



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



TRABAJO DE TITULACIÓN

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

INGENIERA AGRONOMA

TEMA:

“Importancia de los macronutrientes en el cultivo de soya (*Glycine max*)”

AUTORA:

Ana Elizabeth Macias Quezada

TUTOR:

Ing. Agr. Guillermo García Vásquez, M.Sc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2019



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



DEDICATORIA

Gracias a Dios que me ayudó en todo momento.

Mis padres Nancy Quezada y Manuel Macias por mostrarme el camino hacia la superación y éxito, mis hermanos Victor y Odalys por brindarme su apoyo en cada momento.



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



AGRADECIMIENTO

Agradezco en primera instancia a Dios por bendecirme, guiarme, y darme fortaleza a lo largo de mi carrera profesional en aquellos momentos de dificultades y debilidades.

A mis padres Nancy y Manuel, hermanos Víctor y Odalys por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas.

A mi esposo Josué Pazmiño e hija Kennia Pazmiño por estar a mi lado siempre inclusive en los momentos y situaciones más tormentosas, son mis pilares fundamentales para culminar con éxito mi profesión

A mis amigos Ivonne López, Daniela Mendoza, Boris Barragán y Nahin Castillo que de alguna manera estuvieron apoyándome en mi arduo camino para poder llegar a ser una profesional.

A mi grupo de estudios en aula: Gerardo Burgos, Gabriela Espinoza, Génesis Amat; quienes fuimos unidos, ante todo, destacándonos en cada uno de nuestros trabajos tanto en clase como en el campo.

De igual manera mis agradecimientos a los Ingenieros: Marlon López, David Mayorga, Viviana Sánchez, Carlos Barros, David Álava, Carlos Castro, la Dra. Carmen Triviño entre otros profesionales quienes con las enseñanzas de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Finalmente quiero expresar mis más grandes y sinceros agradecimientos al Ing. Guillermo García (Tutor) quien, con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

RESUMEN

“Importancia de los macronutrientes en el cultivo de soya (*Glycine max*)”

AUTORA:

Ana Elizabeth Macias Quezada

TUTOR:

Ing. Agr. Guillermo García Vásquez, M.Sc.

La soya forma parte de uno de los mayores cultivos en el Ecuador y representa un sector considerable dentro de la economía del país, siendo un cultivo que se da mayormente en la Región Litoral. Esta investigación se ha centrado en analizar la importancia de los macronutrientes en el cultivo de soya, los cuales son vitales para su normal desarrollo, por lo que se ha debido analizar uno por uno, para ubicarlos en un grado relevante dentro de la estructura de crecimiento de la planta de soya. Las deficiencias descritas dentro de este documento exhiben sus resultados y se identifican según el análisis de la apariencia que presente la planta, determinando así qué macronutrientes están haciendo falta para que la planta de soya de desarrolle con normalidad. Finalizando con las recomendaciones, se propone ejercer jornadas de capacitación a los agricultores para que sepan reconocer los problemas de deficiencias de macronutrientes en el cultivo de soya, y aplicar programas de fertilización apropiados.

Palabras clave: soya, macronutrientes, fertilización, leguminosa.

SUMMARY

“Importance of macronutrients in soybean cultivation (*Glycine max*)”

AUTHOR:

Ana Elizabeth Macias Quezada

TUTOR:

Ing. Agr. Guillermo García Vásquez, M.Sc.

Soy is part of one of the largest crops in Ecuador and represents a considerable sector within the country's economy, being a crop that occurs mostly in the Coastal Region. This research has focused on analyzing the importance of macronutrients in the cultivation of soybeans, which are vital for their normal development, so it must have been analyzed one by one, to place them in a relevant degree within the growth structure from the soybean plant. The deficiencies described in this document show their results and are identified according to the analysis of the appearance of the plant, thus determining what macronutrients are needed for the soy plant to develop normally. Finalizing the recommendations, it is proposed to train the farmers to know how to recognize the problems of macronutrient deficiencies in soybean cultivation, and to apply appropriate fertilization programs.

Keywords: soy, macronutrients, fertilization, legume.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO	II
AUTORIZACIÓN DE AUTORÍA INTELECTUAL	¡Error! Marcador no definido.
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	¡Error! Marcador no definido.
RESUMEN.....	III
SUMMARY	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
ÍNDICE DE GRÁFICOS	VII
I. INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL.....	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
CAPÍTULO I.....	3
MARCO METODOLÓGICO	3
1.1. Definición del tema caso de estudio	3
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Preguntas orientadas para el análisis del problema	4
1.4. Justificación.	4
1.5. Fundamentación teórica.	5
1.5.1. Los macronutrientes en los cultivos de soya.....	5
1.5.2. Funciones del Nitrógeno (N) en soya.....	6
1.5.3. Síntomas de deficiencia del Nitrógeno en soya	6
1.5.4. Época de aplicación de Nitrógeno en soya.....	7
1.5.5. Simbiosis del cultivo de soya con la bacteria <i>Bradyrhizobium japonicum</i>	7
1.5.6. Funciones del Fósforo (P) en soya	8
1.5.7. Síntomas de deficiencias de Fósforo en la soya.....	9
1.5.8. Época de aplicación del Fósforo en soya	9
1.5.9. Funciones del Potasio (K) en la soya	9
1.5.10. Síntomas de deficiencia del Potasio en la soya.....	10
1.5.11. Época de aplicación de Potasio en soya.....	10

1.5.12. Funciones del Magnesio en la soya.....	11
1.5.13. Síntomas de deficiencia de Magnesio en la soya	11
1.5.14. Época de aplicación del Magnesio en la soya	12
1.5.15. Funciones del Azufre (S) en la soya.....	12
1.5.16. Síntomas de deficiencia del Azufre en la soya.....	12
1.5.17. Época de aplicación del Azufre en la soya.....	13
1.5.18. Funciones del Calcio (Ca) en la soya	13
1.5.19. Síntomas de deficiencia del Calcio en la soya	13
1.5.20. Época de aplicación del calcio en la soya	14
1.5.21. Importancia de la fertilización foliar.....	14
1.6. Metodología de la investigación.	16
1.6.1. Modalidad de estudio.	16
1.6.2. Métodos.....	16
1.6.3. Factores de estudio.....	16
CAPÍTULO II.....	17
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	17
2.1. Desarrollo del caso.....	17
2.2. Situaciones detectadas	17
2.3. Soluciones planteadas.....	18
2.4. Conclusiones.....	18
2.5. Recomendaciones	19
BIBLIOGRAFÍA	20
ANEXOS	23

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. Deficiencia de Nitrógeno en soya.....	23
Figura 2. Deficiencia de Fósforo en soya.....	23
Figura 3. Deficiencia de Potasio en soya	24
Figura 4. Deficiencia de Magnesio en soya	24
Figura 5. Deficiencia de Azufre en soya.....	24
Figura 6. Deficiencia de Calcio en soya.....	24

I. INTRODUCCIÓN

La soya (*Glycine max*) es uno de los cultivos más importantes, cuya producción aumenta a grandes pasos en el mundo, ya que contribuye significativamente a la nutrición humana en general, tanto por las calorías como por las proteínas que aporta. Se trata de un cultivo para satisfacer la demanda, en acelerado crecimiento. Esta oleaginosa se cultiva principalmente para la producción de semillas y su transformación en harina proteica, para la elaboración de alimento balanceado de consumo animal. El aceite se utiliza para alimentación humana, para usos industriales (fabricación de margarinas, mantequillas, chocolates, confitería, etc.) y en los últimos años, para la elaboración de biodiesel.

En el Ecuador en el año 2018, se cosecharon 21 051 hectáreas, con una producción de 37 719 toneladas y un rendimiento promedio de 1,79 t/ha. La provincia de Los Ríos aportó con el 73,91 % de la producción nacional mientras que Guayas aportó con el 26,09 %. El rendimiento promedio de Los Ríos fue de 1,71 t/ha mientras que en Guayas fue de 2,06 t/ha (MAG 2018).

El Litoral ecuatoriano se compone una gran variedad de cultivos entre los cuales destaca la soya, la cual en su gran mayoría es exportada, lo que genera gran cantidad de divisas al país; es por esto que surge la necesidad de mantener las propiedades del suelo de forma óptima, pues al ser un cultivo de ciclo corto, no da oportunidad ni tiempo para que el suelo se renueve de forma natural, y es así que se debe recurrir al uso de la tecnología para reponer las propiedades que pierde el suelo después de cada cosecha (García y Schlatter 2012).

En el suelo coexisten dos tipos de nutrientes de origen natural, los micronutrientes y los macronutrientes. Los micronutrientes (Hierro, Manganeso, Boro, Zinc, Cobre y Molibdeno) en el suelo son de suma importancia para la nutrición de las plantas, pues la disponibilidad de ellos es esencial para el adecuado crecimiento y desarrollo de las mismas y así 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 (BRGLOBAL 2012).

Los macronutrientes son requeridos en grandes cantidades, y son elementos que proveen al suelo de propiedades regenerativas y favorecen a los cultivos que en él se desarrollen; estos son: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Azufre (S), Magnesio (Mg) y Calcio (Ca) (FAO 2015). La presencia de una cantidad suficiente de macronutrientes en el suelo no garantiza por sí misma la correcta nutrición de las plantas, pues estos elementos deben encontrarse en formas moleculares que permitan ser asimilados por los vegetales. En síntesis, se puede decir que una cantidad suficiente y una adecuada disponibilidad de estos elementos mayores en el suelo son fundamentales para el correcto desarrollo de las plantas (AGRI-NOVA 2015).

El cultivo de soya requiere una cantidad importante de macronutrientes para lograr un adecuado crecimiento y rendimiento. Si bien es capaz de mantener rendimientos relativamente elevados en condiciones de baja fertilidad, en general presenta requerimientos de nutrientes por tonelada de grano cosechado superiores a los otros cultivos extensivos como maíz o trigo (IPNI 2012).

Por esta razón se pretende realizar el presente documento, en el cual se explicará detalladamente todo lo referente a los macronutrientes en el desarrollo del cultivo de soya, sirviendo como una fuente de información para estudiantes y productores.

OBJETIVO GENERAL

- Describir la importancia de los macronutrientes en el cultivo de soya.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Detallar las funciones del Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Azufre, Magnesio y Calcio en el cultivo de soya.
- Enlistar los síntomas de deficiencia del Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Azufre, Magnesio y Calcio en el cultivo de soya.

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

El tema presentado en este trabajo investigativo, que tiene como objetivo optar por el título de Ingeniera Agrónoma, es el siguiente:

“Importancia de los macronutrientes en el cultivo de soya (*Glycine max*)”

1.2. Planteamiento del problema

El cultivo de soya en el Ecuador es uno de los principales productos para el mantenimiento de la economía en el sector agrícola, este tipo de cultivos se da en la Región Costa del país, por tal motivo con el pasar de los años el cultivo de la soya ha evolucionado, para mejorar sus resultados tanto en productividad como en la calidad del producto. El cultivo de soya no está exento de problemas en su producción, como la calidad del suelo, deficiencias nutricionales, el clima y las plagas y enfermedades que pudieren presentarse.

Para García (2004), la degradación resultante a partir de la descapitalización de nutrientes en los suelos afecta la productividad de la soya y de otros cultivos en el corto plazo en zonas con historia agrícola más prolongada, mientras que estos efectos se observarán a mediano plazo en áreas de menor “agriculturización” y “sojización”. En síntesis, la fertilización en soya se plantea a partir de la necesidad de mejorar los rendimientos y la rentabilidad del cultivo, y los balances de nutrientes en los suelos para mantener y/o mejorar su capacidad de producción.

Leikam et al. (2003) citado por Fontanetto et al. (2011) indican que en el manejo de nutrientes poco móviles en el suelo como fósforo (P) y potasio (K) pueden identificarse dos estrategias: manejo por suficiencia y la estrategia de subir y mantener los niveles de nutrientes en el suelo. El manejo por suficiencia busca aplicar una cantidad de P o K tal que permita maximizar el retorno de la inversión del fertilizante en el año de aplicación, considerándose por lo tanto una estrategia de fertilización del cultivo. La estrategia de subir

y mantener, o manejo por balances, tiene como objetivo manejar los niveles de nutrientes en suelo de forma de alcanzar un nivel de disponibilidad nutricional que minimice la probabilidad de que existan limitantes nutricionales para el rendimiento. El uso de una u otra estrategia implica ciertos riesgos, por lo que la decisión debe considerar no solo factores agronómicos sino también empresariales y de actitud frente al riesgo de cada productor.

Cubilla (2014) expone que existen dos factores químicos limitantes del suelo para la producción agrícola, principalmente cuando se trata del cultivo de leguminosas como la soya, estos son la acidez y el bajo nivel de potasio extractable. Por otro lado, estos suelos tienen una alta capacidad de fijación de potasio lo cual hace necesaria que la fertilización fosfatada satisfaga tanto los requerimientos del suelo cómo los de la planta

1.3. Preguntas orientadas para el análisis del problema

¿Cuáles son las funciones de los macronutrientes en el cultivo de soya?

¿Cuáles son los síntomas de deficiencia de los macronutrientes en el cultivo de soya?

¿Cuál es la época de aplicación de los macronutrientes en el cultivo de soya?

1.4. Justificación.

Alvarado 2001 citado por Zapata (2011), establece que dentro de los problemas que limitan la baja en el rendimiento del cultivo de la soya se pueden mencionar entre otros: la variedad utilizada, el control de plagas y enfermedades, condiciones ambientales, suelo, manejo de cultivos, densidad de siembra, óptima nutrición mineral, y control de malezas; estos mismos si carecen de una tecnología no adecuada son una limitante en la producción del rendimiento del grano.

Gasó y Nuñez (2015) declaran que se debe conocer los requerimientos internos de nutrientes, esto permite conocer la cantidad de cada nutriente que debe absorber el cultivo de soya para alcanzar un rendimiento determinado y la eficiencia de uso de esos nutrientes,

siendo una información importante a considerar para la definición de la dosis de fertilización.

Por tal motivo este trabajo encuentra su justificación en la intención de explorar la importancia de los macronutrientes en el desarrollo de cultivos de soya y los métodos para que estos desarrollen sus cualidades de manera efectiva, este trabajo está dirigido a estudiantes y profesionales de las ciencias agrícolas en general y beneficiará al sector productivo del cultivo de soya.

1.5. Fundamentación teórica.

1.5.1. Los macronutrientes en los cultivos de soya

El cultivo de soya está adaptado a un amplio rango de texturas de suelo. Se pueden producir altos rendimientos, tanto en suelos arenosos como arcillosos, si el agua y los nutrientes no son limitantes. Si bien la soya es inusualmente productiva en suelos pobres, es exigente en fertilidad para alcanzar altos rendimiento (Baigorri e Juárez 2010).

Schrader y Briskin (1989) citados por Baigorri e Juárez (2010) señalan que existen 18 elementos que se consideran esenciales para la soya y a los que se los puede dividir en:

Nutrientes no minerales: carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O): constituyen los principales componentes de la materia seca de la planta, representando aproximadamente entre el 91 al 93% de la misma. Se obtienen o absorben como CO₂, H₂O y O₂ libre atmosférico.

Nutrientes minerales: son obtenidos del suelo y en el caso del nitrógeno (N), también del aire por el proceso de fijación; representan aproximadamente entre 7 al 9% de la materia seca (MS) de la planta. Pueden ser subdivididos en:

- Primarios: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) (6% de la MS).
- Secundarios: calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) (1,7% de la MS).

- Micronutrientes: hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), cobre (Cu), boro (B), zinc (Zn) y cloro (Cl) (0,2% de la MS). A esta lista se agrega el cobalto (Co), que es beneficioso para la fijación de N₂. El elemento esencial más recientemente descubierto para la soya es el níquel (Ni), que es requerido únicamente por la soya, cuando fija N₂ simbióticamente.

1.5.2. Funciones del Nitrógeno (N) en soya

El Nitrógeno (N) es el elemento que presenta mayor demanda por parte del cultivo de soya. El rendimiento de esta especie se relaciona de manera positiva con la absorción de N por la planta. Como sucede con otras especies de la familia de las leguminosas, la soya cubre sus requerimientos de N a través de la fijación biológica del nitrógeno (FBN) atmosférico, de la absorción del N inorgánico del suelo y, eventualmente, del aportado mediante fertilizantes (Ferraris y Couretot 2011). Entre las funciones que cumple encontramos las siguientes:

El nitrógeno (N) está fuertemente ligado a la producción de los cultivos, ya que la cantidad de N acumulado en las hojas, determina la intensidad del proceso fotosintético (Salvagiotti et al. 2009).

Forma parte de los aminoácidos que son esenciales para la formación de proteínas y son considerados estos componentes de los mismos. En adición a aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos y bases nitrogenadas, el nitrógeno es también componente de compuestos incluyendo nucleótidos, amidas y aminas (Rodríguez Ortiz 1998).

Juega un papel importante como constituyente de la clorofila, en la coloración verde característica de todas las plantas verdes. Así que el color de la hoja es un buen indicador del nivel de nitrógeno en los cultivos (Rodríguez Ortiz 1998).

1.5.3. Síntomas de deficiencia del Nitrógeno en soya

La falta de nitrógeno en la planta de soya puede verificarse observando los siguientes cambios físicos: (Anexo 1)

- Hojas inferiores se presentan con una clorosis generalizada, pudiendo caer con el avance del síntoma. Las hojas más nuevas se tornan más claras (STOLLER 2017).
- Bajo desarrollo vegetativo y radicular, de esta manera se puede identificar los escasos de este componente en la planta (STOLLER 2017).
- Madurez prematura (Resendez 2007).

1.5.4. Época de aplicación de Nitrógeno en soya

La aplicación de fertilizantes en el cultivo de la soya es muy importante, pero debe de conocerse el momento apropiado para su aplicación, en este caso en N lo recomienda (SMART 2018) “Es muy importante la fertilización al inicio de la temporada o en llenado de grano. Conocer los requerimientos nutricionales de este cultivo conduce a la correcta aplicación de nitrógeno. La movilización de nitrógeno se encuentra en su máximo punto en la 8va semana luego de la siembra. El programa de fertilización debe basarse en el rendimiento esperado y en los análisis de suelo, agua y tejido”.

El portal (AGROVOZ 2011) define que la fijación biológica del nitrógeno en cultivos de soya es un proceso de gran importancia porque les permite a las plantas lograr una adecuada nutrición acorde a su capacidad productiva, independizándose en gran medida de la disponibilidad del nutriente en el suelo.

Muchos estudios se han realizado con el fin de determinar el momento ideal para aplicar N. Es muy importante la fertilización al inicio de la temporada o en llenado de grano donde la asimilación de este nutriente es mayor. (Salvagiotti et al. 2009)

1.5.5. Simbiosis del cultivo de soya con la bacteria *Bradyrhizobium japonicum*

Es importante señalar que la soya, en su calidad de planta leguminosa, no requiere de fertilización nitrogenada, siempre que en el suelo esté presente la bacteria *Bradyrhizobium japonicum*. Dicho organismo se asocia con las raíces del cultivo y da lugar

a una relación simbiótica cuyo resultado es la fijación y utilización de N atmosférico en beneficio de la soya (Amores 1992).

(Angeles y Cruz 2015) señalan que las bacterias comúnmente conocidas como rizobios habitan en los nódulos fijadores de nitrógeno de las raíces de las leguminosas. El carbón fijado fotosintéticamente en el cloroplasto de la hoja es transportado a las raíces y es en este tejido donde la bacteria lo usa como una fuente de energía y de electrones para la reducción de di-nitrógeno atmosférico a amonio, que sirve como fuente de nitrógeno para las plantas. La interacción que se lleva a cabo entre los microorganismos fijadores de nitrógeno y sus hospederos puede resultar muy específica; la familia *Rhizobiaceae* son simbióticos fijadores de nitrógeno que pueden encontrarse en las raíces de las plantas, principalmente las leguminosas. Estos microorganismos son los responsables de la porción más grande del nitrógeno fijado en el mundo.

1.5.6. Funciones del Fósforo (P) en soya

(Ham et al. 1973) citado por (Alonso Vaquer et al. 2012) señalan que el fósforo (P) genera un mayor crecimiento temprano de soya (*Glycine max*) cuando existe la disponibilidad de altas concentraciones, principalmente en suelos fríos durante la siembra o imperfectamente drenados.

(Díaz y Duarte 2004) citado por (López y Ortigoza Guerreño 2016) mencionan que en el cultivo de soya, el fósforo es muy esencial para la formación de proteínas, acompañado de otros nutrientes principales, como es el Potasio, Azufre, Magnesio y Nitrógeno.

(Gutierrez y Scheiner 2017) señalan que el rendimiento del cultivo de soya, como el de otros cultivos, se puede descomponer en número de granos y peso individual de los granos, por lo cual el fósforo es un elemento esencial para el peso y formación de granos

1.5.7. Síntomas de deficiencias de Fósforo en la soya

(Blevin Sf) señala que la deficiencia de fósforo (P) en la soya está asociada con muchas reacciones bioquímicas necesarias para la vida y reproducción de la planta (Anexo 2).

- Hojas más viejas pequeñas con coloración verde oscuro azuladas. Puede surgir clorosis desde la punta hacia la base de las hojas. Las plantas quedan raquílicas. Mala formación de granos y reducido número de vainas por planta (STOLLER 2017).
- Una manera de identificar la deficiencia en el cultivo de soya es las restricciones en el crecimiento de las raíces y de la planta, limitando el potencial de rendimiento.

1.5.8. Época de aplicación del Fósforo en soya

El proyecto Fertilizar realizado por Díaz Zorita et al. (2003) señala que debido a que el fósforo es un elemento poco móvil, su época de aplicación debe de ser en conjunto con la siembra.

Según García (2010) determina que para obtener una producción de una tonelada por hectárea del cultivo de soya se requiere 7 kg de fósforo.

1.5.9. Funciones del Potasio (K) en la soya

La soya requiere gran cantidad de potasio, especialmente durante el rápido período de crecimiento vegetativo, gracias a que este elemento interviene activamente en la división celular regulando la disponibilidad de los azúcares (FAO 2015).

El potasio es necesario para el metabolismo de carbohidratos y proteínas que son esenciales para el crecimiento vegetativo y para la formación de las vainas y la semilla (Intagri 2017).

El potasio tiene una influencia positiva en la calidad de la semilla reduciendo al mínimo el número de vainas encogidas, apergaminados, mohosas y descoloridas.

Otorga vigor y resistencia contra las enfermedades y bajas temperaturas, ayuda a la producción de proteínas, se encarga del transporte de azúcares desde las hojas al fruto (FAO 2015).

1.5.10. Síntomas de deficiencia del Potasio en la soya

OLEAGINOSAS (2009) menciona que la deficiencia de potasio en el cultivo de la soya usualmente aparece en las hojas bajas. El potasio es un elemento móvil en la planta y bajo condiciones de deficiencia es transportado a las hojas nuevas conforme se desarrolla la planta. Los síntomas de deficiencia de potasio son observados en las hojas más jóvenes en la parte alta de las plantas de soya en suelos con niveles bajos de potasio. Las hojas deficientes se observan cloróticas (amarillas) en las puntas y en los márgenes (Anexo 3), la "quemadura" del borde se expande gradualmente al resto de las hojas. Las áreas cloróticas se van haciendo cafés y finalmente mueren.

Según Buschiazzo Taurizano y Castellanos Romero (2014), las plantas con síntomas de deficiencia presentan hojas cloróticas o moteadas con manchas grandes o pequeñas de tejido muerto. Usualmente estas manchas aparecen en las puntas, entre las nervaduras, más marcadas en los márgenes de la hoja. También los tallos se pueden observar delgados. Todos estos síntomas pueden ser localizados o generales.

1.5.11. Época de aplicación de Potasio en soya.

En el cultivo de soya, el K es rápidamente absorbido entre los estadios de crecimiento V10 y R6, donde aproximadamente cerca del 75 – 80 % del total del K se encuentra en la biomasa aérea. Al momento de la cosecha, aproximadamente el 55 – 60 % del total de K absorbido por la planta se encuentra en las semillas maduras

Cuando se realizan dos aplicaciones, la primera debe ser próxima a la siembra y la segunda 30 días después de ésta, cuando las raíces están bien arraigadas (Loor 2014).

En el cultivo de soya el K es el nutriente que se absorbe y extrae en mayor cantidad luego del N. Expresado en kg de K por tonelada de grano producido en base seca el cultivo de soya absorbe 75 kg de N y 39 kg de K y extrae 55 kg de N y 19 kg de K. El índice de cosecha (proporción del nutriente absorbido que se extrae en el grano) del K en soya es bastante menor a del N (49 y 73 %, respectivamente) (Ciampitti y García 2008).

1.5.12. Funciones del Magnesio en la soya

El magnesio es un nutriente que brinda las siguientes características:

- El Magnesio (Mg) ocupa la posición central de la molécula de la clorofila. La clorofila es un pigmento verde de la planta que interviene en la producción de materia orgánica utilizando la energía solar. De hecho, un adecuado suministro de Mg a las plantas intensifica claramente la actividad fotosintética de las hojas generando un rápido crecimiento.
- El magnesio desempeña un papel crucial en el movimiento del almidón desde las hojas hacia las vainas y los granos; el magnesio se requiere en todos los procesos que consumen energía, como por ejemplo la formación de proteínas y aceites en suelos ácidos; el magnesio ayuda a aliviar la depresión del crecimiento de las raíces que puede ser causada por la toxicidad de aluminio (Fertilizantes KALI 2017)
- El contenido de Mg en el cultivo de soya es primordial para la formación de un gran conjunto de proteínas mejorando la calidad del aceite.

1.5.13. Síntomas de deficiencia de Magnesio en la soya

Los síntomas de la deficiencia de Mg son clorosis de los tejidos internervales (Anexo 4), cuyo color varía de verde claro a amarillento. Los márgenes de las hojas se curvan hacia abajo.

Las hojas más viejas y bajas se ven afectadas primero. Parches necróticos, que varían de blanquecino a marrón claro, ocurren en las áreas internervales y marginales. Los bordes de las hojas tienen un tono blanquecino (FAO 2015).

1.5.14. Época de aplicación del Magnesio en la soya

En el suelo, el Mg está presente en solución en el complejo de intercambio catiónico y como constituyente de muchos minerales. El Mg puede estar combinado, en pequeñas cantidades, con la fracción orgánica del suelo. Aunque la soya contiene menos Mg que Ca, el porcentaje de Mg retirado por las semillas es más alto que el de Ca (Loor 2014).

La aplicación de Mg en el cultivo de soya debe de ser en la etapa vegetativa debido a su participación en el desarrollo de la planta, por ayudar a la capacidad fotosintética. Normalmente el cultivo de soya requiere 9 kg por tonelada de grano (Gerster y Novello 2016).

1.5.15. Funciones del Azufre (S) en la soya

Según la FAO (2015) determina que el azufre participa en las siguientes actividades dentro del cultivo de soya:

- El azufre se requiere para la formación de proteínas y por lo tanto también para la formación de nódulos nitrificantes en las raíces de la soya.
- La síntesis del aceite y de las grasas de los carbohidratos es dependiente no sólo de un estado satisfactorio del magnesio, pero también de un suministro adecuado de azufre
- El azufre promueve la formación de aceite y la facilidad de la extracción y se liga directamente a la calidad de las semillas cosechadas (Fertilizantes KALI 2017).

1.5.16. Síntomas de deficiencia del Azufre en la soya

(SMART 2018) describe que las deficiencias de azufre son más probables en los suelos arenosos con bajo nivel de materia orgánica (menos del 2 %) y bajo condiciones de alta precipitación. Sin embargo, incluso en suelos con alto contenido de materia orgánica, a menudo, la descomposición de la materia orgánica y el proceso de mineralización no son lo suficientemente rápidos para cumplir con el requerimiento de azufre del cultivo.

Las deficiencias en la soya se presentan con las siguientes características: hojas nuevas se presentan primero con una clorosis generalizada y tamaño reducido. Enseguida las hojas quedan amarillas semejantes a la deficiencia de nitrógeno como se muestra en el Anexo 5 (FAO 2015).

1.5.17. Época de aplicación del Azufre en la soya

Hoy en día, hay varios fertilizantes que contienen cantidades significativas de azufre, entre los más comunes se encuentra el sulfato de amonio, sulfato de calcio y sulfato de magnesio (Smart Fertilizer Management 2016).

Por lo general las aplicaciones de azufre en el cultivo de soya se realizan en el estado vegetativo, para ser absorbido durante la etapa de crecimiento.

1.5.18. Funciones del Calcio (Ca) en la soya

La soya es un cultivo altamente demandante en calcio (Ca), respecto a la influencia del Ca sobre la producción del cultivo de soya, la misma estaría dada por incrementar los niveles del nutriente disponible en el suelo y no tanto sobre la modificación del pH que podría efectuar una disminución de los niveles de Ca dentro del complejo de intercambio del suelo. El Ca está presente en la formación de los nuevos brotes, ayuda a la floración y el peso de los granos de la soya.

1.5.19. Síntomas de deficiencia del Calcio en la soya

Según (Arévalo 2015), determina que los niveles de calcio han disminuido por el uso del suelo; la intensificación de la agricultura ha resultado en la disminución de los niveles de bases y pH en algunos suelos, con respuestas significativas a la aplicación de enmiendas calcáreas y/o dolomíticas en soya.

Una deficiencia del calcio en el cultivo de soya se puede reconocer de la siguiente manera:

- Reducción del crecimiento meristemático.

- Los botones terminales se deterioran y ocurre el colapso de los pecíolos.
- Las hojas más nuevas con clorosis iniciándose en los bordes y avanzando hacia el centro.
- Caída acentuada de vainas (Arévalo 2015).

1.5.20. Época de aplicación del calcio en la soya

La soya es un cultivo altamente demandante en calcio (Ca), requiriendo unos 16 kg/tn de grano producido. La aplicación de este macronutriente debe darse cada cierto tiempo, específicamente según estudios realizados se hace aplicaciones al follaje a los 50 y 90 días ayudando a las etapas reproductivas de este cultivo (Díaz Zorita et al. 2003).

1.5.21. Importancia de la fertilización foliar

La fertilización foliar se define como el paso de proteínas a través de la cutícula de las hojas y es un medio tanto de corrección complementaria de fertilización, como único suministro de algunos nutrientes (Rodríguez et al. 1989).

Esta técnica es relevante en aquellos casos donde la disponibilidad nutrimental es baja, además de constituir el medio más rápido para que las plantas utilicen los nutrimentos (Alexander 1986).

Un suelo contiene todos los elementos necesarios para la nutrición de las plantas, pero éstos pueden estar en forma no disponible para ser absorbidos por la raíz; tal es el caso del hierro y el fósforo cuando el suelo es alcalino. En estos las aplicaciones foliares constituyen el medio más eficaz de incorporación de fertilizante (Rodríguez et al 1989) citado por (Loor 2014).

La importancia de la fertilización foliar radica en que puede mejorar la calidad e incrementar el rendimiento de los cultivos (Fregona 1986). En el periodo de floración, muchos cultivos muestran un marcado incremento en la actividad metabólica, incluyendo la

absorción de nutrimentos. La fertilización foliar en estas condiciones, por lo general proporciona notables beneficios (Marschner 1986) citados por (Loor 2014).

La fertilización foliar es una práctica aconsejable de efectuar cuando hay deficiencia de elementos menores, se puede realizar una primera aplicación al cultivo de soya antes de la floración y la segunda después de la floración, esto puede incrementar los rendimientos entre el 5 y el 8 %. En floración esta puede causar pérdidas estructurales florales cuando no se ha presentado una buena nodulación; y si se dificulta la aplicación del fertilizante nitrogenado al suelo se puede aplicar urea al follaje de 2 a 4 % (2 - 4 kg de urea en 100 litros de agua) durante la formación del fruto (GUAMÁN 2005)

La fertilización foliar es una aplicación suplementaria de plantas que no puede remplazar total o parcialmente a una fertilización de fondo. De esta forma las raíces de la planta pueden absorber más nutrientes del suelo y además favorece el traslado de nutrientes acumulados en el interior de la planta para la formación de nuevos tejidos y frutos. Los nutrientes disueltos en los fertilizantes foliares penetran en las hojas por los estomas y la cutícula, la velocidad de absorción es tal que la mayor parte penetra en el transcurso de varias horas de un día; el fósforo presenta una velocidad de absorción relativamente lenta pero a pesar de ello la asimilación de fosfato es mejor que por la vía radicular (GUAMÁN 2005).

La fertilización foliar en soya, no es contraria a la eficiencia de la FBN., por el contrario, actúa sumando un mayor estado nutricional a la planta y a los nódulos radiculares ya que la primera provee la emergencia necesaria para que las bacterias provean la fijación biológica de nitrógeno (FBN) necesaria para la formación del fertilizante y rinde en sus dos componentes: número de granos / m² y peso de los mismos. Se debe tener en cuenta el pH del agua para la aspersión, la cual debe estar alrededor de pH 5. El volumen de mezcla por hectárea varía, en épocas secas puede llegar hasta 200 litros por hectárea y en épocas de mucha lluvia puede bajar hasta 40 litros. Debe tenerse en cuenta que el agua utilizada en esta aspersión ayuda a completar la que se requiere para la fotosíntesis (ANGEL 2009.).

1.6. Metodología de la investigación.

1.6.1. Modalidad de estudio.

Para este trabajo la modalidad del estudio se basó en la investigación bibliográfica de diferentes bases teóricas y científicas manifestadas por varios autores y varios medios (físicos y virtuales) en dirección al tema de estudio, lo que permitió desarrollar los objetivos fijados al comienzo de este trabajo.

1.6.2. Métodos.

Los métodos de estudio utilizados en el presente trabajo fueron:

- Deductivo: este método ayuda a resolver los cuestionamientos planteados al principio de este trabajo, ya que analiza por sectores el problema planteado ayudando a encontrar lo específico dentro de la información, en este caso los efectos de los macronutrientes en la soya.
- Inductivo: este método permitió alcanzar conclusiones generales de los conceptos investigados y de la evidencia registrada para obtener una nueva definición que dé respuesta a las preguntas problemas, que motivaron esta esta investigación

1.6.3. Factores de estudio.

El presente trabajo tuvo como factores de estudio los siguientes:

- Cultivo de soya
- Macronutrientes en el cultivo de soya.

CAPÍTULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

El presente trabajo comprende al componente práctico del examen de grado de carácter complejo, previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma, este trabajo se realizó en el modelo de investigación bibliográfica, utilizando varios recursos que facilitaron su desarrollo, como lo fueron la Sala de lectura de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, y diferentes bibliotecas y repositorios virtuales como fuentes de información para el desarrollo de la investigación titulada “Importancia de los macronutrientes en el cultivo de soya (*Glycine max*)”

2.2. Situaciones detectadas

Es necesario dar tratamiento al suelo durante y luego de cada cultivo, pues por el desgaste este puede ser afectado en la cantidad de los macronutrientes y micronutrientes que son muy necesarios para el desarrollo de las plantas, los escasos de nutrientes en el suelo repercute en la calidad de los cultivos de soya.

En lo referente a la planta de soya, esta se ve afectada por el déficit de nutrientes, ya que al haber escasos su desarrollo se ve limitado, y tanto su apariencia como productividad se ven afectados a tal punto que la planta puede llegar a morir si es que no se actúa a tiempo.

Los macronutrientes en el suelo existen en cantidades dispares lo que vuelve a unos principales y a otros secundarios, pero no merma la importancia de ninguno, pues de existir déficit de alguno de ellos repercutirá en la calidad de producción que se efectuó, en el tiempo de desarrollo de la planta y en la productividad misma.

La nutrición es la modalidad de alimentación de la planta que sucede de forma directa en la raíz de la planta, un suelo rico en nutrientes proporcionará un cultivo de

calidad, contrario a un suelo desprovisto de estos, en los cuales solo se podrá obtener plantas defectuosas de las cuales no se obtendrá provecho alguno.

2.3. Soluciones planteadas.

Se plantea como primer punto optar por la modalidad de cultivo rotativo, que se trata de intercalar tipos de sembríos con otros, debido a que no todas las plantas tienen las mismas exigencias. Una segunda opción es nutrir la tierra mediante abonos que proporcionen los nutrientes necesarios previniendo que el suelo se vea desprovisto de estos elementos.

Se sugiere el uso de abonos foliares para la nutrición, en plantaciones de soya, pues no son demasiado invasivos y no degradan la estructura del suelo, permitiendo así la generación natural de nuevos nutrientes (Trinidad y Aguilar 1999).

Permitir que el suelo se regenere de forma natural, dando lugar a que los macro nutrientes y micronutrientes proliferen de forma natural, esto sirve para la protección de la estructura física del suelo y para que no se degrade a tal punto de quedar infértil.

2.4. Conclusiones.

Es importante dar a conocer a los agricultores que se dedican a la producción de soya la importancia de los macronutrientes para la planta, también los síntomas que esta presenta frente al déficit de alguno de ellos, para de esta manera tomar las respectivas medidas de prevención, pues se han presentado casos donde los productores asocian la apariencia que toma el cultivo por el ataque de plagas con los síntomas de escases de macronutrientes, lo que lo que ha conllevado a prácticas agrícolas erróneas.

La falta de macronutrientes en el suelo repercute de forma negativa en la planta de soya, la cual muestra síntomas de acuerdo al tipo de macronutrientes que este escaso, la variación del tamaño en la planta, la coloración y la producción son algunas de las características que se ven afectadas.

2.5. Recomendaciones

Capacitar a los agricultores en cuanto al manejo del cultivo de soya, para que adquieran los conocimientos técnicos en cuanto la nutrición del suelo y mejoren la calidad de los cultivos.

Realizar las aplicaciones de los fertilizantes de una manera adecuada para evitar el antagonismo de nutrientes en el suelo y problemas de fitotoxicidad.

Investigar sobre los efectos de toxicidad de los macronutrientes en el cultivo de soya y detectar las razones por las cuales estos disminuyen con el pasar del tiempo, con el fin de diseñar una estrategia para prevenir que el suelo quede desprovisto de estos.

BIBLIOGRAFÍA

- AGROVOZ. 2011. Soja: la fijación biológica de nitrógeno en la raíz del rendimiento (en línea, sitio web). Consultado 5 sep. 2019. Disponible en <http://agrovoz.lavoz.com.ar/granos/soja-la-fijacion-biologica-de-nitrogeno-en-la-raiz-del-rendimiento>.
- Alonso Vaquer, O; Gutierrez Boem, F; Rubio, G; Díaz Zorita Martín. 2012. Absorción de Fósforo y Crecimiento de Soja según distancias a sitios de fertilización con Fósforo (en línea, sitio web). Consultado 6 sep. 2019. Disponible en <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/fertilizacion-con-fosforo-en-soja-t29561.htm>.
- Amores, F. (1992). Clima, suelos, nutrición y fertilización de cultivos en el litoral ecuatoriano. Quito, s.e.
- Baigorri, Hector; Juárez, M. 2010. Requerimientos nutricionales del cultivo de soja - Engormix (en línea, sitio web). Consultado 5 sep. 2019. Disponible en <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/requerimientos-nutricionales-cultivo-soja-t29931.htm>.
- Buschiazzo Taurizano, ML; Castellanos Romero, AL. 2014. Respuesta a fósforo, potasio y azufre en cultivos de soja. .
- Ciampitti, I; García, F. 2008. Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. II. Hortalizas, frutales y forrajeras (en línea, sitio web). Consultado 6 sep. 2019. Disponible en <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1083>.
- Cubilla, M. 2014. Manejo del suelo, fertilidad y nutrición de la soja para aumentar la capacidad productiva en la Región Oriental del Paraguay. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica* (13):2-6.
- Díaz Zorita, M; García, F; Melgar, R. 2003. Fertilización en soja y trigo-soja: respuesta a la fertilización en la Región Pampeana. Resultados de la red de ensayos del Proyecto Fertilizar-INTA. Campaña 2000/2001 y 2001/2002. s.l., s.e.

- FAO. 2015. Funciones de los elementos en la planta (en línea, sitio web). Consultado 6 sep. 2019. Disponible en http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/aup/pdf/6a.pdf.
- Ferraris, GN; Couretot, LA. (2011). Nitrogeno en Soja (en línea). Buenos Aires-Argentina, s.e. Consultado 6 sep. 2019. Disponible en <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/nitrogeno-en-soja-t28636.htm>.
- Fontanetto, H; Keller, O; Sillón, M; Albrecht, J; Giailevra, D; Negro, C; Belotti, L. (2011). Manejo de la fertilización de la soja en regiones templadas (en línea). 121. s.l., s.e. Consultado 5 sep. 2019. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-manejo_de_la_fertilizacin_de_la_soja__en_regiones_tem.pdf.
- García, FO. 2004. Soja: Criterios para la fertilización del cultivo. Buenos Aires: INPOFOS/PPI/PPIC Cono Sur .
- Gaso, D; Nuñez, A. 2015. Herramientas para el manejo del cultivo de soja. :13-18.
- Gerster Guillermo; Novello Oscar. (2016). Respuesta al agregado de Magnesio en soja en ambientes de alta producción (en línea). Santa Fe, s.e. Consultado 6 sep. 2019. Disponible en <https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-respuesta-agregado-magnesio-soja.pdf>.
- Intagri. 2017. Las Funciones del Potasio en la Nutrición Vegetal (en línea). s.l., s.e. Consultado 6 sep. 2019. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-funciones-del-potasio-en-la-nutricion-vegetal>.
- K+S KALI. 2017. Soja (en línea, sitio web). Consultado 6 sep. 2019. Disponible en http://www.kali-gmbh.com/eses/fertiliser/advisory_service/crops/soybean.html.
- Loor Jaramillo Alex Segundo. 2014. Efecto de fertilizantes químicos en el rendimiento de materiales de Soya (Glycine max (L.) Merrill) (en línea). s.l., Universidad Católica Santiago de Guayaquil . 90 p. Consultado 6 sep. 2019. Disponible en <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/2844/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO->

45.pdf.

López, E; Ortigoza Guerreño, J. 2016. Efecto de fuentes y dosis de fósforo en el cultivo de soja (*glycine max l.*) en un suelo rhodic paleudult - Engormix (en línea, sitio web). Consultado 6 sep. 2019. Disponible en <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/efecto-fuentes-dosis-fosforo-t32921.htm>.

OLEAGINOSAS. 2009. Deficiencia de potasio en la soja (en línea, sitio web). Consultado 6 sep. 2019. Disponible en http://www.oleaginosas.org/art_264.shtml.

Resendez, AM. 2007. Elementos Nutritivos. Asimiliación, Funciones, Toxicidad E Indisponibilidad En Los Suelos. s.l., LibrosEnRed.

Rodríguez Ortiz, JC. 1998. Efecto del nitrógeno, fósforo y potasio en el crecimiento y producción de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) var. Floradade. s.l., Universidad Autónoma de Nuevo León.

Salvagiotti, F; Capurro, J; Enrico, JM. 2009. El manejo de la nutrición nitrogenada en soja. Para mejorar la producción 42:45-51.

Santiago Arévalo, E. 2015. EVALUACIÓN DEL ESTADO NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE SOJA EN ARGENTINA UTILIZANDO ANÁLISIS FOLIARES (en línea). s.l., Universidad de Coruña . 137 p. Consultado 7 sep. 2019. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/61915632.pdf>.

Smart Fertilizer Management. 2016. El azufre en las plantas y suelo (en línea, sitio web). Consultado 7 sep. 2019. Disponible en <https://www.smart-fertilizer.com/es/articulos/sulfur>.

Trinidad Santos, A; Aguilar Manjarrez, D. (1999). FERTILIZACION FOLIAR, UN RESPALDO IMPORTANTE EN EL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS (en línea). s.l., s.e. Consultado 7 sep. 2019. Disponible en <http://www.fertilizando.com/articulos/FertilizacionFoliarRespaldoImportante.pdf>.

ANEXOS



Figura 1. Deficiencia de Nitrógeno en soya



Figura 2. Deficiencia de Fósforo en soya



Figura 3. Deficiencia de Potasio en soya



Figura 4. Deficiencia de Magnesio en soya



Figura 5. Deficiencia de Azufre en soya



Figura 6. Deficiencia de Calcio en soya

