B ha⁻¹, with a result of 7826.7 kg/ha. In terms of greater weight of one hundred grains, the best result corresponds to the treatment of 1 kg B ha⁻¹, with 3.1 g.

Key words: boron levels, rice cultivation, performance, micronutrient, variety Laguna, borax.

Introducción

Las plantas como organismos autótrofos, requieren de muchos factores que permitan completar de manera natural sus fases de crecimiento y desarrollo, uno de estos factores son los macro y micro nutrientes que se encuentran disponibles en el suelo en diversas cantidades; estos son obtenidos por las plantas por medio del sistema radicular. Algunos de los micro nutrientes que son de suma importancia para el adecuado crecimiento de las plantas y que se encuentran en cantidades variadas podemos encontrar los siguientes: hierro, manganeso, zinc, boro, cobre y silicio.

El boro es un micronutriente que generalmente se encuentra en cantidades relativamente bajas; sin embargo, es un nutriente que desempeña un papel importante e influyente; ya que, en condiciones adecuadas permite un mejor crecimiento y desarrollo en las plantas. El boro tiene una importante función en el metabolismo de los cultivos; debido a que es uno de los elementos encargados de mantener un equilibrio deseado entre el azúcar y el almidón que existe en la parte interna de la planta, también se encarga de la transferencia de azúcar y de agua que la planta realiza en su estructura interna; de esta manera es importante que esas pequeñas pero requeridas cantidades de boro se tengan presente en cada plantación o siembra de un cultivo.

El boro es un elemento que interactúa biológicamente con las plantas, sin embargo en el cultivo de arroz este micronutriente desempeña un rol importante, la cual contribuye en la formación del grano; es importante mencionar que el boro es poco

móvil en las plantas, lo que indica que las partes de crecimiento de las plantas que se ven afectadas por la falta de translocación del elemento son las hojas más jóvenes del cultivo; es por esto que para presenciar de forma visual la falta de boro en el cultivo de arroz se torna complicado; ya que, algunos de los síntomas de las plantas en cuanto a la deficiencia del elemento es el color blanquecino presente en el ápice de las hojas jóvenes y el enrollamiento de sus puntas.

Chiriquí es una de las provincias que desde muchos años se dedica a la producción de arroz y que a su vez se encarga de satisfacer en gran parte la demanda existente por este alimento a nivel nacional; una zona en donde se cultiva este tipo de grano, es en la Fina Espiga del Rey ubicada específicamente en el corregimiento de Canta, Gallo, distrito de Alanje, en los últimos años ha sido afectada por la existencia y persistencia del arroz rojo lo cual es un tipo de maleza invasora y competitiva la cual trae consigo pérdidas que se ven reflejadas en la disminución del rendimiento del cultivo.

El Ministerio de Desarrollo Agropecuario (2017), resalta que Chiriquí es la zona responsable del 35% de la producción de arroz del país y que a la fecha se registran 13,889 hectáreas, de las cuales 556 ya han sido cosechadas.

Los productores del área introducen en campo una variedad de arroz más resistente y que genéticamente ha sido creada como una alternativa para el control del arroz rojo y el vaneamiento de la panícula; esta es la variedad Fedearroz Laguna CL, creada por la Federación Nacional de Arroceros de Colombia. (Fedearroz; 2011).

Planteamiento del problema

El arroz es una de las plantas que requiere de muchos factores ambientales necesarios para completar su ciclo metabólico; de la misma forma necesita de un manejo adecuado que permita mejorar la eficiencia y productividad del cultivo, y así mejorar su rendimiento y a la vez minimizar las cantidades de granos vanos que en muchos de los caso está influenciado por la disponibilidad de boro.

Teniendo en cuenta que el boro es un micronutriente esencial para realizar el proceso de polinización y formación de granos y semillas, y que su deficiencia en ocasiones es relacionada con los bajos rendimientos producto del vaneamiento, podemos mencionar que la finca arrocera ubicada en el corregimiento de Canta Gallo, distrito de Alanje, en sus últimos años ha presentado disminución en el rendimiento de la producción de arroz, lo cual es achacado al vaneamiento del grano; es importante mencionar que el vaneamiento no es más que aquella enfermedad que impide que la panícula o las espiga de arroz, como es conocida por muchos agricultores se llene de granos

El boro es absorbido por la planta de arroz en forma de ácido bórico H_3BO_3 ; sin embargo, el contenido total o las cantidades apropiadas de este micro nutriente puede ser relevante para la translocación del mismo hacia las partes más jóvenes de la planta, pese a esta situación la acumulación del boro en las hojas o el transporte hacia las zonas de crecimiento de la planta va a depender de los niveles de ácido bórico que se encuentra disponible en el suelo. De la misma forma, se puede mencionar que la absorción de boro por las plantas es controlada por el nivel del boro en la solución del suelo, más que por el contenido total del este micro

elemento; también es preciso mencionar que el movimiento del boro en la planta se ve influenciado por agua; ya que, esta se encarga de transportarlo hacia los tejidos de las plantas y a la vez acumularlo en las hojas, por lo tanto la absorción y la acumulación del boro va a depender en cierta forma de la tasa de transpiración de la planta de arroz.

Antecedentes

Barzola, J. (2012), expresa que la variedad de arroz Laguna, es una gramínea anual, de tallos redondos y huecos compuestos de nudos y entrenudos, hojas de lámina plana unidas al tallo por la vaina y su inflorescencia es en panícula. Además comenta que esta variedad de arroz sale al mercado a mediados de los años 1988, y que es una planta que posee un rápido crecimiento inicial y un alto potencial de rendimiento en su producción y que a su vez el ciclo vegetativo de esta variedad oscila entre los 115 y 130 días. De igual manera la planta posee un tallo fuerte y flexible la cual la hacen una especie de arroz resistente al vuelco; su hoja es erecta y presenta senescencia tardía; el vaneamiento es de 12 a 25% compensado por grandes cantidades de granos por panícula.

Rodríguez, J. (1999), indica que los factores climáticos de mayor importancia para el adecuado desarrollo y producción de la planta de arroz son la luminosidad, temperatura y precipitación. Este autor menciona que en Costa Rica el arroz se cultiva desde el nivel del mar hasta los 850 msnm y que el factor que represente

mayor importancia para este cultivo es el factor lluvia; ya que, requiere de un buen suministro de agua durante la germinación, macollamiento, prefloración, floración y en la primera mitad de la fase de maduración.

Cardoza y Gonzales (2004), señalan que mediante un estudio realizado en Managua, Nicaragua las variedades que maduran en más o menos 110 y 135 días usualmente alcanzan mejores rendimientos que aquellas que los hacen más pronto o más tarde. De igual forma añaden que en el trópico de maduración fluctúan entre los 60 a los 160 días y que las variedades tardías son apropiadas para las áreas donde las fuertes lluvias durante la estación del cultivo impiden las cosechas de variedades tempranas.

Salas (2002), resalta que el flujo de nutrimentos en el sistema suelo-planta está en función del ambiente, la planta, manejo, factores socioeconómicos, y está gobernado por una serie de complejas interacciones entre las raíces de las plantas, microorganismos, reacciones químicas y diferentes vías de movimientos. La cantidad de nutrimentos en la planta depende de los procesos que se llevan a cabo en el suelo, lo que implica que cuando la disponibilidad excede a la demanda, varios procesos actúan para evitar dicho exceso. Dichos procesos incluyen transformaciones por microorganismos tales como nitrificación, desnitrificación, inmovilización, fijación, precipitación, hidrólisis, así como procesos físicos tales como lixiviación y volatilización.

Malavé, A. (2000) citando a Hu y Brown, menciona que el boro es absorbido por las raíces, a partir de la solución del suelo, principalmente como ácido bórico no disociado como resultado de un proceso no metabólico pasivo. También cita a Guapa, que expresa que el boro absorbido y desorbido por los suelos varía extensivamente de acuerdo con el contenido de sus constituyentes; en su mayoría minerales de arcilla, óxidos y materia orgánica.

El autor anteriormente mencionado destaca que a medida que aumenta el pH del suelo, disminuye la disponibilidad de boro para las plantas, debido a que el ácido bórico como el borato no solo tienen diferentes afinidades para ser absorbidos del suelo sino también a que sus proporciones en el equilibrio varían con el pH del suelo. El boro (B) y el zinc (Zn) se mencionan entre los micronutrientes más a menudo citados como factibles de producir disminuciones de rendimientos en situaciones de deficiencias y, a su vez, relativamente fáciles de corregir por medio de fertilizaciones logrando aumentos económicos de rendimientos. El boro es uno de los micronutrientes que provoca deficiencias más frecuentes en cultivos como el maíz. (Melgar et al, 2001).

Brito, D. (2012), señala que la nutrición es el suministro y absorción de aquellos elementos químicos nutrimentales que requiere un organismo. La nutrición vegetal consta de tres aspectos químicos esenciales; cantidad, disponibilidad y balance de los elementos nutrimentales. Brito, D. (2012), citando a Von Liebig comenta que los suelos no contienen los elementos nutritivos en proporciones exactas que la planta

requiere y por consiguiente el rendimiento se alinea según el elemento más deficiente.

De igual manera el mencionado autor sustenta que los elementos necesarios para el cultivo de arroz, son compuestos inorgánicos simples, esenciales para su crecimiento, y que no pueden ser sintetizados por las plantas durante sus procesos metabólicos normales; sin embargo para la nutrición del cultivo de arroz existen 16 elementos esenciales, las cuales se dividen en macro elementos y micro elementos, las cuales deben estar en cantidades optimas y asimilables para las plantas; resaltando que los micro nutrimentos otorgan a las plantas resistencia al estrés abiótico, así como de plagas y enfermedades.

Justificación

Considerando las funciones del boro en el cultivo de arroz, estando presente como deficiente en el suelo y a su vez tomando en cuenta la problemática que afecta la finca Espiga del Rey, la cual es una zonas en donde se lleva a cabo la producción de diferentes variedades de arroz, se hacen necesarias el estudio que tengan como norte establecer una serie de ensayos y aplicar diversas dosis de boro sobre el cultivo de arroz y así obtener los niveles más adecuados para la variedad laguna y contrarrestar los problemas que afectan esta finca, las cuales son causantes de las perdidas productivas y de los bajos rendimientos.

El boro en muchos casos es utilizado como fertilizante foliar especialmente en las etapas de maduración del grano, sin embargo la incorporación de este micronutriente en el suelo mejora el desarrollo del sistema radicular de la planta de arroz esto implica un crecimiento y una nutrición más apropiada durante el ciclo vegetativo de las diferentes variedades de arroz.

De esta forma es preciso mencionar que la aplicación de boro en el arroz, podría ser una alternativa para la solución de los problemas referentes a las pérdidas productivas a causa del vaneamiento del arroz. Es importante mencionar la importancia de un previo análisis de suelo, que permita conocer las cantidades de los micronutrientes que se encuentran en el suelo.

Objetivo

General

- Aplicar diferentes niveles de boro en el cultivo de arroz, variedad Laguna, en la finca Espiga del Rey, corregimiento de Canta Gallo, distrito de Alanje, provincia de Chiriquí.

Específicos

- Determinar el efecto de las diferentes dosis de boro en el peso de granos y rendimiento de la variedad de arroz Laguna.
- Analizar el contenido de boro a través del desarrollo del cultivo de arroz, bajo diferentes dosificaciones de boro.

- Sugerir la dosis de boro más apropiada para la variedad de arroz Laguna.

Hipótesis

Hipótesis alternativa

La poca disponibilidad de boro que presentan los suelos de la finca Espiga del Rey corregimiento de Canta Gallo, afectan negativamente el rendimiento en la producción de arroz en la variedad Laguna.

Hipótesis nula

La poca disponibilidad de boro que presentan los suelos de la finca Espiga del Rey corregimiento de Canta Gallo, no afectan negativamente el rendimiento en la producción de arroz en la variedad Laguna.

Alcances y limitaciones

Alcances

El propósito de ejecutar una aplicación de diferentes niveles de boro para el cultivo de arroz es lograr que, tanto los productores de la región como los de otras áreas, puedan conocer que la disponibilidad de este micronutriente en el suelo permite al cultivo obtener un buen desarrollo; de igual forma la disponibilidad de boro logra mantener un equilibrio entre el almidón y los azúcares, lo que a su vez contribuye con las mejoras en la formación del grano y con la reducción de pérdidas tanto productivas como económicas a causa del vaneamiento. De igual forma, dicha

investigación tiene como propósito lograr que los datos obtenidos en campo sean confiables para garantizar a los productores que la dosificación correcta de boro traería consigo mejoras en el rendimiento del cultivo y en la fertilidad del suelo.

Es importante mencionar que la mayoría de los productores fijan su atención hacia los macronutrientes disponible para las plantas; sin embargo, con este estudio se pretende lograr que los micro nutrientes posean la misma importancia; ya que, en muchos casos, existen problemáticas en el cultivo de arroz que es atribuida a la deficiencia y a la poca disponibilidad que presentan los suelos arroceros.

Como se ha mencionado anteriormente el boro como micronutriente desempeña un papel significativo en llenado del grano; de esta manera se puede conocer el aporte que los micronutrientes ejercen en la obtención de altos rendimientos.

Limitaciones

Para la determinación de los niveles adecuados de boro existen algunas situaciones limitantes que deben ser tomadas en cuenta para mejorar la eficiencia en la obtención de los resultados; una de éstas es la dificultad que existe al momento de ejecutar en campo los diferentes ensayos que se requieren para la recopilación de datos, otra limitante y de gran consideración es la aplicación del fertilizante; ya que, las dosis establecidas para cada tratamiento serán en cantidades muy bajas, por lo tanto se torna muy difícil de distribuir equitativamente sobre el terreno; debido a esto se requiere de una dilución adecuada del producto para posteriormente ser asperjado. También es importante mencionar que la escasa información y la

adopción de la práctica por parte de los productores de arroz es otra limitante que impide la utilidad del boro dentro de los programas de fertilización.

CAPÍTULO I

1. Marco teórico

1.1. Morfología y requerimientos edafoclimáticos del cultivo de arroz.

El arroz es una gramínea anual, de tallos redondos y huecos compuestos por nudos y entrenudos, hojas de láminas planas unida al tallo por la vaina y su inflorescencia una panícula. El tamaño de la planta varía de 0.4 m hasta más de 7.0 m. Los órganos de esta planta se han clasificado en dos grupos diferentes, los órganos vegetativos los cuales a su vez están conformados por las raíces, tallos y hojas; y los órganos reproductores, en donde se encuentran las flores y semillas. (CIAT, 2005).

Por su parte AGRI-NOVA (s.f.), menciona que el arroz es una monocotiledónea perteneciente a familia poaceae, la misma posee raíces delgadas y fasciculadas; sin embargo en esta planta se pueden distinguir dos tipos de raíces, las seminales que son aquellas que se originan de la radícula y que están temporalmente en la planta y las raíces adventicias secundarias las cuales son ramificadas y que se forman a partir de los nudos inferiores de tallos jóvenes, estas raíces adventicias sustituyen a las raíces seminales convirtiéndose en raíces permanentes; su tallo es conformado por nudos y entrenudos; sus hojas son alternas. Las flores de esta planta son de color verde dispuestas en espiguillas la cual constituyen una panoja grande y colgante después de la floración; su inflorescencia es una panícula que se sitúa sobre el vástago terminal.

El estudio de los requerimientos climáticos tanto para el maíz, frijoles, sorgo y arroz; facilitan la obtención de niveles de producción más altos y puede reducir significativamente la necesidad de cultivar tierras marginales. La consideración más importante es la cantidad y época de la disponibilidad de agua; por lo tanto la producción máxima o rendimiento óptimo de granos se obtiene cuando la cantidad de agua usada en la transpiración de las plantas es igual al potencial máximo para el uso de agua. (Hargreaves, 1980).

Los requerimientos edafoclimáticos que son considerados para la realización de las prácticas del cultivo de arroz se destacan: el clima, temperatura, suelo, pH. Este es un cultivo tropical y subtropical; que puede ser cultivado desde el nivel del mar hasta los 2.500 msnm de altitud. Su temperatura mínima para su germinación es alrededor de 3°C y 10°C y su máxima oscila entre 30 y 35°C. Es importante mencionar que la espiga comienza a formarse unos treinta días antes del espigado y siete días después de comenzar su formación alcanza unos 2 mm de crecimiento. Los suelos utilizados para cultivar arroz van desde textura arenosa a arcillosa. (AGRI-NOVA, SF).

1.2. Fases de desarrollo del cultivo de arroz.

La fase vegetativa de este cultivo dura entre los 55 y 60 días; y comprende desde la germinación hasta la aparición del primordio floral; en esta fase se puede determinar el número de espigas por planta y es la fase que diferencia una variedad de otra. Otra fase es la reproductiva que comprende desde la aparición del primordio floral

hasta la formación de la panícula; esta fase dura entre 35 y 40 días. La fase de madurez abarca desde la emergencia de la panícula hasta la cosecha y posee una duración de 30 a 40 días. (SAG; 2003, DICTA; 2003).

Degiovanni, et al (2004), desarrollaron un trabajo de investigación en el municipio de Montería; Colombia, en donde se evaluaron el comportamiento fisiológico y rendimiento de las variedades Fedearroz 50, Fedearroz 2000, y Colombia XXI. Las etapas de crecimiento de cada variedad se midieron desde la etapa 00 a la 90. En la etapa 00, inicia desde la germinación a emergencia de la planta; la 10 comprende el estado de la plántula; en la etapa 20, el macollamiento se determinó apenas nació el primer hijo; etapa 30, comprende la elongación del tallo; la etapa 40, da lugar a la iniciación de la panícula; la 50, comienza a partir del desarrollo de la panícula; etapa 60, floración; etapa 70, se midió el tiempo del grano del estado lechoso a pastoso; etapa 80, finalización de la fase lechosa; etapa 90, comprende la maduración.

1.3. Selección de semilla, fecha y densidad de siembra del arroz.

De la selección de una semilla de muy buena calidad depende en gran medida el éxito de un proyecto arrocero; es importante mencionar que con una buena semilla se garantiza un buen porcentaje de germinación y un buen crecimiento de las plántulas; lo que posteriormente conlleva a tener un cultivo con un buen desarrollo a su vez evitar el crecimiento de malezas invasoras como lo es la caminadora y el arroz rojo. Con respecto a la densidad de siembra es importante mencionar que una

adecuada cobertura del cultivo de arroz se logra con 150 a 300 plantas de arroz por metro cuadrado; con esta densidad de siembra se logra de igual manera un control hacia las malezas; La cantidad de semilla a utilizar en un área determinada dependerá entonces de varios factores: como la variedad, el método de siembra, el sistema de cultivo, la calidad de la semilla, la fertilidad del suelo. (SAG, 2003; DICTA, 2003).

La fecha de siembra apropiada para el cultivo de arroz, depende básicamente del sistema de cultivo que el productor utilice. En cultivos de secano las siembras del cultivo de arroz, están determinadas por el inicio de la época lluviosa. Siendo así, se recomienda realizar la siembra con las primeras lluvias, en los meses de mayo y junio, aprovechando que la temperatura del suelo es favorable para lograr una germinación uniforme y un buen desarrollo del cultivo. (SAG, 2003; DICTA, 2003).

Mazuera, y Neiera. (2009), mencionan que la fecha de siembra es un factor que influye directamente sobre los rendimientos en el cultivo y es gracias a la radiación solar, la cual presenta variaciones durante todo el año. Cabe destacar que la utilización de semillas certificadas es un componente importante en el manejo para la alta productividad, sin embargo emplear altas densidades de siembra provocan plantas débiles, susceptibles al volcamiento y a los ataques de enfermedades; no obstante si se cuenta con una densidad de siembra de 80 a 100 kg de semilla/ha, se pueden obtener altos rendimientos

1.4. FEDEARROZ.

La Federación Nacional de Arroceros de Colombia es una asociación compuesta por diversos productores de arroz, la cual ha sido de gran apoyo para miles de agricultores a lo largo y ancho del país, quienes han obtenido grandes beneficios en la producción de arroz y mejoras en calidad de vida. (FEDEARROZ, 2011).

Con base en las necesidades y problemas que presentan los agricultores que se dedican a la producción de arroz, la federación nacional de arroceros se dedica a la realización de experimentos y prácticas que permitan solucionar problemas referente a malezas, enfermedades, manejo de suelos, mejor eficiencia de riego y a la obtención de nuevas variedades que mejoren los rendimientos en la producción de arroz y así mejorar la situación económica de los productores afectados. (FEDEARROZ, Sf.).

Esta asociación tiene como finalidad trabajar en el mejoramiento genético para tener cada vez mejores variedades; cada año los investigadores evalúan unos 9.000 materiales y realizan unos 200 ensayos de manejo agronómico en las áreas de suelos, aguas, plagas, enfermedades, fisiología de arroz, y manejo de malezas, para establecer un mejor manejo para cada variedad en las condiciones ambientales de cada región arrocera. (FEDEARROZ, 2011).

1.5. Variedad de arroz Lagunas cl.

La Federación Nacional de arroceros de Colombia (2011), señala que el 30 de Junio del mismo año se realizó el lanzamiento de la nueva variedad Fedearroz Lagunas y que es una variedad genéticamente mejorada y que en conjuntos con algunos agroquímicos contribuiría al control del arroz rojo.

De esta forma los participantes pudieron conocer el origen genético, las características agronómicas, la tolerancia a enfermedades, el potencial de rendimiento que tendría la nueva variedad. Los agricultores presentes en el evento reconocieron las bondades del sistema y la variedad y la consideraron como una herramienta útil para ser incorporada en el sistema de producción arroceras en la región de los llanos orientales especialmente en aquellos lotes que presentan altas infestaciones de arroz rojo. (FEDEARROZ, 2011).

1.6. Arroz rojo causante de bajos rendimientos en la variedad de arroz Laguna.

El arroz rojo es una especie de arroz que debe su nombre al color rojizo que presenta el pericarpio o cubierta de la semilla. Esta planta pertenece a la misma familia y género que el arroz cultivado *Oryza sativa* L; sin embargo se le considera una de las malezas más perjudiciales en todas las regiones arroceras del mundo.

Como toda maleza, el arroz rojo compite con el arroz cultivado por los recursos agua, nutrimentos y espacio, disminuyendo su productividad y afectando el rendimiento y la calidad del arroz que representa interés para el productor.

(Chilian y Lisboa S.F).

El arroz rojo, es una maleza difícil de eliminar, infesta el cultivo de arroz comercial. Sin embargo, se puede controlar con un enfoque de manejo integrado que convine practicas preventivas, culturales, mecánicas, biológicas y químicas. El éxito en el control del arroz rojo radica en la rotación de cultivos donde se siembren cultivos de secanos y en surcos, entre un cultivo de arroz y otro, en diferentes estaciones. Es importante mencionar que el uso combinado de herbicidas y prácticas de cultivo es esencial para controlar con éxito el arroz rojo durante la estación de cultivo.

(Smith, 1984).

1.7. Boro

El boro es un elemento único en muchos aspectos. Su química es sorprendentemente distinta de la del aluminio que es el elemento siguiente de su grupo y no es particularmente parecido a sus vecinos berilio y carbono; un grupo poco frecuente de compuestos es el constituido por sus hidruros de igual forma el boro es un sólido oscuro, muy duro, de elevado punto de fusión y semiconductor.

(Johnson; S.F).

Kass, (1998), indica que actualmente este micronutriente es analizado con mayor frecuencia en los suelos. Se extrae con agua caliente pero también se utiliza otros extractantes. La deficiencia de boro (B) se encuentra en suelos ácidos, de textura liviana; sin embargo si un suelo tiene altos niveles de boro, el encalado puede disminuir los síntomas de toxicidad. Aparentemente las plantas crecen en forma normal cuando existe un balance adecuado en la absorción de calcio y boro por parte del sistema radicular de la planta.

1.8. Boro en la fertilización foliar de cultivos

Bravo (1957), menciona que la cantidad de boro en la planta es variable de acuerdo con la especie, así como también varía la cantidad presente en los distintos órganos del vegetal. En la planta el contenido de este micronutriente es mayor en las hojas que en la raíz, tallo y frutos; en la semilla está distribuido en todas sus partes.

Las funciones del boro en la nutrición de la planta y el efecto en ella, es objeto de múltiples investigaciones debido a su importancia para el crecimiento foliar; algunos de los efectos atribuidos del boro son: actuar como regulador de la relación potasio/calcio, interviene para mantener el equilibrio oxidación- reducción de las células y aunque no reemplaza al calcio puede retardar los efectos de una deficiencia de este elemento. (Bravo, 1957)

Molina (2002), menciona que el boro también desempeña una función importante en el transporte de azúcares y otros compuestos orgánicos desde las hojas a los frutos.

La mayoría de los cultivos frutícolas son sensibles a la deficiencia de boro; algunos de estos son: café, cítricos, papaya, maracuyá, tomate. Esta la deficiencia causa que las hojas jóvenes se deformen y que a su vez esas se tornen de color amarillo específicamente central y lateral.

El mismo autor expresa que las hojas más viejas se enrollan y deforman. Se produce muerte de ramas y formación de yemas vegetativas, acortamiento de entrenudos en las ramas de los árboles; de igual La deficiencia de boro produce paralización del crecimiento de los ápices radiculares y bajas en calidad de los frutos. Es importante mencionar que la aplicación foliar de boro resulta muy efectiva y económicas y que las fuentes más utilizadas por lo general son las sales de borato de sodio y el ácido bórico.

1.9. Boro como nutrimento esencial.

El boro es absorbido por las plantas principalmente bajo la forma de ácido bórico, sin embargo este micro elemento es relativamente poco móvil en el interior de las plantas. Si el boro no se desplaza con facilidad desde las hojas basales, presenta algunos síntomas en las partes más jóvenes de las plantas, como: reduce el crecimiento con la muerte en la yema terminal, las hojas más jóvenes se deformadas, se tornan quebradizas, y curvadas hacia adentro.

El boro desempeña un papel importante y esencial en los siguientes mecanismos: transporte de azúcares, síntesis de sacarosa, metabolismo de ácido nucleicos,

biosíntesis de carbohidratos, fotosíntesis, metabolismo proteico, síntesis y estabilidad de las paredes y las membranas celulares. (Alarcón; 2001).

El autor anteriormente mencionado resalta que otras funciones del boro de gran importancia son la polinización y formación del fruto, mejora el tamaño de los granos y la germinación del polen. Cabe mencionar que el boro se encuentra en el suelo en cuatro formas: formando parte de los minerales silicatados, en la disolución del suelo, ligado a la materia orgánica y absorbido por las arcillas.

Moreno (2007), indica el boro es un elemento esencial en la germinación de granos de polen. También participa en la formación de proteínas y paredes celulares, además promueve el desarrollo del crecimiento radicular y de los puntos meristemáticos, unido a esto la producción de semilla; incrementa los rendimientos y mejora la calidad de diversos cultivos. La insuficiencia del boro anula el crecimiento de los tejidos nuevos, este puede causar hinchazón y decoloración de los vértices radiculares y muerte de la zona apical de las raíces.

Este elemento de igual manera interviene en diversas funciones que las plantas necesitan para obtener un adecuado desarrollo, entre las que podemos mencionar están: división celular, polinización y fructificación, translocación y empleo de azúcares, resistencia de los tejidos. En cuanto a la división celular, la carencia de boro dificulta la formación de los ápices meristemáticos; por lo tanto minimiza el crecimiento y formación de células nuevas. (QuimiNet; 2008).

Según el autor anterior el boro desempeña una función importante en la formación de las anteras y en la germinación del tubo polínico; también participa en la aceleración de la fertilización de los óvulos y reduce la caída de las flores y frutos; también interviene en los procesos de síntesis de sacarosa y almidón.

Según el CIAT (2010), el boro actúa en los puntos de crecimientos o meristemas apicales en los procesos de expansión del material genético, sin embargo entre las principales funciones del boro se encuentra las siguientes: interviene en el metabolismo de los azúcares, el incremento de la respiración, la germinación del polen, la regulación de la absorción del agua por la célula, el metabolismo del nitrógeno y el equilibrio de la oxidación y reducción en la célula. De igual manera el boro tiene un papel importante en el metabolismo de los carbohidratos.

Mestanza (1967), citando a Ochse, et al, mencionan que las principales funciones del boro en las plantas son las siguientes: influencia en ciertas enzimas oxidantes, interviene en el desarrollo de los nódulos, participa en los procesos de fecundación, acumulación de azúcares, síntesis de proteínas, interviene en la absorción de agua y minerales.

1.10. Bórax

Es el primer abono soluble de boro; es una sal blanca, de tipo arenoso que puede utilizarse como abono foliar o aplicándola sobre el suelo. Normalmente se aplica mezclándola con otros abonos. El ácido bórico también puede utilizarse como abono; su mayor solubilidad lo hace especialmente adecuado para el tratamiento foliar. Los abonos de boro solubles o insolubles, presentan las ventajas de no crear peligro de toxicidad para las plantas que tienen exigencia pequeñas de boro, sin embargo el inconveniente de estos abonos se encuentra en su bajo efecto inicial. (Fink, 1988).

CAPÍTULO II

2. Marco metodológico

2.1. Localización del área de estudio.

2.1.1. Localización.

La Finca Espiga del Rey se encuentra ubicada en la provincia de Chiriquí, en el distrito de Alanje, específicamente en el corregimiento de Canta Gallo; dentro de esta finca se lleva a cabo dos tipos de actividades agropecuarias; la ganadería, y la más importante, la producción de arroz. Desde muchos años estos productores se dedican a este rubro, lo que los hace uno de los productores más importantes de la zona e incluso de la provincia.

Es importante mencionar que esta investigación se realizará sobre una parcela que es destinada a la producción comercial, donde principalmente, se cultiva la variedad Laguna; dicha parcela ocupa un área de tres hectáreas. Esta parcela además de caracterizarse por presentar un suelo franco arenoso, refleja niveles muy bajos de boro, lo que podría ser un factor influyente en la presencia de granos vanos.

2.1.2. Relieve.

Según la IGNTG (1988) esta zona posee un relieve de planicie litorales y costas bajas, las pendientes son casi inexistente entre las limitaciones más severas que

tenemos en los terrenos planos se encuentra la salinidad (esteros) e inundaciones severas y periódicas por las altas mareas del Pacífico. (MI AMBIENTE, 2005; CEPISA; 2005).

2.1.3. Clasificación agrológica de los suelos del área.

Según IGNTG, la capacidad agrológica de los suelos del área corresponde a las clase II, III y VII, los suelos de clase II nos indica que son arables con algunas limitaciones en la selección de las plantas y que requieren conservación moderada; los de clase III son arables con severas limitaciones en la selección de las plantas por lo tanto requieren de conservación especial, los de clase VII son suelos no arables con limitaciones muy severas. (MI AMBIENTE, 2005; CEPISA; 2005).

2.1.4. Actividad agropecuaria en el distrito de Alanje

Esta región se caracteriza por la producción de diversos rubros como el arroz, maíz, sorgo, habas, frijoles chiricanos, guandú, sandía, zapallo, melón. En esta zona se manifiestan dos tipos de clima; el tropical de sabana y el tropical húmedo, ambos se caracterizan por un periodo seco de unos tres meses de duración y temperaturas medias en el mes más fresco. Los suelos que predominan en estas áreas son los suelos arenosos y los suelos franco – arenosos; sin embargo, la alta capacidad agrológica de estos suelos ha permitido el desarrollo de diversas actividades, principalmente la siembra de arroz. (MIDA, 2013).

2.1.5. Clima.

De acuerdo a la clasificación de clima de Koppen, en el área se presentan dos tipos de clima: el clima tropical húmedo y el clima tropical de sabana. En el primero tenemos características sobresalientes, con precipitaciones anuales mayores a 2500 mm y en el segundo se encuentran registros con precipitaciones anuales menores a 2500 mm. (MI AMBIENTE, 2005; CEPESA, 2005).

2.1.6. Zona de Vida.

La Finca Espiga de Rey, se encuentra en la Zona de Vida de Bosque Húmedo Tropical (bh-T), según Holdridge. Esta es la zona de vida más extensa del país y la que más transiciones presenta. Por lo tanto esta área se encuentra dentro de la transición seca donde recibe menos precipitación pluvial anual que las regiones dentro de las zonas de vida no transicional (IGNTG, 2007).

2.1.7. Vegetación.

De acuerdo con el mapa de vegetación de la República de Panamá, IGNTG (1988), describe que la vegetación consiste mayormente de potreros, cultivos y vegetación secundaria. (MI AMBIENTE, CEPESA, 2005).

2.2. Metodología

2.2.1. Muestreo de suelo

Para dar inicio con la investigación se realizó un muestreo del suelo en la zona de interés, para realizar posteriormente un análisis químico que permitiese conocer los diferentes macro y micro elementos que se encontraban disponible en el suelo, en este caso, el mayor interés era conocer específicamente las cantidades de boro disponible para la planta.

Para realizar el muestreo de suelo se hizo un recorrido en campo siguiendo líneas en forma de zigzag lo cual permitirá, obtener muestras de todo el terreno y así garantizar un análisis representativo de toda el área utilizada. Se tomaran diez sub muestras de suelo de la parcela a investigar, que abarcaba un área de tres hectáreas destinadas a la producción de arroz; Luego de obtener diez sub muestras, se procedió a homogenizarlas en una sola bolsa, obteniendo así una muestra de suelo, para posteriormente llevarlas al laboratorio de suelos de la Universidad de Panamá y ser analizadas.

2.2.2. Establecimiento de parcela

Para llevar a cabo el experimento se utilizó una parcela comercial, donde se establecieron una serie de microparcels; conformado por cuatro (4) repeticiones, con seis (6) tratamientos; separadas entre sí por calles de 0.50 m², que comprenderán un área de 10 m² (5 m de largo por 2 m de ancho).

2.2.3. Tratamientos.

Los tratamientos que fueron utilizados, están en función del requerimiento nutrimental de boro que demanda el cultivo de arroz para una hectárea, el cual corresponde a 1 kg B ha^{-1} , los demás tratamientos se fueron incrementando o disminuyendo tomando como referencia dichos requerimientos. De esta manera se aplicaron dosis de 1.5 kg B ha^{-1} y $1.25 \text{ kg B ha}^{-1}$. De igual forma se aplicaron tratamientos en cantidades menores que correspondieron a $0.50 \text{ kg B ha}^{-1}$, $0.25 \text{ kg B ha}^{-1}$ y 0.0 kg B ha^{-1} . Luego de esto se escogieron al azar los tratamientos; sin embargo en un tratamiento, no se aplicó ninguna cantidad de boro (Testigo). En este sentido se estableció un diseño de bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones y seis tratamientos. El bórax fue diluido en mil mililitros de agua y asperjados en la unidad experimental de acuerdo a los tratamientos.

Relacionando los bajos niveles de boro con la deficiencia en la formación del grano de arroz, se aplicaron seis tratamientos con diferentes niveles de boro, en donde la fuente utilizada es el bórax, la cual posee un 11.5 % de boro. La finalidad de aplicar diferentes cantidades de este micronutriente es lograr un equilibrio y así obtener la dosis que más se adecue a la variedad de arroz Laguna.

CUADRO 1. TRATAMIENTOS DE BORO APLICADOS A LA VARIEDAD LAGUNA EN LA FINCA ESPIGA DEL REY CANTA GALO 2017.

TRATAMIENTOS	BORO	PUREZA DE BORAX	DOSIS DE BORAX APLICADA EN 10 m²	DOSIS DE BORAX PARA 1ha
Tratamiento 1	1.5 kg B ha⁻¹	11.5 %	13.04 g	13.04 kg
Tratamiento 2	0.50 kg B ha⁻¹	11.5 %	4.35 g	4.35 kg
Tratamiento 3	0 kg B ha⁻¹	11.5 %	-	-
Tratamiento 4	1.25 kg B ha⁻¹	11.5 %	10.87 g	10.87 kg
Tratamiento 5	1.0 kg B ha⁻¹	11.5 %	8.69 g	8.69 kg
Tratamiento 6	0.25 kg B ha⁻¹	11.5 %	2.17 g	2.17 kg

En el cuadro 1, se pueden observar las dosificaciones correspondientes a cada tratamiento. Es importante destacar que de acuerdo a la pureza del fertilizante seleccionado, se realizaron los cálculos necesarios para obtener las dosis para 10 m² y para una hectárea perteneciente a cada tratamiento

ESTRUCTURA Y DISPOSICIÓN DE LAS PARCELAS Y TRATAMIENTOS.

ESTRUCTURA

Bloque 1

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

Bloque 2

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

Bloque 3

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

Bloque 4

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

DISPOSICIÓN

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Trat.	1.5	0.5	0	1.25	1	0.25	0.5	0.25	1.25	1	1.5	0	1.25	1.5	0.25	1	0.5	0	0.25	1	0.5	1.5	0	1.25
kg de Boraxha	13.04	4.35	0	10.87	8.7	2.17	4.35	2.17	10.87	8.7	13.04	0	10.87	13.04	2.17	8.7	4.35	0	2.17	8.7	4.35	13.04	0	10.87

2.2.4. Fertilización de la parcela comercial.

La parcela comercial fue fertilizada de la siguiente manera: se le agregaron cinco (5) quintales de 18-46-0, los cuales aportaron $40.8 \text{ kg N ha}^{-1}$ y $104.3 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$; siete (7) quintales de 30-0-20, con un aporte de $95.2 \text{ kg N ha}^{-1}$ y $63.5 \text{ K}_2\text{O ha}^{-1}$; tres (3) quintales de urea, los mismos aportaron $62.6 \text{ kg N ha}^{-1}$; cuatro (4) quintales de magnesil, con un aporte de $28 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ y 29 kg Si ha^{-1} ; y dos (2) quintales de K-Mag, aportando $19.9 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$, 16.3 MgO ha^{-1} , $19.9 \text{ kg S ha}^{-1}$.

2.2.5. Muestreo de parcelas.

Para realizar el estudio de las diferentes concentraciones de boro en la planta de arroz, se realizaron dos muestreos foliares. El primero se realizó a los 45 días y el segundo a los 60 días después de la siembra. Para el análisis foliar, se ejecutó un muestreo en donde se realizó un corte de diez centímetros lineales sobre una hilera de arroz correspondiente a cada parcela; sin embargo, es preciso mencionar que en el primer muestreo realizado a los 45 días y en el segundo a los 60 días, se obtuvieron 24 muestras foliares.

Análisis foliar para el cultivo de arroz.

Estado de crecimiento

 Plántulas (< 30 cm)

 Antes de la floración

- ✚ No es recomendable muestrear después de la floración

Parte de la planta a muestrear

- ✚ Planta(< 30 cm), Toda la parte aérea
- ✚ Antes de la floración, las Cuatro hojas superiores bien desarrollados.
(Samudio, 1997).

2.2.6. Análisis de muestras foliares.

Fase I

Se pesaron 0.450 gramos de cada muestra. Posteriormente las muestras pesadas fueron colocadas en el horno a una temperatura de 200 °C aproximadamente, durante 24 horas.

Fase II

Luego de la incineración, a cada muestra se le agregaron 10 mililitros de ácido clorhídrico (HCl) al 50%, para lograr una dilución del material resultante. Seguidamente las muestras fueron filtradas para obtener una solución.

Fase III

Siguiendo el procedimiento para el análisis foliar del cultivo de arroz, se utilizó un (1) mililitro de la solución de cada muestras, posteriormente se agregó una solución compuesta por alcohol y curcumina. Después de obtener la mezcla de cada muestra,

las mismas se colocaron al horno a una temperatura de 55 °C durante un tiempo aproximado de tres horas, siguiendo la metodología descrita por Malavolta (1989).

Fase IV

Luego de sacar las muestras del horno, se agregaron 25 mililitros de alcohol para extraer y diluir las muestras sacadas de horno, para luego continuar con su lectura.

Fase V

Posterior a esto se procedió a leer la concentración de boro contenida en cada muestra. Para realizar la lectura de boro, se utilizó un equipo digital (colorímetro) y una longitud de onda de 450 nanómetros.

2.2.7. Parámetros evaluados.

1. Absorción de boro en dos estados de crecimiento.
2. Rendimiento de la variedad Laguna.
3. Peso de cien granos de arroz.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS

3.1. Absorción de boro en dos estados de crecimiento.

En el proceso metodológico realizado en esta investigación se realizaron muestreos en dos etapas de crecimiento. El primer muestreo se realizó a los 45 días después de la siembra y el segundo a los 60 días, es importante mencionar que del primer y segundo muestreo se obtuvieron las concentraciones únicamente de la parte foliar de la planta de arroz, mientras que para el mismo análisis se incluyó las concentraciones en ppm correspondiente a la parte de grano.

En el cuadro 2, se observa que las concentraciones de boro (ppm), encontradas en los dos estados de crecimiento de la variedad de arroz Laguna, fueron obtenidas del promedio de 24 muestras; las concentraciones de boro encontradas en la estructura de la planta de arroz, indican que el muestreo de mayor concentración de este elemento es el segundo realizado a los 60 días, el cual obtuvo 9.63 ppm de boro; mientras que el primer muestro realizado a los 45 días presento una concentración de 3.25 ppm de boro, lo cual indica que la planta de arroz absorbe en mayor cantidad el boro en sus etapas finales de crecimiento; de la misma forma se observan las diferencias significativas al 5%.

Cakmak (2015), expresa que el boro es absorbido principalmente bajo la forma de ácido bórico H_3BO_3 no disociado, mediante dos métodos, flujo de masa en un 65 % y un 32 % mediante difusión, y es transportado vía xilema hacia las diferentes partes de las plantas.

Sierra (2016), señala que el boro es móvil en el floema, en todas las especies que utilizan azúcares simples (polioles). También señala que una gran demanda de boro en los cultivos, se da en la etapa de floración y que los azúcares simples son transportados por el floema.

Cuadro 2. Absorción de boro en dos etapas de crecimientos en el cultivo de arroz en la finca Espiga del Rey Canta Gallo 2017.			
NÚMERO DE MUESTREOS	MUESTRAS	BORO (ppm)	
1	24	3.253 B	MUESTREO FOLIAR
2	24	9.633 A	MUESTREO FOLIAR
3	24	7.593 AB	MUESTREO GRANO

Apoyando la absorción de los micronutrientes por la planta de arroz en sus diferentes etapas, se puede señalar que según Amador y Bernal (2012), mediante un estudio realizado en Nicaragua, por medio del Zamorano, Honduras, en el cultivo de arroz, variedad Venezuela 2, el cobre y boro no reportaron absorción en las etapas de plántula y floración, el zinc no presentó absorción en la etapa de elongación de tallo; sin embargo, la etapa de mayor demanda de estos tres elementos es grano maduro.

El mencionado autor expresa que por medio del análisis foliar y de granos de la planta de arroz, se encontró que las cantidades absorbidas en kg ha^{-1} de boro se da la siguiente forma: plántula 0.00 kg ha^{-1} , macollamiento 0.02 kg ha^{-1} , elongación de tallo 0.05 kg ha^{-1} , floración 0.03 kg ha^{-1} , grano maduro 0.14 kg ha^{-1} .

En el cuadro 3, señala las concentraciones de boro encontradas en cada tratamiento. Con el sistema estadístico SAS por medio de la prueba del rango múltiple de Duncan para boro se analizaron los valores de las diferentes concentraciones obtenidas de los tratamientos aplicados a la variedad de arroz Laguna. Con el promedio de 12 muestras obtenidas durante la fase de crecimiento de la planta de arroz se observa que el mejor tratamiento es el de $1.25 \text{ kg B ha}^{-1}$. De igual forma se observa que las concentraciones pertenecientes a cada tratamiento no presentan significancia entre sí.

Cuadro 3. Concentración de boro en el cultivo de arroz, variedad Laguna en la finca Espiga del Rey Canta Gallo 2017.		
NÚMERO DE TRATAMIENTOS	BORO	CONCENTRACIÓN DE BORO (ppm)
1	1.5 kg B ha^{-1}	7.811 A
2	0.50 kg B ha^{-1}	6.041 A
3	0.0 kg B ha^{-1}	7.841 A
4	1.25 kg B ha^{-1}	8.153 A
5	1.0 kg B ha^{-1}	7.313 A
6	0.25 kg B ha^{-1}	3.733 A

Barbazan (1998), señala que la diferencia entre la velocidad de crecimiento de la planta y la de absorción de un nutrimento puede producir acumulación o dilución de este dentro de la planta. También el movimiento de los nutrimentos dentro y entre

partes de la planta (translocación) ejerce su influencia en la concentración del mismo que tiene un tejido en un momento dado. Esto indica que a medida que el crecimiento de una planta progresa, ocurren marcados cambios en la concentración de elementos en los tejidos o partes de la planta.

El autor anteriormente señalado, menciona que en especies anuales las concentraciones de nutrimentos en hoja declinan con el tiempo, excepto aquellos que son inmóviles. Esto probablemente se deba a que hay un cambio en la proporción de ciertos tejidos con la edad, como puede ser el incremento de la proporción de tejidos estructurales y sustancias de reserva.

ANOVA GENERAL.

Sistema SAS					
Procedimiento GLM					
Variable dependiente: Rend.					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
Modelo	8	26938593.76	3367324.22	2.34	0.0745
Error	15	21617487.98	1441165.87		
Total correcto	23	48556081.75			
	R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Rend media	
	0.554793	16.68606	1200.486	7194.540	

3.2. Rendimiento de la variedad Laguna.

Como se ha mencionado en muchas ocasiones, uno de los principales problemas que afectan algunos de los productores de la zona de Canta Gallo es la disminución en el rendimiento de las cosechas de arroz, sin embargo en el estudio realizado en este corregimiento se obtuvieron diversos rendimientos en función a los diferentes tratamientos aplicados.

CUADRO 4. RENDIMIENTO DE LA VARIEDAD LAGUNA BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS DE BORO. FINCA ESPIGA DEL REY, CANTA GALLO 2017.

NÚMERO DE TRATAMIENTOS	TRATAMIENTOS	Rendimiento (kg/ha)
1	1.5 kg B ha ⁻¹	7826.7 A
2	0.50 kg B ha ⁻¹	6872.6 A
3	0.0 kg B ha ⁻¹	6478.8 A
4	1.25 kg B ha ⁻¹	7498.2 A
5	1.0 kg B ha ⁻¹	7709.7 A
6	0.25 kg B ha ⁻¹	6781.3 A

En el cuadro 4, se aprecia que el tratamiento que representa un mejor rendimiento en la variedad de arroz Laguna es el de 1.5 kg B ha⁻¹, dando un resultado de 7826.7 kg ha⁻¹ y el tratamiento al cual no se aplicó boro es el que obtuvo el más bajo rendimiento.

Para obtener el rendimiento de cada tratamiento fue necesario conocer algunos factores de importancia como los son: humedad, parcela efectiva, factor de corrección; todos estos factores fueron utilizados para obtener el rendimiento en kg/ha. La fórmula aplicada en para dicho procedimiento es la siguiente:

$$\text{kg ha}^{-1} = P_c (100 - \%H) F_c.$$

Dónde:

Kg ha⁻¹: rendimiento.

Pc: peso en campo.

H: humedad en porcentaje.

Fc: factor de corrección.

Pe: parcela efectiva.

Fc: 10000 / **Pe**

Como argumento de las concentraciones de boro y los rendimientos Barbazán (1998), señala que la relación entre la concentración de un nutrimento en una planta o en una parte de la planta y el rendimiento consiste en tres situaciones importantes; la primera relación puede darse cuando el rendimiento aumenta en presencia de una mayor concentración de nutrimento dentro de la planta; la segunda es cuándo el rendimiento no está limitado por la concentración, y una última relación se da una vez el rendimiento desciende al aumentar la concentración dentro de la planta.

Castellanos (2015), señala que el boro desempeña un papel importante en el desarrollo de los cultivos; en gramíneas la esencialidad de este micronutrimento se traduce en una mayor cantidad de granos en la mazorca o espiga. También explica

que aunque el boro esté presente en un amplio rango de pH del suelo, existen deficiencias que causan reducciones importantes en el rendimiento de los cultivos.

Complementando lo anteriormente mencionado; la figura 1 expresa gráficamente los rendimientos obtenidos en cada tratamiento.

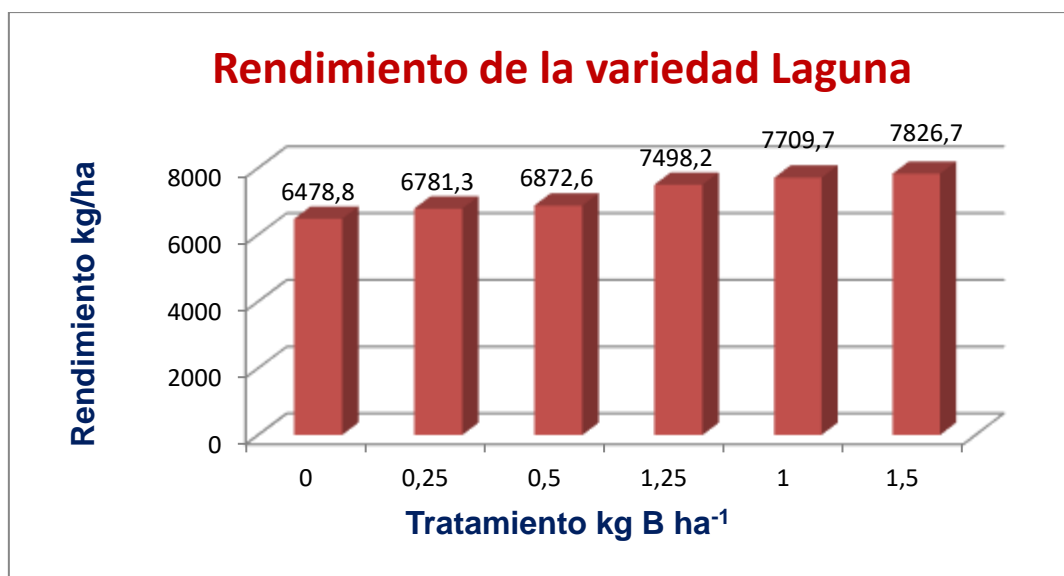


Fig 1. Rendimiento de la variedad Laguna en la finca Espiga del Rey-Canta Gallo.

Los altos rendimiento tanto de gramíneas como los de algunos cultivos frutícolas, se ven afectados por la poca disponibilidad de boro que presentan los suelos. En el caso de las gramíneas, este micro nutrimento desempeña muchas funciones importantes en el desarrollo de las plantas, uno de ellos es la influencia positivamente que desempeñan en la germinación del polen, lo cual contribuyen a una mayor cantidad de granos por panícula, reflejando así mejores rendimientos productivos.

3.3. Peso de cien granos de arroz.

A los 120 días de la cosecha de la variedad de arroz Laguna se realizó un conteo de granos, en donde se obtuvo en promedio el peso de cien granos procedente de cada tratamiento, de esta manera en el cuadro 5, se observa que el mayor peso es de 3.1 gramos; correspondiendo al tratamiento de 1 kg B ha⁻¹ y el menor que es de 2.8 gramos corresponde al tratamiento de 0.50 kg B ha⁻¹

NÚMERO DE TRATAMIENTOS	TRATAMIENTOS	PESO (g)
1	1.5 kg B ha ⁻¹	3.0 AB
2	0.5 kg B ha ⁻¹	2.8 B
3	0.0 kg B ha ⁻¹	2.9 B
4	1.25 kg B ha ⁻¹	3.0 AB
5	1.0 kg B ha ⁻¹	3.1 A
6	0.25 kg B ha ⁻¹	2.9 B

Siso y Veloza (2015), señalan que mediante un estudio en el efecto de aplicaciones edáficas de magnesio, boro y zinc sobre los componentes de rendimiento de las variedades de arroz Fedearroz 174, Agrocom4 y Semillano (Victoria), se demostró para la variable peso de 1000 granos se observó que los mayores valores se encontraron relacionados al elemento boro con 28,76 g, presentando diferencias estadísticas significativas con los otros elementos zinc y magnesio, los cuales presentaron valores entre 28,43 y 28,29 gramos respectivamente.

Los autores mencionados, citan a Fertiberia; destacando que el boro es esencial para la germinación de los granos de polen, el crecimiento del tubo polínico y para la formación de semillas y paredes celulares.

Sierras (2016), señala que los suelos franco arenoso con escasa materia orgánica, este micronutriente se lixivia con mucha facilidad, por lo que a menudo son suelos con alta deficiencia. De igual forma recalca que las plantas demandan altas cantidades de boro, con el fin de producir la elongación del tubo polínico e incrementar la cuajada de los frutos.

CONCLUSIONES

1. Con la aplicación de seis niveles de boro sobre la variedad de arroz laguna, en el corregimiento de Canta Gallo, en la fina Espiga del Rey, se demostró que el mejor efecto en cuanto al peso de cien granos provino del tratamiento de 1 kg B ha^{-1} , con el mayor peso de 3.1 gramos y que el tratamiento de mayor relevancia en función al rendimiento es el de 1.5 kg B ha^{-1} con 7826.7 kg ha^{-1} .
2. Con el estudio de boro ejecutado sobre variedad Laguna en dos estados de crecimientos, se demostró que la mayor concentración de este micronutriente corresponde al segundo muestreo para el análisis foliar (60 días después de la siembra), con 9.6 ppm.
3. Analizando la absorción de boro en dos estados de rendimientos, se observó que para la variedad Laguna las concentraciones de este micronutriente aumentan a medida que avanza el crecimiento del cultivo.
4. Considerando el bajo rendimiento como uno de los principales problemas que afectan a la finca Espiga del Rey, se pudo conocer que la dosis que reflejó un mejor efecto en función al rendimiento, corresponde al tratamiento de 1.5 kg B ha^{-1} . Tomando en cuenta que el vaneamiento es un factor causante de los bajos rendimientos, mediante el presente estudio se demostró que la dosis de mejor efecto en cuanto al peso de granos es de 1.0 kg B ha^{-1} .

5. Considerando las hipótesis como posibles respuesta al problema, se demostró que con la aplicación de boro sobre el cultivo de arroz, la deficiencia de este micronutriente afecta el rendimiento en la producción de arroz.

RECOMENDACIONES

- Para la variedad de arroz Laguna mantener un programa de fertilización, que incluya al boro (B) como micronutriente esencial en el crecimiento de la planta. De esta forma se lograra un mejor equilibrio entre los macro y micro nutrientes; lo cual, se verá reflejado en el aumento de los rendimientos obtenidos en cada cosecha.
- En el programa de fertilización del cultivo de arroz, especialmente para la variedad Laguna, aplicar una dosis de 1.5 kg B/ha, la cual corresponde al tratamiento de mejor efecto ante el desarrollo del cultivo.
- Realizar una investigación que dé lugar al estudio de diferentes variedades de arroz y así determinar y comparar la dosis de boro (B) más apropiado para cada variedad, realizando más de dos (2) muestreos durante el ciclo vegetativo del cultivo de arroz; para obtener un análisis más abarcador sobre las concentraciones y el comportamiento del boro (B) en este cultivo. Con estos estudios se estaría ampliando el margen de información que necesitan los productores para dar un mejor y eficiente uso de los productos fertilizantes aplicados.

- Ubicar las parcelas sobre un área poco propensa a encharcamientos para evitar las caídas de las plantas de arroz; y a su vez la pérdida de datos.

- Analizar el efecto en el cultivo de arroz bajo diversos tipos de suelos y aumentar las dosificaciones de boro (B), para comparar con el estudio realizado como punto de referencia, además estudiar el comportamiento del boro (B) en función a la composición y estructura del grano de arroz y no solo en el peso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

AGRI-NOVA.SF.Morfología y Requerimientos Edafoclimáticos del Cultivo de Arroz. (En línea). Consultado 15 Julio 2016. Disponible en <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>

Alarcón Vera, A. 2001. El Boro como Nutriente Esencial. (en línea). Cartagena, Colombia. Consultado 2 Junio 2016. Disponible en http://www.infoagro.com/hortalizas/boro_nutriente_esencial2.htm

Amador, J; Bernal, Ivan. 2012. curva de absorción de nutrientes del cultivo de arroz (*oryza sativa l.*) variedad Venezuela 21, en un suelo vertisol bajo condiciones del valle de sébaco, Nicaragua. Tesis. Lic. Hon. Zamorano departamento de ciencia y producción agropecuaria.29 pág.(en línea).Consultado el 6 de julio de 2017. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1101/1/T3392.pdf>

Barbazán, Mónica. 1998. Análisis de plantas y síntomas visuales de Deficiencia de nutrientes. (En línea). Consultado el 4 de julio de 2017. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/publica/AnPlantas.pdf>

Barzola, J.2012. Producción de Arroz Bajo Riego de la Variedad F-50 Mediante el Uso de Briquetas Compuestas de N.P.K en el Cantón de Daule. Tesis. Lic. Guayaquil. Ecuador. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 124 Pág. (en línea). Consultado el 24 de Octubre de 2016. Disponible en: http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-92390.pdf

Biota Panamá.2008. Bosques de Panamá por Zonas de Vida. (en línea). Consultado 6 Julio 2016. Disponible en <https://biota.wordpress.com/2008/02/28/los-bosques-de-panama-por-zonas-de-vida/>

Bravo, A. 1957. Determinación biológica de boro en ocho suelos del Valle del Cauca (en línea). Consultado el 12 de abril del 2017. Disponible:

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.revistas.unal.edu.co/indx.php/acta_agronomica/article/viewFile/49068/50163&ved=0ahUKEwiDrPI0bHTAhUGRSYKHUSkDxQQFggcMAA&usq=AFQjCNEJyv3W_IDN9iDZ0nJgM14IG7ApWw&sig2=1zv9f8t82kAsQcfAAfouA

Brito, D. 2012. Estudio de los niveles de fertilidad y su influencia en la productividad del cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en el recinto las maravillas del Cantón Daule. Tesis de grado. Ecuador. Escuela superior politécnica del litoral. 87pag. (en línea). Consultado el 23 enero de 2017. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/21424/1/tesis%20Dorys%20Brito%20P.pdf>

Brown, P; H, Hu.1998.Manejo del Boro de Acuerdo a su Movilidad en la Planta.(en línea). Consultado el 20 de septiembre de 2016. Disponible en:[http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/838AD2EC9062B2A605256A3100756AF6/\\$file/Manejo%20del%20Boro.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/838AD2EC9062B2A605256A3100756AF6/$file/Manejo%20del%20Boro.pdf)

Cakmak, Ismail. (2015). Funciones críticas del boro en los cultivos. (En línea). Consultado el 3 de agosto de 2017. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/funciones-criticas-del-boro-en-los-cultivos>

Cardoza, I; Gonzales, E. 2004. Evaluación y prueba avanzada de rendimiento de catorce líneas promisoras y dos variedades comerciales de arroz (*oryza sativa* L.) bajo condiciones de riego en el valle de Sébaco, Matagalpa. Primera 2003. Tesis. Lic. Managua. Nicaragua. 48 pag. (en línea). Consultado el 21 de septiembre de 2017. Disponible en: <http://repositorio.una.edu.ni/1881/1/tnf30c268.pdf>

Castellanos, J. 2015. El boro en la nutrición de cultivos. (En línea). Consultado el 5 de julio de 2017. Disponible en: <http://agriculturers.com/el-boro-b-en-la-nutricion-de-los-cultivos/>

Cervilla, L. 2009. Respuestas fisiológicas y metabólicas a la toxicidad por boro en las plantas de tomate. Estrategias de tolerancias. Tesis. Dr. Granada. Universidad de Granada. 226 pág. (en línea). Consultado el 24 de Octubre de 2016. Disponible en: <http://hera.ugr.es/tesisugr/18068960.pdf>

Chilian, J; Lisboa, K. SF. Arroz Rojo. (En línea). Consultado 3 Julio 2016. Disponible en <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40128.pdf>

CIAT, 2005. Morfología de la planta de arroz (en línea). Col. Consultado el 10 de abril de 2017. Disponible en: <http://www.ciat.cgiar.org/riceweb/esp/inicio.htm>

CIAT. (2010). Producción eco-eficiente del arroz en América Latina (en línea). Col. 487p. Consultado el 20 de febrero de 2017. Disponible en: <http://www.ciat.cgiar.org>.

FAO. sf. Problemas y Limitaciones de la Producción de Arroz. (en línea). Consultado 2 julio 2016. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/006/y2778s/y2778s04.htm>

FEDEARROZ. 2011. Fedearroz Laguna Cl. (En línea). Consultado 9 Julio 2016. Disponible en <http://www.fedearroz.com.co/noticias/noticiasd2.php?id=668>

FEDEARROZ. SF. La Organización, Investigación y Transferencia de Tecnologías. Colombia. (en línea) Consultado 10 Julio 2016. Disponible en <http://www.fedearroz.com.co/new/organizacion.php>

Fink, A. 1988. Fertilizantes y Fertilización. Editorial REVERTE, S.A. Barcelona. 291p.

Gutiérrez, M; Torres, J. 2013. Síntomas Asociados a la Deficiencia de Boro en la Palma Aceitera (*Elaeisguineensis*jacq.). (en línea). Alajuela. CR. Universidad de Costa Rica. Consultado el 24 de Octubre de 2016. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/437/43729228021.pdf>

Hargreaves, 1980. El Clima y la Producción de Granos Alimenticios (en línea). Consultado el 3 de abril de 2017. Disponible en: <https://books.google.com/books?id=EuYNAQAAIAAJ&pg=PA16&lpg=PA16&dq=hargreaves+el+clima+y+la+producci%C3%B3n+de+granos&source=bl&ots=WDEIMBYZY&sig=bKP4qs3DvHx0k70m2YYYgtBEbK8&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiOnNqD0LHTAhWKTSYKHQHFC14Q6AEIHDA>

Herrera, D; Villanueva, G. 2009. Plan de Acción para la Competitividad de la Cadena de Arroz de Panamá. Hacia un mecanismo de reconocimiento de la calidad. IICA, <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1101/1/T3392.pdf>

IGNTG (Instituto Nacional Geográfico Tommy Guardia), MOP (Ministerio de Obras Públicas). 2007. Atlas de la República de Panamá. (CD-ROM). Panamá.

Johnson, R. sf. Introducción a la Química Descriptiva. (en línea). Ed. Reverté s.a. 50 pág. Disponible en: https://books.google.com.pa/books?id=ppFBedgUQNMC&pg=PA50&dq=que+es+el+boro&hl=es419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=que%20es%20el%20boro&f=false

Kass, D. 1998. Fertilidad de Suelos. 1 ed. San José, CR. 272 p

Malavé, A. 2005. Los Suelos como Fuente de Boro para las Plantas. (en línea). Consultado 27 Junio 2016. Disponible en <http://www.bioline.org.br/pdf?cg05002>

Malavolta, E. 1989. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios aplicação. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 201 p.

Mazuera, C.; Neiera, J. (2009). Análisis de los costos de producción de arroz en el municipio de Saldaña, Tolima (en línea). Consultado el 20 de febrero de 2017. Disponible en: <http://www.clicktoconvert.com>

Melgar et al, 2001. Respuesta a la fertilización con boro y zinc en sistemas intensivos de producción de maíz (en línea). Consultado el 10 de abril del 2017. Disponible: <https://www.suelos.org.ar>.

Mestaza, S. 1967. Determinación de los niveles de boro en suelos de diferentes zonas cacaoteras y estudio del efecto de las aspersiones foliares de solubor sobre algunas anomalías de cacao (en línea). Tesis de Grado. Guayaquil. Ecuador. 119 p. Consultado el 3 de abril de 2017.

MIAMBIENTE; CEPESA. 2005. Plan de Manejo Refugio de Vida Silvestre Playa la Barqueta. (En línea). Consultado el 29 de octubre de 2016. Disponible en: http://www.playalabarqueta.com/refuge/barquetarefuge_mgmtplan.pdf

MIDA. 2013. Actividades Agropecuarias en el Distrito de Alanje. Alanje, Panamá. (en línea). Consultado 10 Julio 2016. Disponible en: http://www.mida.gob.pa/upload/documentos/agencia_de_alanje.pdf

MIDA. San José, CR. 79 pag. Consultado el 20 Junio 2016. Disponible en <http://www.iica.int>.

Molina, E. 2002. Fertilización Foliar de Cultivos Frutícolas (en línea). CR. Consultado el 24 de Julio del 2014. Disponible en: <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilizaci%C3%B3n%20Foliar.pdf>

Moreno, A. 2007. Elementos nutritivos (en línea). 1 ed. Consultado el 27 de enero de 2017. Disponible en: <http://www.librosenred.com>

PEQUIVEN. s.f. Borato 48 (en línea). COL. Consultado el 30 de Octubre del 2016. Disponible en: http://www.monmeros.com/descargas/FT_BORATO_48.pdf

Qiminet. 2008. Funciones del Boro en las Plantas. (en línea). Consultado 25 Junio 2016. Disponible en <http://www.quiminet.com/articulos/funciones-del-boro-en-las-plantas-26668.htm>

QuimiNet; 2011. Bórax. (en línea). Consultado el 30 de octubre de 2016. Disponible en: <https://www.quiminet.com/articulos/caracteristicas-y-aplicaciones-del-borax-2648516.htm>

Rodríguez, J. 1999. Fertilización del Cultivo del Arroz (*Oryza sativa*). (en línea). Consultado el 24 de agosto de 2016. Disponible en: http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_123.pdf

Salas, R. 2002. Fertilización foliar principios y aplicación. Universidad de Costa Rica. Centro de Investigaciones Agronómicas. (en línea). Consultado el 12 de septiembre de 2017. Disponibles: <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/memorias/memoria%20curso%20fertilizaci%C3%B3n%20foliar.pdf>

Samudio, A. 1997. El Análisis Foliar y el Diagnóstico de Deficiencias Nutrimientales en los Cultivos. Monografía M.Sc. Ing. Agr. Panamá, Chiriquí. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 23 pág.

SIG, DICTA. 2003. Fases de Desarrollo del Cultivo de Arroz. (En línea). Comayagua Honduras. Consultado 5 Julio 2016. Disponible en <https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-cultivo-del-arroz.pdf>

Siso, Rodyan; Veloza, Leydy. 2015. efecto de aplicaciones edáficas de magnesio, boro y zinc sobre los componentes de rendimiento de las variedades de arroz fedearroz 174, agrocom4 y semillano (victoria). Tesis. Lic. Villavicencio. Col. Universidad de los llanos. Facultad de ciencias agropecuarias y recursos naturales escuela de ciencias agrícolas. 147 pág. (En línea). Consultado el 7 de julio de 2017. Disponible en: <http://repositorio.unillanos.edu.co/jspui/bitstream/001/326/1/Tesis.pdf>

Smith, R. (1984). Manejo integrado de arroz rojo (en línea). Consultado el 10 de abril de 2017. Disponible en: <https://books.google.com/books?id=2bHUgPqE7zgC&pg=PA151&dq=manejo+integrado+del+arroz+rojo+smith&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiA3Jat0bHTAhXGNiYKHfh eCqsQ6AEIGTAA>

Tejada, F. 2013. Arroz y Vaneamiento. (en línea). Consultado 6 Julio 2016. Disponible en <http://hoy.com.do/arroz-y-vaneamiento-1998-2013/>

Yamada, T. 2000. Boro: ¿Se están aplicando las dosis suficientes para el adecuado desarrollo de las plantas? (en línea). Consultado el 20 de Octubre de 2016. Disponible en: [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/2FF1BD79ED23FCBF852579A300799E60/\\$FILE/Boro.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/2FF1BD79ED23FCBF852579A300799E60/$FILE/Boro.pdf)

ANEXOS

Anexo 1. Muestreo de suelo y marcación de parcelas



Anexo 2. Pesado, secado y molienda de las muestras foliares.



Anexo 3. Análisis de muestras foliares



Muestras foliares y HCl



Filtrado de la solución



Solución más curcumina



Determinación de boro por colorimetría