



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



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo,  
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito  
previo para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA:**

“El boro como elemento multifuncional en cultivos de ciclo corto”.

**AUTOR:**

Byron José Mora Cerezo

**TUTOR:**

Ing. Agr. Marlon López Izurieta, MSc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2019

## RESUMEN

Los cultivos de ciclo corto son los más utilizados por los agricultores, debido a que su ciclo es de poco tiempo generando menor inversión, mayor control de labores agrícolas y obtención de altos rendimientos en menor tiempo, lo que promueve a que se alcancen beneficios económicos rentables.

El boro es uno de los siete micronutrientes esenciales para el crecimiento normal de las plantas, importante especialmente en todo el reino vegetal. Este elemento es indispensable para el sistema radicular de la plantación, floración, cuajado de frutos y durante el proceso de formación de semillas. Además regula el contenido de agua y su principal función es el transporte de azúcares en las plantas que son absorbidos bajo la forma de ácido bórico. Dentro de la planta es considerado como un elemento poco móvil. En los cultivos de ciclo corto su utilización es de mayor asimilación para la plantación con la finalidad de incrementar los rendimientos.

Las conclusiones determinaron que la siembra de cultivo de ciclo corto es la que más realizan los agricultores, con la finalidad de obtener ingresos económicos en menor tiempo; es importante que los productores apliquen microelementos a sus cultivos, para que logren incrementar sus rendimientos; el uso de boro en épocas y cantidades adecuadas ayuda al desarrollo normal de la plantación, lo que promueve la elongación de las células, polinización, floración, producción de semillas y equilibra el sistema hormonal de las plantas y evitar la deficiencia y toxicidad del boro en los cultivos para obtener mayor producción.

Palabras claves: boro, cultivos, micronutrientes.

## **SUMMARY**

The short cycle crops are the most used by farmers, because their cycle is short-term, generating less investment, greater control of agricultural work and obtaining high yields in less time, which promotes the achievement of profitable economic benefits .

Boron is one of the seven essential micronutrients for normal plant growth, especially important throughout the plant kingdom. This element is essential for the root system of planting, flowering, fruit set and during the seed formation process. It also regulates the water content and its main function is the transport of sugars in plants that are absorbed in the form of boric acid. Inside the plant it is considered as a little mobile element. In short-cycle crops, its use is of greater assimilation for planting in order to increase yields.

The conclusions determined that the sowing of crop of short cycle is the one that more realize the agriculturalists, with the purpose of obtaining economic income in less time; it is important that producers apply microelements to their crops, so that they can increase their yields; the use of boron at times and adequate amounts helps normal plantation development, which promotes cell elongation, pollination, flowering, seed production and balances the hormonal system of plants and prevents deficiency and toxicity of boron in the crops to obtain greater production.

Keywords: boron, cultures, micronutrients.

## **ÍNDICE GENERAL**

I. INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I .....	3
MARCO METODOLÓGICO .....	3
1.1. Definición del tema caso de estudio.....	3
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivo .....	4
1.5. Fundamentación teórica.....	5
1.6. Hipótesis .....	14
1.7. Metodología de la investigación .....	15
CAPÍTULO II .....	15
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
2.1. Desarrollo del caso .....	15
2.2. Situaciones detectadas (hallazgo) .....	16
2.3. Soluciones planteadas .....	16
2.4. Conclusiones.....	16
2.5. Recomendaciones (propuesta para mejorar el caso).....	17
BIBLIOGRAFÍA .....	17
ANEXOS .....	20

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Realizando consulta sobre la temática del efecto del boro en cultivos..	21
Fig. 2. Resumen de lo investigado .....	21
Fig. 3. Compilando la información desarrollada .....	22

# I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los cultivos de ciclo corto son los que constantemente producen los agricultores, porque su producción se genera en corto tiempo lo que promueve que obtengan mayor beneficio monetario para solventar y mantener económicamente a sus familias.

Generalmente los cultivos de ciclo corto no poseen un ciclo de vida mayor a un año, lo que en este lapso de tiempo crece, florece y se cosecha su producción. Además para que estos cultivos se desarrollen de manera óptima se aplican suministros adecuados, que son controlados de manera eficaz por el ciclo de vida del cultivo, minimizando el riesgo de las siembras y las respectivas cosechas, corroborando un mejor control de la producción entre lo convencional y lo tecnológico. Los cultivos de ciclo corto que prevalecen son arroz, maíz, soya, trigo, hortalizas y ciertos tubérculos.

Antes de iniciar una actividad agrícola o instalar una huerta, es muy importante conocer la condición en que se encuentra el suelo, atendiendo a que es el lugar donde se desarrollan las raíces y encuentran los elementos minerales que utilizan las plantas para su crecimiento y producción (Villasanti, *et al.*, 2013)

El boro (B) no se necesita en grandes cantidades en las plantas, pero puede causar problemas de crecimiento graves si no se administra en niveles adecuados. El boro se diferencia de otros micronutrientes porque no hay clorosis asociada a su deficiencia, sin embargo, tiene síntomas de toxicidad similares a los de otros micronutrientes (Promix, 2017).

La deficiencia de boro puede ocasionar susceptibilidad al ataque de enfermedades en las raíces de las plantas debido a que las paredes celulares son más débiles y permiten el ingreso rápidamente de patógenos, promoviendo además la interrupción en la maduración de las plantas. También el exceso de boro es perjudicial porque se ocurre clorosis en la puntas de las hojas que posteriormente se vuelven necróticas y se queman provocando muerte y

defoliación.

El presente documento obtuvo como finalidad estudiar la influencia del boro en cultivos de ciclo corto.

# CAPÍTULO I

## MARCO METODOLÓGICO

### 1.1. Definición del tema caso de estudio

El tema se planteó definiendo el boro como elemento multifuncional en cultivos de ciclo corto.

### 1.2. Planteamiento del problema

Los cultivos, especialmente los de ciclo corto necesitan de macro y micro elementos para incrementar sus rendimientos, entre los que se destaca el boro como microelemento que debe ser aplicado a las plantas en condiciones adecuadas para su buen desarrollo.

La mayoría de los agricultores no poseen los conocimientos necesarios para las aplicaciones de microelementos, porque se cree que porque se aplican en dosificaciones menores no son de vital importancia.

Sin embargo, no cabe duda que los micronutrientes no son la salvación. Los mismos, si están en carencia deberían remediarse, a efectos de mejorar el rendimiento. Muchos de estos elementos, necesarios efectivamente en muy poca cantidad, tienen un impacto muy importante en la absorción de otros nutrientes, en mecanismos básicos del metabolismo de la planta, en la activación de enzimas y procesos, etc, que los hace n mucho más importante, que la mínima cantidad que es utilizada por los cultivos. (Ventimiglia y Torrens, 2015.)

Los efectos de la deficiencia de boro sobre los rendimientos y la calidad de las cosechas, es un hecho conocido desde hace mucho tiempo. Un exceso de boro puede limitar la absorción de potasio y magnesio. Mención especial merece su estrecha interacción con calcio, dentro de unos rangos óptimos de ambos nutrientes, se comportan como sinérgicos, pero valores deficientes o en exceso de



uno de ellos, afecta negativamente la dinámica nutricional del otro. Hay que destacar que elevadas concentraciones de calcio, pueden provocar la precipitación de borato cálcico y la coprecipitación de boro con carbonato cálcico (Infoagro, 2019).

### **1.3. Justificación**

El boro es uno de los siete micronutrientes esenciales para el crecimiento normal de las plantas. En la naturaleza, el boro esta usualmente presente en una concentración promedio de 10 ppm. Sin embargo, el rango de las concentraciones de boro en la solución del suelo, en cual las plantas sufren efectos tóxicos o deficiencias, es muy estrecha (0,3-1 ppm). El boro es esencial para el crecimiento normal de las plantas, ya que promueve la división apropiada de las células, la elongación de células, la fuerza de la pared celular, la polinización, floración, producción de las semillas y la trasladación de azúcar. El boro es también esencial para el sistema hormonal de las plantas (Smart, 2019).

La deficiencia de boro se expresa en los puntos de crecimiento de las raíces y follaje, y también en estructuras de florecimiento y de fructificación. A menudo, las yemas terminales mueren y los entrenudos del follaje se acortan, lo que da lugar a un crecimiento nuevo, deforme y achatado que emerge de los nudos laterales, lo que provoca una apariencia “roseta” o “tupida”. Los tallos son quebradizos y las hojas nuevas pueden engrosarse. Las raíces son, por lo general, cortas, achatadas y hay muy pocos pelos radicales presentes. El florecimiento y la fructificación son reducidas y lo que se desarrolla es a menudo deforme (Promix. 2017.)

### **1.4. Objetivo**

#### **General:**

Sintetizar información para mejorar los conocimientos del boro como elemento multifuncional en cultivos anuales.

#### **Específicos:**

- Diagnosticar el beneficio del boro como microelemento indispensable para mejorar la producción agrícola en cultivos anuales.
- Recopilar información sobre la manera de aplicación de boro como fuente elemental para mejorar los rendimientos.

## **1.5. Fundamentación teórica**

### **1.5.1. Fertilidad del suelo**

Villasanti, *et al.* (2013) manifiestan que la fertilidad del suelo es la capacidad de mantener el suministro de nutrientes, la vida microbiana del suelo y la complejidad física estructural del suelo en el largo plazo. Para conservar la fertilidad del suelo es preciso evitar pérdidas de suelo por erosión (protección), rotación y diversificación de cultivos, mantenimiento de la materia orgánica y una alta actividad biológica, protección del suelo y en el manejo de los cultivos. Cada tipo de cultivo tiene unos requerimientos nutricionales y el suelo contiene esos elementos en cantidades variables que pueden o no satisfacer la demanda nutricional, aquí radica la importancia de conocer el tipo de suelo e implementar técnicas adecuadas teniendo como premisa que la productividad de los suelos es una cuestión de sostenibilidad.

Rengel, *et al.* (2014) informan el adecuado suministro de nutrientes es un componente de gran importancia en los sistemas agrícolas para incrementar la producción de biomasa y satisfacer la demanda de alimentos de una población en constante crecimiento. La fertilización es una práctica agronómica esencial en la agricultura moderna, debido a que la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo es usualmente más baja que los niveles requeridos para el óptimo crecimiento de las plantas.

Según Prystupa, *et al.* (2014), la fertilidad natural de sus suelos ha permitido sostener la producción agrícola y ganadera durante varias décadas con un muy

bajo uso de fertilizantes. La consecuente disminución de la disponibilidad de nutrientes en los suelos, combinado con el creciente nivel productivo de los cultivos, determinaron la aparición de deficiencias nutricionales. Actualmente los nutrientes más deficientes son el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el azufre (S).

Desde mediados de la década del 90, la intensificación de la agricultura determinó, también, la aparición de deficiencias de diversos micronutrientes. En los últimos años se han reportado respuestas significativas a la fertilización con boro y zinc en sistemas de alta productividad de maíz, cloro (Cl) en trigo, y B en girasol (Prystupa, *et al.*, 2014).

De acuerdo a Rengel *et al.* (2014), el arroz se cultiva en suelos inundados, bajo condiciones anaeróbicas que promueven reacciones electroquímicas tendientes a disminuir la disponibilidad de micronutrientes como zinc (Zn) y boro, los cuales son requeridos para el normal crecimiento y desarrollo de las plantas.

Mengel y Kirkby (2015) dicen que desde el punto de vista fisiológico resulta difícil justificar la clasificación de los nutrientes de las plantas en micro y macronutrientes dependiendo de la concentración de los elementos en los tejidos de las plantas. La clasificación de los nutrientes de las plantas de acuerdo a su comportamiento bioquímico y función fisiológica parece ser más apropiada.

Quiroz *et al.* (2013) manifiestan que antes de iniciar el cultivo, es necesario hacer el análisis químico de suelos para determinar los contenidos de minerales, conociendo los resultados del análisis y en base a los requerimientos del arroz, se procede a aplicar los fertilizantes requeridos para lograr una buena cosecha. Si el análisis de suelo, demuestra que hay deficiencias de micro elementos como boro y zinc, se debe aplicar en arroz 300 cc de quelatado de zinc y boro, antes de inicio de primordio floral (35 a 40 días de edad).

Mengel y Kirkby (2015) divulgan que los nutrientes esenciales requeridos por las plantas superiores son exclusivamente de naturaleza inorgánica. Este requerimiento exclusivo de nutrientes inorgánicos por las plantas superiores básicamente los distingue del hombre, de los animales y un sinnúmero de

microorganismos que adicionalmente necesitan compuestos orgánicos. Para que un elemento sea considerado un nutriente esencial de las plantas deben satisfacerse tres criterios:

- 1) Una deficiencia de este elemento hace imposible a la planta completar su ciclo de vida;
- 2) La deficiencia es específica para el elemento en cuestión;
- 3) El elemento está directamente implicado en la nutrición de la planta.

Guaytarilla e Izquierdo (2016) explican que se trata de una carencia muy usual en el cultivo, ocasionando la detención del crecimiento, amarillamiento de las hojas terminales y escaso crecimiento entre nudos . Para enriquecer el suelo en este elemento se mezcla con otros abonos que facilitan su distribución. Se debe tener en cuenta que los encalados suelen agravar la situación de escasez de Boro.

Mengel y Kirkby (2015) expresan que el contenido mineral de las plantas también depende mucho de la edad del tejido. Las plantas y los tejidos más jóvenes contienen más N, K y P, mientras que en las plantas y los tejidos más maduros a menudo son observados tenores más altos de Ca, Mn, Fe y B, siempre y cuando que el contenido mineral está expresado sobre la base de materia seca.

### **1.5.2. Beneficios del boro en las plantas**

Alarcón (2014) señalan que el boro como elemento químico fue descubierto en 1808 por Gay Lussac y Thenard. Es un metaloide, con propiedades intermedias entre metales y no metales. El hecho de que el boro se encuentra como elemento mineral integrante de algunas plantas fue puesto de manifiesto por Wittstein y Apoiger en 1857. En 1895, Jay señaló que este elemento estaba repartido universalmente por todas las plantas. Bertrand, en 1912, ya señaló el empleo de sales de boro para mejorar el rendimiento de los cultivos. Bien es cierto, que inicialmente se lo identificó como elemento venenoso para las plantas, debido a los efectos negativos causados al ser aplicado.

Para Promix (2017), el boro no se necesita en grandes cantidades en las

plantas, pero puede causar problemas de crecimiento graves si no se administra en niveles adecuados. El boro se diferencia de otros micronutrientes porque no hay clorosis asociada a su deficiencia, sin embargo, tiene síntomas de toxicidad similares a los de otros micronutrientes.

Alarcón (2014) considera que el primer científico que señaló la posibilidad de su esencialidad fue Mazé, en 1914. Pero fue Warington en 1923 quien primero demostró su esencialidad. La aceptación final del boro como elemento esencial se debe a Sommer y Lipman, en 1926. En 1931, Brandenburg descubrió que el corazón podrido de la remolacha se debía a una deficiencia de boro, y desde entonces se han ido descubriendo gran variedad de cultivos que pueden quedar gravemente afectados por una carencia de este elemento.

El boro es un micronutriente esencial para plantas vasculares, diatomeas y algunas especies de algas verdes. No parece ser esencial para hongos y bacterias (con la excepción de cianobacterias), tampoco lo es para animales. Parece que sus requerimientos se hacen esenciales de forma paralela a la lignificación y diferenciación xilemática de los integrantes del reino vegetal (Alarcón, 2014).

El mismo autor indica que el ritmo de transpiración ejerce una influencia decisiva sobre el transporte de este elemento hasta las partes altas de la planta, en caso de deficiencia, los contenidos en los tejidos más jóvenes decrecen rápidamente.

Infoagro (2019) menciona que el boro juega un importante papel en la fertilización de las plantas, teniendo necesidades particularmente elevadas cuando el crecimiento en peso de las hojas es más alto y durante la floración y cuajado de frutos. Su contenido en los órganos reproductivos (anteras, estilos, estigmas, ovarios) es especialmente alto. También tiene un importante efecto positivo en el cuajado de frutos y el proceso de formación de semillas. Además, se constata que los suelos con tendencia a mostrar deficiencias de boro son mucho más extensos que para cualquier otro micronutriente, pudiendo abarcar unas ocho millones de hectáreas.

Alarcón (2014) aclara que el boro es relativamente poco móvil en el interior de las plantas, y los contenidos son superiores en las partes basales respecto a las partes más altas de las plantas, especialmente si el boro está en exceso.

Se admite que, más que un elemento móvil o inmóvil en el interior de la planta, el boro es transportado vía xilema, pero se retransporta con dificultad vía floema (al igual que el calcio, si bien es cierto que es más móvil que éste), con lo que no emigra desde las hojas hasta los nuevos puntos de crecimiento (frutos, meristemos, hojas en formación, etc.), donde existe la necesidad de un suministro regular de éste y todos los nutrientes (Alarcón, 2014).

Todo esto podría explicar su acumulación en los tejidos más viejos y también en las puntas y márgenes de las hojas, aunque también podría constituir un mecanismo de defensa de algunas especies contra su efecto tóxico. Por tanto, su acumulación en hoja va a depender del contenido del suelo en boro asimilable, del flujo de savia en el xilema y del ritmo de transpiración (Alarcón, 2014).

BR global (2015) sostiene que el papel de los micronutrientes es sumamente complejo y está asociado con procesos esenciales en los que trabajan conjuntamente con otros nutrientes. La principal función del Boro es que se relaciona con el transporte de azúcares en la planta. Afecta la fotosíntesis, el aprovechamiento del Nitrógeno y la síntesis de proteínas. Interviene en el proceso de floración y en la formación del sistema radicular de la planta y regula su contenido de agua.

Prystupa *et al.* (2014) comentan que las principales fuentes de B son el ácido bórico y los boratos de sodio. El ácido bórico y algunas formas de borato de sodio son solubles en agua y aptas para la aplicación foliar. Sin embargo, algunos boratos de sodio son menos solubles y no son aptos para la aplicación foliar. Existen distintos minerales con B que pueden ser aplicados como fertilizantes. El más difundido es la colemanita que, si bien es soluble en agua, presenta una menor solubilidad que los boratos de sodio hidratados y por ello se los aplica a suelo.

Aguayo *et al.* (2015) afirman que el boro es un elemento litófilo, de baja

concentración en rocas ígneas (5-10 mg /kg<sup>-1</sup>), que es el material de origen de la mayor parte de las áreas de siembra de soya. Su geoquímica es muy influenciada por el proceso de sedimentación, siendo encontrado en mayor cantidad en las rocas sedimentarias (3-300 mg kg<sup>-1</sup> de B), y es muy afectada por la mineralogía, encontrándose en menores cantidades en la caolinita y en mayores cantidades en suelos con altos contenidos de arcillitas. Por otro lado, el B se encuentra en parte en la materia orgánica, así suelos con bajo tenor de materia orgánica pueden presentar deficiencia.

Malavé (2015) define que el boro es un micronutriente esencial requerido por las plantas para su normal desarrollo y crecimiento. Sin embargo, a través de la historia de investigación de este elemento, ha sido establecido que los rangos de concentración en la solución del suelo que causan síntomas de deficiencia o toxicidad en las plantas son más pequeños que para cualquier otro elemento; esto, sumado a la situación de que dichos rangos varían de acuerdo con la especie; es decir, un intervalo de concentraciones de Boro puede ser normal para un determinado tipo de plantas mientras que para otras puede resultar tóxico o deficiente, ha tenido una profunda influencia para un mejor conocimiento del comportamiento del B en los suelos.

Los factores del suelo que afectan la disponibilidad de este elemento para las plantas son pH, textura, humedad, contenido y calidad de materia orgánica y tipo y contenido de arcillas. Generalmente su concentración en la solución del suelo está controlada por reacciones con superficies adsorbentes que incluyen óxidos de aluminio y hierro, hidróxido de magnesio, minerales de arcilla, carbonato de calcio y materia orgánica (Malavé, 2015).

Aguayo *et al.* (2015) reporta que la mejor forma de aplicación de B es durante la siembra, sin embargo, la distribución en el suelo es complicada, principalmente considerando la estrecha relación entre deficiencia y toxicidad en la planta, por eso la mayor parte de los productores prefieren aplicar el B en forma foliar. Además, como el B presenta baja movilidad en el floema, la opción de aplicar el B en forma foliar durante la fase vegetativa de la planta es recomendada

Según Malavé y Carrero (2017), a pesar de que hace nueve décadas desde que se demostró la esencialidad del boro para el normal crecimiento de las plantas, hasta ahora su rol bioquímico aún no está bien definido. El B es un importante micronutriente con un difícil manejo debido a que su movilidad en el floema varía marcadamente entre las especies vegetales con síntomas de deficiencia y toxicidad en un rango bastante estrecho. Durante los últimos años numerosas investigaciones han contribuido a mejorar la comprensión acerca del rol del B en las plantas. Las recientes revisiones proponen que este elemento está involucrado en tres procesos principales que incluyen: preservación de la estructura de la pared celular, mantenimiento de las funciones de la membrana y cofactor de las actividades metabólicas.

Sin embargo, debido a la ausencia de evidencias concluyentes, su rol primario en las plantas aún no está claro. El aislamiento y caracterización del complejo polisacárido-B a partir de las paredes celulares proporcionó evidencia directa para los eslabones cruzados de B en los polímeros de la pectina y confirmó in vivo su rol en la arquitectura de la pared celular. Hasta ahora, las evidencias han indicado que la esencialidad del boro en las plantas está relacionada con su capacidad para formar puentes diésteres con grupos cis-diol para producir moléculas estables como el complejo B-ramnogalacturonano II fundamental en la estructura de la pared celular (Malavé y Carrero, 2017).

Cooman, *et al.* (2015) determinan que el boro es un tercer elemento involucrado con el rajado del fruto. Los síntomas macroscópicos que evidencian una alteración de la síntesis de las paredes celulares, ocasionada por deficiencia de boro, son tallos rajados, acorchados o huecos. A la vez, a nivel microscópico se observan paredes celulares de mayor volumen y más cantidad de material parenquimatoso. El boro se relaciona con esta alteración por ser importante para la formación de las paredes celulares y en la lignificación, debido a que es necesario para la síntesis de pectinas. Por esta razón, los más altos contenidos de boro se encuentran en las paredes celulares.

Diez (2014) relata que el boro (B) es un micronutriente esencial para el desarrollo y crecimiento de la soya, cuyo requerimiento es de 25 g/ton de grano,



estando fuertemente asociado a la materia orgánica de los suelos. La información sobre las respuestas halladas en soya son divergentes, con respuestas positivas.

Melgar, *et al.* (2001) exponen que el boro (B) y el zinc (Zn) se mencionan entre los micronutrientes mas 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 B es uno de los micronutrientes que provoca deficiencias mas frecuentes en cultivos como el maíz.

Brown y Hu (2013) aseguran que en todas las regiones agrícolas del mundo se encuentran síntomas de deficiencia y toxicidad de boro. La identificación y la corrección de estos desequilibrios requieren de un buen conocimiento de los procesos que gobiernan la absorción, movilización y distribución del B en la planta.

Cooman, *et al.* (2015) estiman que las plantas adsorben el boro principalmente bajo la forma de ácido bórico sin disociar,  $H_3BO_3$ , representado con mayor exactitud como  $B[OH]_3$ . Dentro de la planta el boro es un elemento poco móvil.

Brown y Hu (2013) argumentan que actualmente se conoce que el B es móvil en el floema de todas las especies que utilizan poliols (azúcares simples) como un metabolito fotosintético primario. En estas especies, un complejo polioliol-B-polioliol se forma en los tejidos fotosintéticos y es transportado en el floema hacia zonas de acumulación activa, como los meristemas vegetativos o reproductivos. En especies que no producen cantidades significativas de poliols, el B, una vez transportado hasta la hoja a través del flujo transpiratorio, no puede reentrar en el floema, dando como resultado una completa inmovilidad de este elemento en la hoja.

Melgar, *et al.* (2001) apuntan que la producción de maíz con altos niveles de fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre, y a veces con riego complementario, los niveles frecuentemente subóptimos de B y Zn en el suelo, podrían limitar la expresión del rendimiento de los híbridos de maíz de alto potencial, y determinar aumentos de la producción, por el agregado de esos micronutrientes.

Botta *et al.* (2017) refieren que el Boro es un micronutriente con una movilidad restringida en la planta la cual depende de las especies vegetales. La aplicación de Boro incrementa el cuajado y los rendimientos en frutos diversos, aun sin mostrar los árboles síntomas vegetativos de deficiencia. Esto sugiere la existencia de un requerimiento específico de Boro durante el crecimiento reproductivo, que puede verse afectado si el Boro no está suficientemente disponible en la planta. Diversos ensayos de campo con aplicaciones de productos basados en hidrolizados enzimáticos de proteínas han demostrado como los aminoácidos ayudan a la mayor absorción y al transporte de nutrientes dentro de la planta, mejorando la producción y la calidad de las cosechas.

### **1.5.3. Deficiencia del boro**

Smart (2019) difunde que los síntomas de la deficiencia de boro incluyen: Formación inhabitada de yemas florales, brotes secos, entrenudos cortos, deformaciones, baja viabilidad del polen y desarrollo inhabitado de semillas.

Promix (2017) informa que la deficiencia de boro se expresa en los puntos de crecimiento de las raíces y follaje, y también en estructuras de florecimiento y de fructificación. A menudo, las yemas terminales mueren y los entrenudos del follaje se acortan, lo que da lugar a un crecimiento nuevo, deforme y achatado que emerge de los nudos laterales, lo que provoca una apariencia “roseta” o “tupida”. Los tallos son quebradizos y las hojas nuevas pueden engrosarse. Las raíces son, por lo general, cortas, achatadas y hay muy pocos pelos radicales presentes. El florecimiento y la fructificación son reducidas y lo que se desarrolla es a menudo deforme.

Aguayo, *et al.* (2015) indican que la deficiencia de B en las plantas se caracteriza por el acortamiento de los entrenudos; formación de roseta apical; hojas nuevas de tamaño reducido, encorvadas, deformadas y espesas; raíces negras y gruesas; trastornos metabólicos y aumento en la producción de compuestos fenólicos y disminución de crecimiento de la planta. La deficiencia de B causa disminución de la plasticidad de las paredes celulares, impidiendo la división y

elongación de las células de los tejidos meristemáticos de las raíces, observándose que las mismas se presentan con coloración oscura, cuando hay deficiencia de B, ocurriendo finalmente disminución de la longitud de las raíces principales y menor cantidad y longitud de raíces secundarias.

#### **1.5.4. Toxicidad del boro**

De acuerdo a Smart (2019), los síntomas de toxicidad de boro incluyen: Clorosis y necrosis de los puntos de crecimiento que progresa hacia el centro de las hojas, y más tarde hojas que se caen e incluso la muerte de la planta.

Promix (2017) manifiesta que la toxicidad por boro es similar a las toxicidades por otros micronutrientes, en las que las hojas más viejas comienzan a mostrar clorosis marginal o en las puntas de las hojas que pronto se vuelven necróticas o se queman. La necrosis progresa hacia el interior de la hoja y causa su muerte y defoliación. Puede afectar rápidamente a todas las hojas inferiores. El intervalo entre una velocidad de aplicación correcta y una aplicación tóxica es muy pequeño.

Si ocurre una toxicidad por boro, realice una prueba de los niveles de pH y de nutrientes del sustrato y también realice una prueba del agua. La toxicidad por boro puede ocurrir si el pH del sustrato está por debajo de los 5,5 o si hay una aplicación excesiva de boro. Verifique la fuente del agua, ya que los niveles por sobre 0,5 ppm son considerados altos, especialmente cuando se combina con fertilizantes estándar que contienen boro. Lixiviar el sustrato ayudará a eliminar el exceso de boro y está comprobado que la aplicación de un fertilizante que contenga calcio restringe el boro y lo deja indisponible (Promix, 2017).

#### **1.6. Preguntas orientadas a la investigación**

¿El boro como microelemento indispensable mejorará la producción agrícola en cultivos de ciclo corto?.

Ha = El boro como microelemento indispensable mejorará la producción

agrícola en cultivos de ciclo corto.

### **1.7. Metodología de la investigación**

Para el desarrollo y construcción del documento se recopiló información bibliográfica de libros, revistas, manuales agrícolas, publicaciones, y documentos online.

La información presentada fue resumida y analizada mediante la técnica de síntesis y parafraseo, con el propósito de que el documento sea comprensible y de fácil lectura en lo referente al boro como microelemento indispensable mejorará la producción agrícola en cultivos de ciclo corto.

## **CAPÍTULO II RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.1. Desarrollo del caso**

La finalidad del documento es recopilar y validar la información sobre el boro como elemento multifuncional en cultivos de ciclo corto, porque la aplicación de este microelemento en dosis adecuadas puede mejorar significativamente los rendimientos de los cultivos, promoviendo mayor ingreso económico y mejorando la calidad de vida de los agricultores.

## **2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)**

Mediante la información adquirida se determinó la importancia del microelemento boro para la producción de los cultivos, hecho importante para concientizar a los agricultores para que apliquen este elemento en dosis adecuadas para mejorar las condiciones del suelo y particularmente de los cultivos.

Generalmente la deficiencia o exceso del boro puede repercutir en la producción, porque si existe deficiencia provoca daños en las raíces y el follaje incidiendo en la floración y fructificación y con toxicidad provoca clorosis en la punta de las hojas que posteriormente se vuelven necróticas y se quemas causando defoliación y muerte de las hojas.

## **2.3. Soluciones planteadas**

Debe de realizarse capacitación continua a los productores de cultivos de ciclo corto, con la finalidad de incentivarlos y concientizarlos para el uso correcto y aplicación de micronutrientes, especialmente boro, para que obtengan mayores rendimientos y beneficios económicos rentables.

La disponibilidad de los micronutrientes es esencial para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas y para obtener rendimientos elevados. Cuando existe deficiencia de uno o varios elementos menores, éstos se convierten en factores limitantes del crecimiento y de la producción, aunque existan cantidades adecuadas de los otros nutrientes (BR global, 2015.)

## **2.4. Conclusiones**

- El uso de boro en épocas y cantidades adecuadas ayuda al desarrollo normal de la plantación, lo que promueve la elongación de las células, polinización, floración, producción de semillas y equilibra el sistema hormonal de las plantas.

- La siembra de cultivos anuales es la que más realizan los agricultores, con la finalidad de obtener ingresos económicos en menor tiempo.
- Es importante que los productores apliquen microelementos a sus cultivos, para que logren incrementar sus rendimientos.
- El boro se aplica en manera foliar en los cultivos.

## **2.5. Recomendaciones (propuesta para mejorar el caso)**

- Utilizar los micronutrientes esenciales para el desarrollo y producción de los cultivos.
- Promover el uso de boro en los cultivos de ciclo anual.
- Utilizar el boro en época y dosis adecuada para mejorar la producción de la plantación.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Aguayo, S., Rasche, J., Salvador, C., Karajallo, J., González, A. 2015. Fertilización foliar con boro en el cultivo de la soja. Investigaciones. Agrarias. 17(2):129-137.

Alarcón, A. 2014. El boro como nutriente esencial. Parte i: aspectos fisiológicos y dinámica en suelo. Dpto. Producción Agraria. Área Edafología y Química Agrícola. ETSIA. Universidad Politécnica de Cartagena.

Botta, A., Marcón, M., Marín, C., Sierras, N., Carrión, M., Piñol, R. 2017. Mejora en

cuajado y calibre tras la aplicación de Boro con aminoácidos en diferentes cultivos. XI Congreso SECH. Actas de Horticultura Nº 48. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. ISBN: 978-84-690-5619-6

BR global. 2015. Importancia de los micronutrientes. Disponible en <http://www.brglimited.com/download/MicroNutrientes.pdf>

Brown, P., Hu, H. 2013. Manejo del boro de acuerdo a su movilidad en la planta. Informaciones Agronómicas No. 36.

Cooman, A., Torres, C., Fischer, G. 2015. Determinación de las causas del rajado del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.) bajo cubierta. II. Efecto de la oferta de calcio, boro y cobre. Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia. Agronomía Colombiana, vol. 23, núm. 1, , pp. 74-82

Diez, M. 2014. Manejo de los efluentes originados en tambo: Una experiencia en el este de La Pampa. Cultivos de cobertura en secuencias soja-soja. Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Informaciones Agronómicas # 47

Guaytarilla, N., Izquierdo, C. 2016. Respuesta de la fertilización con Boro en los Cultivos en Santa Rosa de Cusubamba- Cayambe La Granja. Universidad Politécnica Salesiana Cuenca, Ecuador. Revista de Ciencias de la Vida, núm. 4, pp. 67-70

Infoagro. 2019. El boro como nutriente esencial. Disponible en [http://www.infoagro.com/hortalizas/boro\\_nutriente\\_esencial2.htm](http://www.infoagro.com/hortalizas/boro_nutriente_esencial2.htm)

Malavè, A. 2015. Los suelos como fuente de boro para las plantas.

Malavè, A., Carrero, P. 2017. Desempeño funcional del boro en las plantas.

Melgar, R., Lavandera, J., Torres, M., Ventimiglia, L. 2001. Respuesta a la fertilización con Boro y Zinc en sistemas intensivos de producción de maíz.

Ciencia del Suelo 19 (2). Pags. 109-114

Mengel, K., Kirkby, E. 2015. Principios de Principios de Nutrición Nutrición Vegetal. 4ta. Edición. 1era en Español. Instituto Internacional de la Potasa Bsilea, Suiza.

Promix. 2017. Rol del boro en el cultivo de plantas. Disponible en <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-boro-en-el-cultivo-de-plantas/>

Prystupa, P., Torres, M., Ferraris, G. 2014. Tecnología de aplicación de micronutrientes en la región pampeana argentina. Fertilidad y Fertilizantes, Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Quiroz, J., Castro, J., Procel, C. 2013. Manejo integrado del cultivo de arroz en el sistema de secano zona de Montalvo. Guía Técnica del Arroz para Agricultores. Boletín Divulgativo N° 419. Estación Experimental Litoral Sur "Dr. Enrique Ampuero Pareja". Núcleo de Transferencia de Tecnología y Comunicación.

Rengel, M., Cruz, J., Croce, J., Montaña, J., Chirinos, I. 2014. Efecto de la fertilización foliar con zinc y boro sobre los componentes del rendimiento en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en suelos inundados. Revista Científica UDO Agrícola 12 (1): 157-165.

Revista Científica UDO Agrícola, ISSN-e 1317-9152, Vol. 5, N°. 1, 2005, págs. 10-26

Revista Científica UDO Agrícola, ISSN-e 1317-9152, Vol. 7, N°. 1, págs. 1-14

Smart. 2019. El Boro en las plantas. Disponible en <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/boron>

Ventimiglia, L., Torrens, L. 2015. Efecto del Zinc, Boro y otros nutrientes en el



rendimiento del maíz. Estación Experimental Agropecuaria Pergamino “Ing. Agr. Walter Kugler”. UCT Agrícola Ganadera del Centro, AER 9 de Julio.

Villasanti, Cl., Román, P., Pantoja, A. 2013. El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i3361s.pdf>

## ANEXOS



Fig. 1. Realizando la consulta sobre la temática del efecto del boro en cultivos

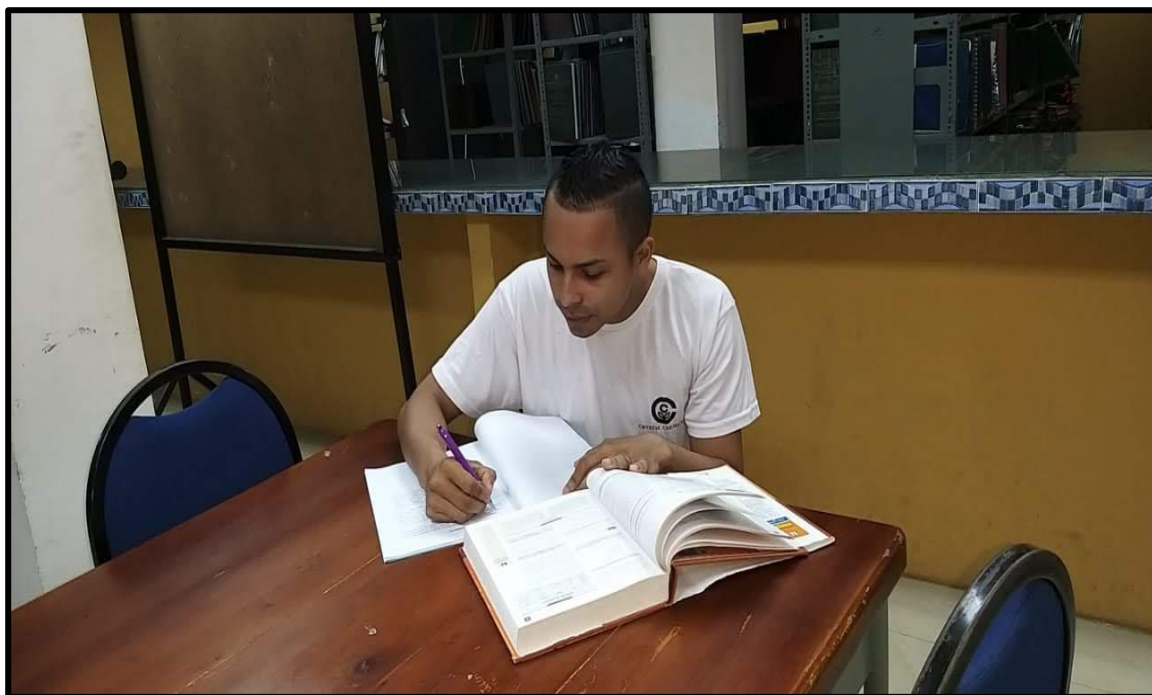


Fig. 2. Resumen de lo investigado

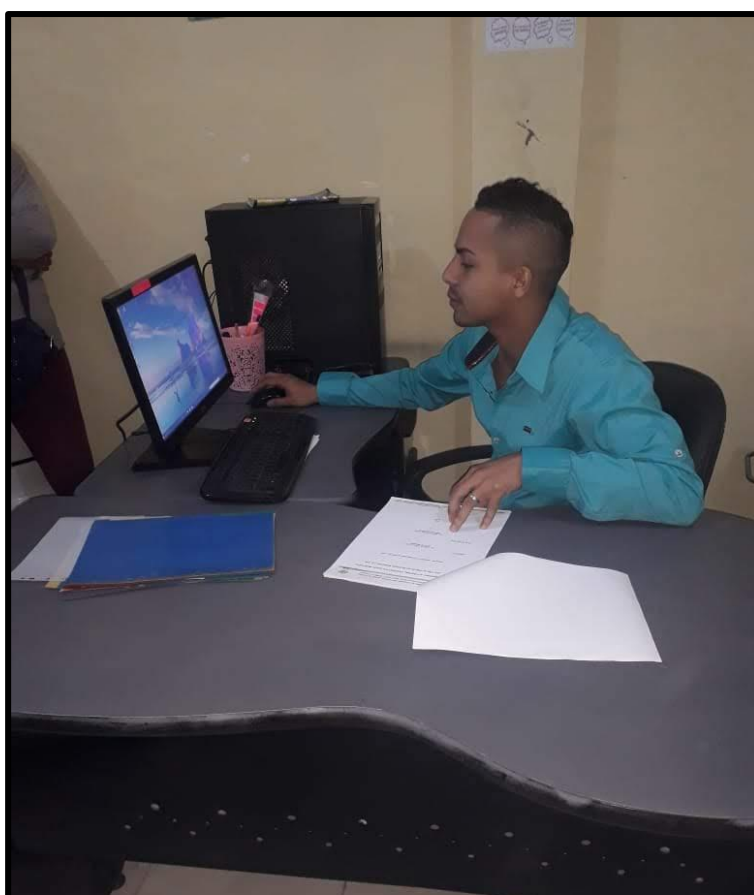


Fig. 3. Compilando la información desarrollada