



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



TRABAJO DE TITULACIÓN

COMPONENTE PRÁCTICO PRESENTADO A LA UNIDAD DE TITULACIÓN COMO  
REQUISITO PREVIO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

**TEMA**

“Efectos de correctores de acidez de suelos en el cultivo de soya (*Glycine max*) en la  
época seca en la zona de Babahoyo”

**AUTOR:**

ELVIS JOHNY BARRERA CARRASCO

**TUTOR:**

Ing. Agr. EDUARDO COLINA NAVARRETE

**BABAHOYO – LOS RÍOS – ECUADOR**

**2016**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de titulación realizado se lo dedico a mis abuelos q son como mis padres Fausto Carrasco Monserrate y Marcela Santana Romero por haberme guiado con sabios consejos y fortalezas para poder cumplir con cada una de mis metas.

ELVIS JOHNY BARRERA CARRASCO

## **AGRADECIMIENTO**

Al terminar este trabajo de titulación quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, quien nos guía, por el buen sendero y nos enseña a valorar la vida sobre la tierra, además quiero agradecer a las siguientes instituciones y personas que me apoyaron desde el inicio de mis estudios superiores.

A la Universidad Técnica de Babahoyo y a su Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Ingeniería Agronómica; por las oportunidades y facilidades brindadas en el transcurso de mi enseñanza y optar el título de ingeniero agrónomo.

Al Ing. Agr. Eduardo Colina Navarrete. Tutor del trabajo de titulación y por sus consejos brindados en el transcurso de este trabajo.

A mi mamá Mariuxi Carrasco Santana y amigos por haberme dado sabios consejos que supieron guiarme por buenos senderos.

## ÍNDICE

INDICE DE CUADROS .....	2
I. INTRODUCCIÓN .....	3
1.5. Objetivos .....	5
1.5.1. Objetivo General .....	5
1.5.2. Objetivos específicos .....	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	6
2.1. Importancia del Cultivo de Soya. ....	6
2.2. Efectos de la acidificación de suelos. ....	7
2.3 Productos .....	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	17
3.1. Características del sitio experimental .....	17
3.2. Material de siembra .....	17
3.3. Factores Estudiados.....	17
3.4. Métodos .....	18
3.5. Tratamientos .....	18
3.6. Diseño Experimental.....	18
3.6.1 Análisis funcional.....	19
3.6.2. Análisis de varianza .....	19
3.7. Manejo del Ensayo. ....	19
3.7.1 Análisis de suelo. ....	19
3.7.2 Preparación del terreno.....	19
3.7.3 Siembra. ....	20
3.7.4 Control de malezas. ....	20
3.7.5 Control fitosanitario. ....	20
3.7.6 Riego.....	20
3.7.7 Fertilización. ....	21
3.7.8 Cosecha. ....	21
3.8. Datos a evaluar. ....	21
3.8.1 Altura de planta (cm) .....	21

3.8.2	Días a floración .....	21
3.8.3	Días a la cosecha.....	21
3.8.4	Número de vaina por planta.....	21
3.8.5	Peso de 100 granos (g) .....	21
3.8.6	Rendimiento por hectárea.....	22
3.8.7	Análisis Económico de los tratamientos .....	22
3.8.8	Análisis de suelo y de pH .....	22
3.8.9	Análisis Foliar.....	22
IV.	RESULTADOS .....	23
4.1.	Altura de planta (cm).....	23
4.2.	Días a floración .....	24
4.3.	Días a cosecha .....	25
4.4.	Número de Vainas por planta.....	26
4.5.	Peso de 100 granos (g) .....	27
4.6.	Rendimiento por hectárea (Kg/ha).....	28
4.7.	Análisis económico de los tratamientos .....	29
4.8.	Analisis de suelo y pH .....	29
4.9.	Análisis Foliar.....	32
V.	DISCUSIÓN .....	33
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	35
VII.	RESUMEN .....	37
VIII.	SUMMARY.....	38
IX.	LITERATURA CITADA.....	39
	ANEXOS.....	40

## INDICE DE CUADROS

- Cuadro. 1. Tratamientos, correctores de acidez, dosis/ha y época de aplicación del experimento.
- Cuadro. 2. Altura de planta a cosecha con la aplicación de correctores de acidez de suelos en soya. Babahoyo, 2016.
- Cuadro. 3. Días a la floración con la aplicación de correctores de acidez en suelos establecidos con el cultivo de soya. Babahoyo, 2016.
- Cuadro. 4. Días a la cosecha con la aplicación de correctores de acidez de suelos en soya. Babahoyo, 2016.
- Cuadro. 5. Número de vainas por planta con la aplicación de correctores de acidez en suelos establecidos con el cultivo de soya. Babahoyo, 2016.
- Cuadro. 6. Peso de 100 granos con la aplicación de correctores de acidez de suelos en soya. Babahoyo, 2016.
- Cuadro. 7. Rendimiento por hectárea con la aplicación de correctores de acidez de suelos en soya. Babahoyo, 2016.
- Cuadro. 8. Análisis económico con la aplicación de correctores de acidez de suelos en soya. Babahoyo, 2016.
- Cuadro. 9. Valores de potencia encontrados con la aplicación de correctores de acidez de suelos en soya. Babahoyo, 2016.
- Cuadro. 10. Comparación de análisis químico de suelos con la aplicación de correctores de acidez de suelos en soya. Babahoyo, 2016.
- Cuadro. 11. Evaluación análisis foliar con la aplicación de correctores de acidez de suelos en soya. Babahoyo, 2016

## I. INTRODUCCIÓN

La soya (*Glycine max*) es una oleaginosa de gran importancia a nivel mundial, ocupa el cuarto lugar de los cereales cultivados de gran uso para el consumo humano y para su propia comercialización. En el mundo se cultivan alrededor de 91 148 hectáreas, con un rendimiento de 1,8 t.ha<sup>-1</sup>. El principal uso de la soya es la extracción de su aceite, siendo la principal fuente del mismo, utilizado para el consumo humano con un 33 % del volumen total producido, superando la extracción del aceite de palma 18 %<sup>1</sup>.

En el Ecuador la soya es un cultivo de gran importancia que se realiza primordialmente en la época seca, aprovechando la humedad remanente del suelo que ha dejado el cultivo del período anterior. Su sistema de siembra continuamente se hace en rotación, principalmente con el cultivo de arroz. En la actualidad se siembran alrededor de 58 mil hectáreas por año, con un rendimiento de 1,77 t.ha<sup>-1</sup>. Las principales zonas productoras de soya son la Cuenca alta del río Guayas (El Empalme, Buena Fé, Valencia, Quevedo; entre otras) y la Cuenca baja del río Guayas (Babahoyo, Ventanas, San Juan, Montalvo, Catarama, Baba entre otras) con un 50 % de producción, cada una se estima que se obtienen rendimientos promedio por hectárea de 1 600 a 2 000 kg.ha<sup>-1</sup>.<sup>2</sup>

La rotación soya-arroz en nuestro medio, se realiza esencialmente con él la finalidad de aprovechar la humedad que se encuentra en el suelo, luego de la cosecha de arroz y la nutrición residual realizada al cultivo anterior. Esta rotación tiene una gran importancia ya que la soya ayuda a potencializar el cultivo de arroz, la planta en sus raíces tiene bacterias nitrificantes que fijan el nitrógeno al suelo, y una vez cosechada el cultivo, el suelo queda enriquecido de este macronutriente que es muy esencial para desarrollo del cultivo de arroz y para todos los cultivos.

---

<sup>1</sup> [www.agrotemario.com/noticia/6746/la-integracion-del-cultivo-de-soja-a-la-rotacion-arroz-pasturas](http://www.agrotemario.com/noticia/6746/la-integracion-del-cultivo-de-soja-a-la-rotacion-arroz-pasturas)

<sup>22</sup> [www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14456/6/CAP%25C3%258DTULO%25202.docx](http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14456/6/CAP%25C3%258DTULO%25202.docx)

La integración arroz - soya no solamente permite fijar el nitrógeno al suelo, también se obtienen beneficios tales como incorporación de nutrientes, intensifica el uso del suelo, rompe el ciclo biológico de malezas e insectos que han estado en el cultivo del ciclo anterior, incorpora materia orgánica. Esta asociación es exitosa ya que mejora los rendimientos del cultivo de arroz evitando la propagación de una de las principales malezas que ataca al cultivo de arroz como es el arroz rojo. El nitrógeno es el principal elemento en la nutrición de las plantas y nos es la excepción en el cultivo de soya, las leguminosas demandan una gran cantidad de nitrógeno, en el cultivo de soya la cantidad de nitrógeno fijado biológicamente es del 30-42 %.

La soya es uno de los cultivos muy eficiente a los requerimientos de nitrógeno que se encuentra en el suelo, si se realiza una alta fertilidad la acción simbiótica que realizan los microorganismos del suelo podría disminuirse, la soya al presentar una gran cantidad de proteínas en sus semillas, va a tener una mayor demanda a este macronutriente. Se estima que para producir una tonelada de soya se requieren 80 kg de nitrógeno, con un rendimiento que oscila en los 3 000 kg.ha<sup>-1</sup>, lo que equivale a 240 kg de nitrógeno por hectárea. El rendimiento de la soya es un factor limitante de la capacidad que tiene el cultivo de acumular el nitrógeno proveniente de la fijación biológica de nitrógeno.

La fertilización nitrogenada en el cultivo de soya se realiza analizando la cantidad de nitrógeno que tiene el suelo, la cual es provocada por la acción simbiótica de los microorganismos que se encuentran en el suelo, lo cual esto sería uno de los factores limitantes para la producción de soya ya que con este análisis se podrá determinar qué cantidad de nitrógeno aplicar al momento de realizar la fertilización.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> [www.agrobit.com/Documentos/A\\_8\\_Fertiliz%5C742\\_ag\\_000001fe\[1\].htm](http://www.agrobit.com/Documentos/A_8_Fertiliz%5C742_ag_000001fe[1].htm)

La corrección de acidez de suelos es una práctica fundamental que se realiza con la finalidad de mantener el pH del suelo en un rango aceptable, siendo este el rango apropiado para que el cultivo se encuentre en óptimas condiciones edáficas. En este punto el proceso de fijación de nitrógeno por medio de la simbiosis alcanza su máxima eficiencia; además de esto, algunos macro y micro elementos alcanza; su máxima disponibilidad y solubilidad en los suelos. La acidez del suelo determina menor capacidad permeable y aireación del mismo, ya que estos presentan una menor agregación.<sup>4</sup>

Por esto la importancia de la investigación realizada para encontrar alternativas de manejo a esta problemática.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Determinar los efectos de correctores de acidez de suelos en el cultivo de soya (*Glycine max*) en la época seca en la zona de Babahoyo.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

1. Determinar la dosis de correctores de acidez líquidos y sólidos necesarios para mejorar el pH del suelo sembrado con soya.
2. Determinar el comportamiento de la soya bajo correctores de la acidez del suelo líquidos y sólidos.
3. Realizar el análisis económico de los tratamientos.

---

<sup>4</sup> [www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/13/9AM13.htm](http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/13/9AM13.htm)

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Importancia del Cultivo de Soya.

Ecuador por ser un país tropical, posee las características ideales para el establecimiento de explotaciones comerciales de especies oleaginosas; y con el presente estudio se pretende dar a conocer la evolución que ha tenido el cultivo de las especies vegetales ricas en aceites; poniendo énfasis en aquellas que alcanzan mayor superficie cultivada y de aquellos aceites que se importan en mayor cantidad (USDA, 2009).

En el año 2011 el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, de una selección de materiales de INIAP-306, apareció en la estación Boliche la línea promisoriosa FJ-75-567, que probada con otras variedades y líneas logra un buen rendimiento, superando a las variedades como 307 y Júpiter, la misma que posteriormente se la denominó INIAP-308. Este material se ha probado en muchas condiciones demostrando incluso mejor resistencia a plagas y enfermedades, aunque también demostró buenas características a la temperatura baja y sobre todo a la incidencia de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) con rendimientos experimentales de 3000 Kg por hectárea (INIAP, 2009).

Nato (2001) explica que los problemas que aquejan al cultivo de soya son: falta de tecnología y técnica modernas para cultivar productos tradicionales y no tradicionales, salvo casos excepcionales, resistencia a usar nuevas técnicas de cultivo, falta de crédito y tasas de interés muy alta en el sector agropecuario, falta de obras de infraestructura como caminos vecinales, control de inundaciones, además problemas de tenencia de tierras por parte de los pequeños productores poseedores.

Esto se respalda con datos del Banco Central del Ecuador (BCE), de enero a agosto de 2009, el país importó 437,89 mil kilogramos de soya, lo que representa unos \$866,90 mil. Esto quiere decir un incremento del 46,93% en relación al mismo periodo del año pasado. Siendo el principal importador de soya es los Estados Unidos con el 79,1% del total. (JMF), por ende los derivados a base de soya amplían el mercado consumidor. Tómese en consideración también que según datos, la producción nacional es poco significativa y no se compara con la de países como Brasil, que llega a las 23 millones de hectáreas cultivadas (BCE, 2010).

La soya cosechada tiene como destino principal la industria de alimentos balanceados; el sector avícola es el destino principal de los subproductos de la soya. Según datos del Sistema de Información del III Censo Agropecuario (SICA) la torta de soya representa del 15 al 20% de la composición de los alimentos balanceados. Las tasas de conversión del grano son: un 70% del grano se transforma en pasta de soya y un 18% en aceite; el resto de usos de la soya para elaborar carne, leche o harinas, es secundario (INEC, 2015).

## **2.2. Efectos de la acidificación de suelos.**

Lillo (2015) sostiene que la acidificación del suelo es el proceso mediante el cual el pH del mismo disminuye, es decir, aumenta la concentración de  $H^+$  y la capacidad de neutralización de bases. Aunque hay suelos naturalmente ácidos y seres vivos capaces de sobrevivir en condiciones ácidas, un suelo con un pH bajo o en disminución va a presentar problemas de desarrollo porque el crecimiento de plantas y microorganismos va a estar inhibido. Los problemas empiezan a aparecer cuando el pH disminuye por debajo de 5,5.

Así mismo menciona los efectos que se producen cuando nos encontramos en un suelo ácido son los siguientes:

- Disminución de la disponibilidad de nutrientes (P, Mg, Ca) en los lugares donde suelen ser absorbidos por las plantas por haber sido intercambiados por otros cationes como  $H^+$  o  $Al^{3+}$ .
- Riesgo de encontrar niveles tóxicos de aluminio (Al), manganeso (Mn) y otros metales que en condiciones ácidas pueden llegar a ser muy móviles. El aluminio va a producir un descenso en el crecimiento en longitud de las plantas y lo va a hacer actuando a dos niveles: inhibiendo el crecimiento celular e inhibiendo la división celular. Por su parte, el manganeso va a provocar daños en las partes aéreas de las plantas: manchas necróticas en los tallos y manchas rodeadas de un halo de necrosis en las hojas, que además van a aparecer arrugadas.
- Agotamiento de la capacidad de amortiguamiento del suelo. Se va produciendo una disminución progresiva de la capacidad de neutralizar ácidos a medida que el pH disminuye.
- Disminución del crecimiento de plantas y de los procesos microbiológicos que ocurren en el suelo, especialmente si el pH disminuye por debajo de 4. De esta forma se va a perder aporte de materia orgánica al haber menos biomasa y los procesos de nitrificación que realizan las bacterias van a estar desfavorecidos. Esto conlleva una debilitación de la estructura de agregados del suelo que favorecía la aireación y el movimiento de agua, y se van a formar costras superficiales que aumentan la escorrentía y disminuyen la lixiviación.

La acidez de los suelos constituye un problema de importancia en la producción agrícola a nivel mundial. La acidez afecta de una forma muy particular y determinante algunas de las características químicas y biológicas del suelo, de modo que en general, reduce el crecimiento de las plantas, ocasiona la disminución de la disponibilidad de algunos nutrimentos como calcio, magnesio, potasio y fósforo; y favorece la proliferación de elementos tóxicos para las plantas como el aluminio y el manganeso. El encalado junto con la siembra de especies

tolerantes constituyen las prácticas más apropiadas y económicas para corregir los problemas de acidez. Sin embargo, es común encontrar que los criterios utilizados para la aplicación de los materiales de encalado existentes en el mercado, no cumplen los requisitos mínimos de calidad para asegurar el éxito de su empleo (Molina, 1998).

La reacción del suelo o pH del suelo afecta de modo significativo la disponibilidad y la asimilación de nutrientes y ejerce una fuerte influencia sobre la estructura del propio suelo. Además, la acidez o la alcalinidad influyen directamente en la proliferación de muchos microorganismos del suelo. La actividad de estos microorganismos determina, muchas veces, la disponibilidad de nutrientes para las plantas por ejemplo: cuando el suelo es ácido (pH entre 4.5 y 5.5) la descomposición de la materia orgánica hacia la producción de amoníaco (amonificación) se acelera debido a la acción de bacterias amonificantes. Por otro lado, el proceso de nitrificación (la conversión de nitrógeno amoniacal a nitrógeno nítrico) es óptimo a pH entre 6.5 y 7.6. Así vemos que muchas veces no importa la fuente de fertilizante nitrogenado que se use sino el nivel de acidez o alcalinidad del suelo al cual se aplique el fertilizante nitrogenado. La importancia práctica de esto radica en el hecho de que cuando el pH del suelo es menor a 5.5 se acumulan los compuestos amoniacales; esto es, el nitrógeno de las fuentes de fertilizantes nítricas como el nitrato de amonio es convertido en amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). Cuando las condiciones de clima son las adecuadas para el crecimiento de un cultivo y el pH se encuentra entre 6 y 6.5 la amonificación y la nitrificación se producen casi a la misma velocidad dando como resultado un balance o equilibrio entre las fuentes nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ) y amoniacal ( $\text{NH}_3$ ) de nitrógeno. Quizá parezca extraño que el pH óptimo para las bacterias nitrificantes y amonificantes no sea el mismo, dado que los organismos nitrificantes dependen para su subsistencia de los productos formados por las bacterias amonificantes. Sin embargo esta diferencia tan singular hace que se establezca un equilibrio favorable entre las

formas de nitrógeno amoniacal y nítrico, lo cual impide que se agote rápidamente el nitrógeno del suelo (IPNI, 2015).

Las plantas que crecen en suelos ácidos pueden experimentar una variedad de síntomas que incluyen la toxicidad por el aluminio (Al), hidrógeno (H), y/o manganeso (Mn), así como las deficiencias de nutrientes potenciales de calcio (Ca) y magnesio (Mg). La toxicidad por aluminio es el problema más común en los suelos ácidos. El aluminio produce daños en las raíces de varias maneras: En las puntas de las raíces el aluminio interfiere con la absorción de calcio, un nutriente esencial, así como se unen con fosfato y interfieren con la producción de ATP y del ADN, puesto que estos contienen fosfato. El aluminio también puede restringir la expansión de la pared celular de las raíces causando un retraso en el crecimiento. Por debajo de un pH 4, H<sup>+</sup> los propios iones producen daño en las membranas celulares de la raíz. En suelos con alto contenido de minerales de manganeso (Mn), la toxicidad del manganeso puede convertirse en un problema a pH 5,6 y por debajo. El manganeso, como el aluminio se vuelve cada vez más soluble en forma de gotas de pH, y los síntomas de toxicidad del manganeso se puede ver a un pH por debajo de 5,6. El Mn es un nutriente esencial para las plantas, por lo que el transporte de manganeso aparece en las hojas de las plantas. Los síntomas clásicos de la toxicidad del manganeso puede ser la aparición de hojas rugosas o ventosas (Brady y Weil, 2002).

Actualmente los fertilizantes constituyen insumos de gran importancia en los cultivos, no solo por su papel determinante en la nutrición y fisiología de la planta, sino también porque además de su uso demanda un alto costo de inversión; existen sin embargo características en los suelos que pueden hacer que esos nutrientes no cumplen su función básica. Una de esas importantes características es la acidez de los suelos; para facilitar esa expresión se utiliza el término pH, que consiste en un ámbito o escala de 0 a 14, cuyo término medio (pH 7) se conoce como punto neutro, así, un pH menor que 7 se conoce como punto neutro, así, un

pH menor que 7 indica acidez y mayor que 7 alcalinidad. De acuerdo con su valor de pH los suelos pueden calificarse de la siguiente manera: Grado de Acidez Valor de pH Fuertemente ácidos 4,5 – 5,5 Ligeramente ácidos 5,6 – 6,9 Neutro 7,0 Alcalinos Más de 7,1 Los suelos de las regiones donde la precipitación y la temperatura son altas, generalmente son muy ácidos, lo que origina el reemplazo paulatino de las bases cambiables; calcio, magnesio, potasio y sodio de los niveles superficiales del suelo, por iones hidrógeno y aluminio, lo cual conduce al desarrollo de la acidez. Este reemplazo resulta de la percolación de agua, extracción de cationes básicos por las plantas y por el uso de fertilizantes de carácter ácido. La acidez provoca una serie de procesos físico-químicos y biológicos que afectan negativamente el crecimiento de las plantas. Los suelos ácidos se caracterizan por presentar reducida actividad microbiana especialmente la bacteriana, baja saturación de bases cambiables, baja capacidad de intercambio catiónico, contenidos elevados de aluminio intercambiable, alta capacidad de fijación de fósforo, alto grado de desbalances catiónicos (Chaves, 2010).

La acidez puede afectar el crecimiento de la planta por su influencia en la eficiencia de ciertos elementos necesarios para el desarrollo; este mal desarrollo se ha atribuido a un sin número de factores. Existen diferentes medios para hacer estas determinaciones, pero el laboratorio es que proporciona mayor exactitud en esta medida (MAG, 2015).

Según la FAOAG21 (2002), los suelos ácidos son llevados a una reacción menos ácida o neutral a través del encalado. Los requerimientos de cal de un suelo pueden ser estimados por los análisis de pH del suelo. Para corregir la acidez del suelo la cal molida ( $\text{CaCO}_3$ ) es uno de 22 los materiales más efectivos y menos costosos. La cal dolomítica ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ) también provee magnesio donde se necesita. Otros materiales para corregir la acidez del suelo son la margita ( $\text{CaCO}_3$ ), las cenizas de maderas y la harina de hueso ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ). En suelos ácidos, se debe dar preferencia al uso de fertilizantes nitrogenados y fosfóricos que

contienen  $\text{Ca}^{2+}$  como cationes. La enmienda cálcica tiene el efecto positivo de precipitar el aluminio libre, controlando de este modo la toxicidad del Al. Un efecto negativo puede ser que el encalado con un pH 7 puede causar deficiencia de micronutrientes (excepto el molibdeno/Mo) en suelos tropicales. Cuando sea posible, la enmienda cálcica y los fertilizantes (con macro- o micronutrientes) no deberían ser aplicados al mismo tiempo, sino a intervalos de tiempo.

La producción de cultivos en suelos ácidos impide conseguir altos potenciales de rendimiento y buena calidad de las cosechas, en muchas regiones la productividad del maíz ha disminuido por efecto de la acidez. En estas condiciones del suelo la solubilidad del aluminio, hierro, y manganeso es elevada y sus concentraciones aumentan hasta llegar a niveles muy tóxicos para las plantas. Por su parte, el aluminio también impide la absorción del calcio y magnesio. Finalmente las raíces se acortan y engrosan impidiendo así la absorción de agua y nutrimentos, en particular el abasto del fósforo y molibdeno se ve seriamente comprometido. Sin embargo el problema más grave es sobre el proceso de fijación biológica de nitrógeno en las leguminosas (Castellanos, 2015).

En general, el pH óptimo de los suelos agrícolas debe variar entre 6.5 y 7.0 para obtener los mejores rendimientos y la mayor productividad. El pH de un suelo ácido se puede mejorar gradualmente mediante el manejo apropiado y con aplicación de cal. El pH del suelo influye en la disponibilidad de los nutrimentos para las plantas, es decir, este factor puede ser la causa de que se presente deficiencia, toxicidad o que los elementos no se encuentren en niveles adecuados (Benton, 2003). Por otra parte, valores extremos del pH pueden afectar la estructura del suelo (Edward, 2000).

Colacelli (1997), dice que si es nuestra decisión corregir el pH de un suelo, lo primero que debemos hacer es evaluar la cantidad de corrector que es necesario aplicar para llevar los valores de acidez a un rango que sea compatible con las

necesidades de las plantas que se desarrollan en él. Esta operación se denomina de evaluación de la necesidad cal del suelo, que es la cantidad de material corrector que se debe agregar a un suelo y a una determinada profundidad para lograr el pH deseado. Este valor de corrector se expresa en cantidad de  $\text{CaCO}_3$  (Carbonato de Calcio) en peso referido a una superficie, peso o volumen de suelo a corregir.

La práctica más utilizada para corregir el pH ácido del suelo es el encalado, con el cual se logra establecer un ambiente propicio en la raíz para el desarrollo normal de los cultivos (Benton, 2003). Tomando en cuenta el efecto del pH sobre la productividad de los cultivos, es importante no solo su determinación en el suelo, sino también conocer y cuantificar las superficies afectadas por valores extremos de este factor.

Los suelos de acidez elevada presentan menor agregación, lo que determina una disminución en la permeabilidad y la aireación. Esto se debe a que los cationes divalentes actúan a través de puentes catiónicos como vínculo entre cristales de arcilla y aún entre ellas y otras partículas, de modo que promueven la formación de la estructura. En suelos donde predominan arcillas del tipo 2:1 el 80% de la CIC debería estar saturada con Ca y/o Mg para manifestar una adecuada estructura. No todos los cultivos se ven afectados en igual medida por la acidez del suelo. Algunas especies presentan su mayor productividad a pH ácidos, tal como los arándanos y en menor medida la papa; ello obedece a que cada especie posee un rango de pH en el cual su producción es máxima y se conoce como pH óptimo. Las especies más sensibles a los reducidos valores de pH suelen ser las leguminosas (Magra y Ausilio, 2004).

Ampliamente se ha documentado la toxicidad por Al como uno de los principales problemas en los suelos tropicales ácidos. Los suelos tropicales viejos, como los oxisoles y ultisoles son naturalmente ácidos y algunas otras categorías de suelos

pueden acidificarse dependiendo de su uso y manejo. La presencia de aluminio en el suelo constituye un factor responsable de estrés para planta, dado que altera muchos de sus procesos metabólicos, lo cual provoca en una reducción del crecimiento y por lo tanto se disminuyen los rendimientos de los cultivos. El efecto primario de la toxicidad por aluminio es la inhibición rápida del crecimiento radicular, la cual aparece como resultado de las interacciones complejas entre el aluminio y el ápice de la raíz. La reducción del crecimiento radicular induce la disminución en la toma de nutrientes y agua (Casierra-Posada, 2001).

Una buena distribución del correctivo en el suelo es esencial para su reacción, por lo que la distribución al voleo en cobertura y el mezclado en la capa arable con implementos de discos luego de la aplicación brinda la mayor eficiencia. El arado tiende a ubicar el producto de encalado en el fondo de la capa arable por lo que no resulta un implemento adecuado. En sistemas de no remoción de suelo, como la siembra directa, la alternativa es la aplicación en bandas o al voleo en superficie, siendo en este caso la reacción más lenta y no tan completa, por lo que deberán seleccionarse correctivos de alta solubilidad (Magra y Ausilio, 2004).

### **2.3 Productos**

SFERA® (SOLVESA, 2015), es la nueva generación de acondicionadores de suelo específicos para el uso agrícola, que aportan elemento menores que los cultivos necesitan. Con el uso de SFERA® en suelos con pH ácidos y alcalinos, a más de ser un acondicionador de suelos (liberador de elementos tóxicos), también es un potencializador de macronutrientes (N, P, K), minimiza y corrige los efectos de las deficiencias de elementos menores y microelementos.

COMPOSICIÓN: SFERA 3: 10 % SO<sub>4</sub> – 26 % CaO – 12 % MgO

Descripción del producto: SFERA 3: Para suelos ácidos que requieren mayor cantidad de Calcio que Magnesio, con problemas de toxicidad causados por Hierro, Aluminio y Manganeso.

Ventajas de su uso:

Efecto acondicionador de suelos.

Alto poder de neutralización.

Bloqueador de iones ácidos.

Aporte constante de Calcio, Magnesio, Azufre, Zinc y Boro asimilables.

Activador de la microflora del suelo.

Mejora la efectividad de los fertilizantes N-P-K (efecto sinérgico).

Alta residualidad.

Componentes liberados en forma espiral, que actúan desde su aplicación durante 90 días.

Mejor y mayor desarrollo radical en menor tiempo, acelera la germinación y crecimiento de la raíz.

Enriquece la solución nutritiva manteniendo concentraciones adecuadas de Ca, Mg, Zn y B. En mezcla con N-P-K mantiene el balance de la solución del suelo, mejorando el aprovechamiento de los nutrientes. Alta disponibilidad y asimilación de nutrientes.

Según INTAGRO (2015), el Humus tiene como función potenciar la acción de los fertilizantes al mejorar la eficiencia de recuperación de estos, regular la nutrición vegetal, favorecer la formación de agregados estables arcillosos-húmicos que dan origen a la estructura granular del suelo. Además aumenta la capacidad de retención de humedad, mejora la velocidad de infiltración, evita la erosión producida por escurrimiento superficial, ayuda a taponar cambios del Ph del suelo, inactiva los compuestos o elementos orgánicos tóxicos, fuente nutricional y energética de los microorganismos edáficos, favorece el normal desarrollo de las cadenas tróficas.

De la misma manera el humus biológicamente estimula la planta, químicamente cambia las propiedades de fijación del suelo y físicamente modifica el suelo. Como beneficios biológicos: estimula las enzimas de la plantas, actúa como un catalizador orgánico, estimula el crecimiento y la proliferación de microorganismos

necesarios para el suelo tanto como algas y levaduras, aumenta la respiración y formación de la raíz, estimula el crecimiento de la raíz especialmente en su ancho, aumenta la permeabilidad de las membranas de la planta, promoviendo la asimilación de los nutrientes, eleva el contenido de vitaminas de las plantas, eleva la germinación de la semilla y su viabilidad, estimula el crecimiento de la planta al acelerar la división celular y elevando el grado de desarrollo en el sistema radicular (Elzakker, 1995).

De la misma manera el autor sostiene que entre los beneficios químicos podemos citar: eleva las propiedades de aireación, quelata los iones metálicos bajo condiciones alcalinas, rico en sustancias orgánicas y minerales esenciales para el crecimiento de la planta retiene los fertilizantes inorgánicos solubles en agua en las zonas de raíz y los envía cuando son necesarios, posee capacidad de intercambio de iones extremadamente altas y promueve la conversión de un número de elementos en formas asimilables por la planta. Los beneficios físicos más importantes son: hace más poroso el suelo, mejora el manejo del suelo, eleva la aireación del suelo, eleva la capacidad de retención de agua en el suelo, mejora la germinación de la semilla y su viabilidad, reduce la erosión del suelo (Elzakker, 1995).

BIOCAL (NAVELAGRO, 2015), es una enmienda líquida de caliza Carbonato cálcico al 70% , que neutraliza, los suelos con pH ácido, que aporta calcio a los cultivos radicular o foliarmente y corrige la salinidad de los campos cultivados. Biocal debe aplicarse diluido en agua en suelos que están siendo cultivados intensivamente con fertilizaciones y riegos que originan acidez, alta conductividad y desequilibrios nutricionales, es necesario contar con un suelo húmedo para el éxito en la aplicación.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Características del sitio experimental**

La presente investigación se realizó en los campos de la Granja Experimental San Pablo de propiedad de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo ubicada en el Km 7,5 de la vía Babahoyo – Montalvo.

Está ubicada a una altura de 8 msnm, con una temperatura promedio de 25° C teniendo las siguientes coordenadas geográficas de longitud Oeste 79° 32' y de latitud Sur 1° 49', una precipitación promedio anual de 1845 mm, humedad relativa del 76 % y un promedio de 804,7 horas de heliofania<sup>5</sup>.

#### **3.2. Material de siembra**

La variedad de semilla que se utilizará en este trabajo de investigación es la INIAP 308, con las siguientes características agronómicas:

Ciclo:	115 – 120 días
Altura de la planta:	65 – 85 cm
Altura de la carga:	15 – 25 cm
Granos por vaina:	2 - 4
Vainas por planta:	77 - 92
Habito de crecimiento:	semi - indeterminado

#### **3.3. Factores Estudiados**

Variable dependiente: Comportamiento agronómico del cultivo soya.

Variable independiente: Presentación y niveles de correctores de acidez de suelo.

---

<sup>5</sup> Fuente: Estación Meteorológica UTB-INAHMI. 2015.

### 3.4. Métodos

Para realizar la presente investigación se utilizará los métodos Inductivo-Deductivo, Deductivo-Inductivo y Experimental.

### 3.5. Tratamientos

Los tratamientos empleados en la presente investigación, se presentan en la tabla 1.

Cuadro 1. Tratamientos, correctores de acidez, dosis/ha y época de aplicación del experimento.

Tratamientos	Correctores de acidez	Dosis/ha	Época de aplicación	
			(d.a.s)*	(d.d.s)**
T1	Sfera 3	300 kg	2	0 – 20
T2	Sfera 3	400 kg	2	0 - 20
T3	Humus	1 000 kg	2	0
T4	Biocal	10 lt	2	0
T5	Biocal	5 lt	2	0
T6	Biocal	3 lt	2	0
T7	Control		0	0

\*d.a.s. días antes de la siembra

\*\*d.d.s. días después de la siembra

#### Composición del producto

Sfera 3: SFERA 3: 10 % SO<sub>4</sub> – 26 % CaO – 12 % MgO

Humus: materia orgánica

Biocal: calcio carbónico 70%

### 3.6. Diseño Experimental

El diseño utilizado en presente ensayo fue Bloques Completos al Azar (BCA) con 7 tratamientos y 4 repeticiones.

### 3.6.1 Análisis funcional

Para la evaluación de los tratamientos se aplicó el análisis de varianza y la comparación de medias se hizo con la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad.

### 3.6.2. Análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	6
Repeticiones	3
Error Experimental	18
Total	27

## 3.7. Manejo del Ensayo.

### 3.7.1 Análisis de suelo.

Previo a la preparación del suelo, se tomó una muestra homogénea del mismo, para proceder a su análisis físico y químico. En el mismo se determinó el pH, aluminio intercambiable, macro y micronutrientes; con esto se calibró la dosis de correctores, antes y después de la siembra. A los 15 días después de la siembra se tomaron muestras por cada tratamiento.

### 3.7.2 Preparación del terreno.

La preparación de suelo se realizó con un pase de romplow (rastra pesada) y 2 de rastra liviana en sentido cruzado, con esto se logró una correcta cama de siembra. Posterior al laboreo se procedió a realizar la aplicación general de los correctores de acidez mediante voleo los sólidos y aplicación en drench los líquidos.

### **3.7.3 Siembra.**

Previo a la siembra las semillas fueron impregnadas con inoculante a base de *Bradyrhizobium japonicum*, para la fijación de nitrógeno en el suelo.

La siembra se efectuó en hileras longitudinales colocando semillas a semichorro continuo en las mismas, la separación entre hileras fue de 0,35 m en parcelas de 16 m<sup>2</sup>. A los 15 días después de la siembra se realizó un raleo dejando entre 14-16 plántulas por metro lineal, con el fin de establecer la densidad poblacional entre 320 000 y 350 000 plantas por hectárea.

### **3.7.4 Control de malezas.**

El control de malezas se realizó a los 27 días después de la siembra con Propiquizafod (Agil) en dosis de 0,75 L.ha<sup>-1</sup> y Acitluorfen (Blazer) 0,75 L.ha<sup>-1</sup>, para evitar efectos de pérdidas se empleó un fijador en la mezcla en tanque. A los 40 y 60 días después de la siembra, se procedió a controlar las malezas de manera manual.

### **3.7.5 Control fitosanitario.**

Se realizó con observaciones semanales de las poblaciones de insectos presentes en el cultivo. Se aplicó Clorpirifos (Pirinox) en dosis de 0,6 L.ha<sup>-1</sup> para el control de gusano sanduchero (*Hedilepta indicata*), mariquita (*Diabrotica* sp.) y masticador de hoja (*Alabama arguillacea*), a los 25 y 45 días después de la siembra. Para el control de roya de la soya (*Phakopsora pachirrizi*) se aplicó Propiconazol (Tilt, 0,5 L.ha<sup>-1</sup>.) y Axoszystrobin (Bankit, 0,4 L.ha<sup>-1</sup>.), en su orden, a los 35 y 55 días después de la siembra.

### **3.7.6 Riego.**

Se realizó un riego después de la preparación del suelo, para realizar la aplicación de los correctores de acidez, utilizando la humedad remanente del suelo se procedio a la siembra del cultivo y si el cultivo lo requería se realizaba riegos por aspersión.

### **3.7.7 Fertilización.**

Las dosis de fertilizante químico se aplicaron en función de los requerimientos del cultivo. Antes de la siembra se aplicó fósforo (DAP 60 Kg.ha<sup>-1</sup>) y potasio (80 Kg.ha<sup>-1</sup>) a los 10 y 20 días de la misma. La fertilización foliar se realizó con Vytazime en dosis de 1,0 L.ha<sup>-1</sup>.

### **3.7.8 Cosecha.**

La cosecha se realizó de forma manual en cada tratamiento, cuando las plantas alcancen su madurez fisiológica en el campo.

## **3.8. Datos a evaluar.**

### **3.8.1 Altura de planta (cm)**

Se evaluó en 10 plantas al azar en cada tratamiento al momento de la cosecha, considerando la longitud desde el cuello de la raíz hasta la yema terminal.

### **3.8.2 Días a floración**

Este registro se contó desde el momento de la siembra, hasta cuando cada tratamiento logró el 50 % de flores abiertas en las ramas.

### **3.8.3 Días a la cosecha**

Se contaron los días desde la siembra hasta que en cada tratamiento, el 90 % de las plantas presentaron su madurez fisiológica y se encontraron parcialmente defoliadas.

### **3.8.4 Número de vaina por planta**

Esta variable se tomó a la cosecha, contando la cantidad total de vainas viables en 10 plantas al azar en cada tratamiento.

### **3.8.5 Peso de 100 granos (g)**

Se estableció el peso de 100 granos en cada parcela útil del ensayo, con la ayuda de una balanza de precisión.

### **3.8.6 Rendimiento por hectárea.**

Se calculó con el peso de los granos provenientes del área útil de cada unidad experimental transformándolo en  $\text{Kg.ha}^{-1}$ ., con un ajuste al 13 % de humedad de la semilla mediante la siguiente formula:

$$Ps = \frac{(Pa100 - ha)}{100 (hd)}$$

Dónde:

Ps = Peso seco

Pa = Peso actual

hd = Humedad deseada

ha = Humedad Actual

### **3.8.7 Análisis Económico de los tratamientos**

Calculado el rendimiento del cultivo por hectárea, se estableció los ingresos y costos realizados en el cultivo, para determinar su utilidad y beneficio por tratamiento.

### **3.8.8 Análisis de suelo y de pH**

Se realizaron los análisis de suelo cinco días antes de aplicación de los correctores de acidez y a la cosecha del cultivo, las muestras se llevaron a los laboratorios de la Estación Experimental Litoral Sur del INIAP. Los análisis de pH se hicieron antes de la aplicación de los correctores, 15 días después de la siembra, y una vez por mes hasta la cosecha del cultivo (30, 60, 90 y 120 días después de la siembra), para el efecto se utilizó un pHmetro digital.

### **3.8.9 Análisis Foliar**

Para determinar los niveles de absorción de nutrientes a los 45 días después de la siembra se recogieron de los tratamientos muestras foliares, las mismas fueron enviadas al laboratorio para su análisis.

## IV. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el estudio se presentan a continuación:

### 4.1. Altura de planta (cm)

En el Cuadro 2, se observan los promedios de altura de planta, registrados en el ensayo. Los valores sometidos al análisis de varianza alcanzaron alta significancia estadística. El coeficiente de variación fue 5.37 %.

El tratamiento que presentó la mayor altura con la aplicación de Sfera en dosis de 300 Kg.ha<sup>-1</sup> (51,12 cm), siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos. La menor longitud se registró cuando se no aplicó correctores de acidez con 35.63 cm, el mismo que fue estadísticamente inferior.

Cuadro 2. Altura de planta a cosecha con la aplicación de correctores de acidez de suelos en soya. Babahoyo, 2016.

Tratamiento	Altura de planta / cm.
Sfera 3 300 kg.ha <sup>-1</sup>	51,12 a
Sfera 3 400 kg.ha <sup>-1</sup>	47,08 b
Humus 1000 kg.ha <sup>-1</sup>	45,12 b
Biocal 10 L.ha <sup>-1</sup>	47,23 b
Biocal 5 L.ha <sup>-1</sup>	41,62 c
Biocal 3 L.ha <sup>-1</sup>	44,23 c
Control	35,63 d
Promedios	44,57
Significancia Estadísticas	**
Coeficiente de variación %	5.37

\*\*Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5% de significancia.

## 4.2. Días a floración

Los promedios de días a floración observados se presentan en el Cuadro 3. Se alcanzó alta significancia estadística al 5 %, siendo el coeficiente de variación de 3.27 %.

Las plantas tratadas con Biocal en dosis de 10 L.ha<sup>-1</sup> tomaron más tiempo en florecer con 56,23 días, siendo este tratamiento superior estadísticamente a los otros. Fueron los tratamientos Sfera 300 Kg.ha<sup>-1</sup>, Biocal 5 L.ha<sup>-1</sup> y Control sin aplicación (44.12, 42.00 y 43.54 cm, respectivamente), los que obtuvieron promedios más bajos.

Cuadro 3. Días a la floración con la aplicación de correctores de acidez en suelos establecidos con el cultivo de soya. Babahoyo, 2016.

Tratamiento	Número de días
Sfera 3 300 kg.ha <sup>-1</sup>	44,12 d
Sfera 3 400 kg.ha <sup>-1</sup>	49,30 b
Humus 1000 kg.ha <sup>-1</sup>	47.43 c
Biocal 10 L.ha <sup>-1</sup>	56,23 a
Biocal 5 L.ha <sup>-1</sup>	42,00 d
Biocal 3 L.ha <sup>-1</sup>	52,12 b
Control	43,54 d
Promedios	46,76
Significancia Estadísticas	**
Coeficiente de variación %	3.27

\*\*Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5% de significancia.

### 4.3. Días a cosecha

Los días a cosecha según el análisis de varianza, alcanzaron alta significancia estadística al 95 % de probabilidades en los tratamientos, con un coeficiente de variación de 0.65 % (Cuadro 4).

La aplicación de Biocal en dosis de 5 y 10 L.ha<sup>-1</sup> (124,61 y 124,36 cm, en su orden), provocó cosecha más tardía, siendo estadísticamente superiores a los demás tratamientos. Cuando se aplicó al suelo Sfera 300 Kg.ha<sup>-1</sup> (119, 56 cm) y Humus 1000 Kg.ha<sup>-1</sup> (120,35 cm), las plantas se cosecharon con menores promedios.

Cuadro 4. Días a la cosecha con la aplicación de correctores de acidez de suelos en soya. Babahoyo, 2016.

Tratamiento	Número de días
Sfera 3 300 kg.ha <sup>-1</sup>	119,65 C
Sfera 3 400 kg.ha <sup>-1</sup>	121,68 B
Humus 1000 kg.ha <sup>-1</sup>	120,35 C
Biocal 10 L.ha <sup>-1</sup>	124,36 A
Biocal 5 L.ha <sup>-1</sup>	124,61 A
Biocal 3 L.ha <sup>-1</sup>	121,43 B
Control	120,34 B
Promedios	121,77
Significancia Estadísticas	**
Coeficiente de variación %	0,65

\*\*Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5% de significancia.

#### 4.4. Número de Vainas por planta

El Cuadro 5 muestra el número de vainas por planta obtenidos en esta investigación. Los valores sometidos al análisis de varianza, lograron alta significancia estadística, siendo el coeficiente de variación 1.41 %.

Las plantas tratadas con Sfera 300 y 400 Kg.ha<sup>-1</sup> presentaron mayor capacidad de carga (44,53 y 45,43 vainas por planta, respectivamente), fueron estadísticamente iguales a Humus 1000 kg.ha<sup>-1</sup> (38,73 vainas/planta) y superiores a los otros tratamientos. La aplicación de Biocal en dosis de 3 y 5 L.ha<sup>-1</sup> resultó en un menor número de vainas (23,63 y 26 vainas/planta), respectivamente.

Cuadro 5. Número de vainas por planta con la aplicación de correctores de acidez en suelos establecidos con el cultivo de soya. Babahoyo, 2016.

Tratamiento	Número de vainas
Sfera 3 300 kg.ha <sup>-1</sup>	44,53 a
Sfera 3 400 kg.ha <sup>-1</sup>	45,43 a
Humus 1000 kg.ha <sup>-1</sup>	38,73 ab
Biocal 10 L.ha <sup>-1</sup>	28,53 b
Biocal 5 L.ha <sup>-1</sup>	26,00 c
Biocal 3 L.ha <sup>-1</sup>	23,63 c
Control	31,57 bc
Promedios	34,06
Significancia Estadísticas	**
Coeficiente de variación %	1,41

\*\*Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5% de significancia.

#### 4.5. Peso de 100 granos (g)

Los pesos de 100 granos obtenidos en los tratamientos, se observan en el Cuadro 6, estos valores no alcanzaron significancia estadística en los tratamientos, siendo estadísticamente iguales. El coeficiente de variación fue 1.11 %.

Sin embargo, se observa mayor peso en las aplicaciones de Sfera 300 Kg.ha<sup>-1</sup> (19,1 g) y Sfera 400 Kg.ha<sup>-1</sup> (19,1 g). Menor valor se vio en Biocal 10 L.ha<sup>-1</sup> con 17,6 gramos.

Cuadro 6. Peso de 100 granos con la aplicación de correctores de acidez de suelos en soya. Babahoyo, 2016.

Tratamiento	Peso granos (g)
Sfera 3 300 kg.ha <sup>-1</sup>	19,1
Sfera 3 400 kg.ha <sup>-1</sup>	19,1
Humus 1000 kg.ha <sup>-1</sup>	18,5
Biocal 10 L.ha <sup>-1</sup>	17,6
Biocal 5 L.ha <sup>-1</sup>	17,9
Biocal 3 L.ha <sup>-1</sup>	18,2
Control	18,7
Promedios	18,44
Significancia Estadísticas	Ns
Coeficiente de variación %	1,11

#### 4.6. Rendimiento por hectárea (Kg/ha)

En el Cuadro 7, se presentan los rendimientos por hectárea obtenidos en los tratamientos. Se logró alta significancia al 95 % de probabilidad y con 4,67 % de coeficiente de variación.

El mayor rendimiento de grano se obtuvo en las plantas tratadas con Sfera 300 Kg.ha<sup>-1</sup> (3318,57 Kg.ha<sup>-1</sup>), el cual fue estadísticamente igual a Sfera 400 Kg.ha<sup>-1</sup> (3234,17 Kg.ha<sup>-1</sup>) y Humus 1000 Kg.ha<sup>-1</sup> (2930,12 Kg/ha), pero superior a los demás tratamientos. La aplicación de Biocal en dosis de 10 L.ha<sup>-1</sup> presentó el menor rendimiento con 2101,02 Kg.ha<sup>-1</sup>.

Cuadro 7. Rendimiento por hectárea con la aplicación de correctores de acidez de suelos en soya. Babahoyo, 2016.

Tratamiento	Peso granos (g)
Sfera 3 300 kg.ha <sup>-1</sup>	3318,57 a
Sfera 3 400 kg.ha <sup>-1</sup>	3234,17 ab
Humus 1000 kg.ha <sup>-1</sup>	2930,12 ab
Biocal 10 L.ha <sup>-1</sup>	2101,02 d
Biocal 5 L.ha <sup>-1</sup>	2419,13 c
Biocal 3 L.ha <sup>-1</sup>	2518,11 c
Control	2904,97 b
Promedios	2775,15
Significancia Estadísticas	**
Coeficiente de variación %	4,67

\*\*Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5% de significancia.

#### 4.7. Análisis económico de los tratamientos

El análisis económico determinó que todos los tratamientos tuvieron utilidades positivas (Cuadro 8). La mayor utilidad se encontró con la aplicación de Sfera 300 Kg.ha<sup>-1</sup> con \$1175,14, viéndose menor utilidad cuando se aplicó Humus 1000 Kg.ha<sup>-1</sup> con \$379,28.

En la relación utilidad neta solo el tratamiento Sfera 3 300 kg.ha<sup>-1</sup> (\$ 11,9) superó al tratamiento control, los restantes tratamientos lograron resultados negativos.

Cuadro 8. Análisis económico con la aplicación de correctores de acidez de suelos en soya. Babahoyo, 2016.

Tratamiento	Rendimiento kg/ha	Ingresos	Costos Fijos	Costos de Cosecha	Costo Aplicación	Costo total	Utilidad	Utilidad Neta
Sfera 3 300 kg.ha <sup>-1</sup>	3318,57	2263,49	690,32	146,03	252	1088,35	1175,14	11,9
Sfera 3 400 kg.ha <sup>-1</sup>	3234,17	2205,92	690,32	142,32	336	1168,64	1037,29	-125,9
Humus 1000 kg.ha <sup>-1</sup>	2930,12	1998,54	690,32	128,94	800	1619,26	379,28	-783,9
Biocal 10 L.ha <sup>-1</sup>	2101,02	1433,04	690,32	92,45	120	902,77	530,26	-632,9
Biocal 5 L.ha <sup>-1</sup>	2419,13	1650,01	690,32	106,45	60	856,77	793,24	-370
Biocal 3 L.ha <sup>-1</sup>	2518,11	1717,52	690,32	110,81	36	837,13	880,39	-282,8
Control	2904,97	1981,39	690,32	127,83	0	818,15	1163,24	0

Costo 50 kg/grano: \$31; Sfera 50 kg: \$42; Humus 50 kg: \$40; Biocal L:\$12.

#### 4.8. Analisis de suelo y pH

El Cuadro 9 registra los valores de potencial hidrógeno (pH), los valores mostraron variabilidad por la aplicación de los correctores de pH.

A los 0 días, las parcelas tratadas con Biocal 3 L/ha presentaron el pH más bajo (5,2), con valores de 5,8 en los tratamientos de Biocal 5 y 10 L/ha. La evaluación realizada a los 15 días después de la siembra encontró pH bajos en Biocal 3 L/ha

(5,6). Mayores registros de pH se dieron en Sfera 400 Kg/ha (6,2) y Humus 1000 Kg/ha (6,2).

A los 30 días después de la siembra se tuvo mayor pH en Sfera 300 Kg.ha<sup>-1</sup> (6,1), Sfera 400 Kg.ha<sup>-1</sup> (6,1) y Biocal 10 L.ha<sup>-1</sup> (6,1). Menor pH se encontró cuando se aplicó Biocal 3 L.ha<sup>-1</sup> (5,6).

Con la aplicación de Humus 1000 Kg.ha<sup>-1</sup> (6,3) se tuvo mayor pH, observándose menor valor con Biocal 3 L.ha<sup>-1</sup> (5,7) a los 60 días después de la siembra.

En 90 y 120 días de desarrollo del cultivo se logró pH alto con la colocación en el suelo de Sfera 300 Kg.ha<sup>-1</sup> (6,3 y 6, 3,; en su orden) y Humus 1000 Kg.ha<sup>-1</sup> (6,3 y 6,4; respectivamente ); teniendo el pH más bajo el suelo aplicado con Biocal 3 L/ha (5,7 y 5,6).

Cuadro 9. Valores de potencial Hidrógeno encontrados con la aplicación de correctores de acidez de suelos en soya. Babahoyo, 2016.

<b>Tratamiento</b>	<b>0 d.d.s</b>	<b>15 d.d.s</b>	<b>30 d.d.s</b>	<b>60 d.d.s</b>	<b>90 d.d.s</b>	<b>120 d.d.s</b>
Sfera 3 300 kg.ha <sup>-1</sup>	5,6	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4
Sfera 3 400 kg.ha <sup>-1</sup>	5,6	6,2	6,1	6,2	6,2	6,3
Humus 1000 kg.ha <sup>-1</sup>	5,3	6,2	6,2	6,3	6,3	6,4
Biocal 10 L.ha <sup>-1</sup>	5,8	6,0	6,1	6,1	6,2	6,2
Biocal 5 L.ha <sup>-1</sup>	5,8	5,9	6,0	6,1	6,1	6,1
Biocal 3 L.ha <sup>-1</sup>	5,2	5,6	5,6	5,6	5,7	5,6
Control	5,5	5,6	5,7	5,7	5,8	5,7
Promedios	5,5	5,9	6,0	6,0	6,1	6,1

El Cuadro 10 presenta el resultado de los análisis de suelos realizados antes de la aplicación de los tratamientos y al final del ensayo.

Se encontró que las aplicaciones de correctores de acidez, presentaron incrementos en Ca, Mg, Zn y B; y descensos en las cantidades de N, P, K, S, Cu, Fe y Mn, con relación al primer análisis.

Cuadro 10. Comparación de análisis químico de suelos con la aplicación de correctores de acidez de suelos en soya. Babahoyo, 2016.

<b>Identificación de la muestra</b>	<b>pH</b>	<b>NH4</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>B</b>
613 (Antes)	5,2	28	31	95	2470	665	47	2,1	25,9	662	107	0,10
11185 (Final Ensayo)	6,1	22	14	39	3730	780	12	3,1	16,3	157	12,2	0,26
Disminución		6	17	56	-1260	- 115	35	-1	9,6	505	94,8	- 0,16

#### 4.9. Análisis Foliar

El Cuadro 11, muestra los resultados del análisis foliar realizado a cada grupo de los tratamientos.

Estos muestran que los tratamientos donde se aplicó Sfera 3, en sus diferentes dosis presentaron una cantidad adecuada de nutrientes en el tejido foliar.

Cuadro 11. Evaluación análisis foliar con la aplicación de correctores de acidez de suelos en soya. Babahoyo, 2016.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
Sfera 3 300 kg.ha <sup>-1</sup>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sfera 3 400 kg.ha <sup>-1</sup>	A	A	A	A	A	A	A	D	A	A	A
Humus 1000 kg.ha <sup>-1</sup>	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Biocal 10 L.ha <sup>-1</sup>	D	D	E	D	D	D	A	A	A	A	E
Biocal 5 L.ha <sup>-1</sup>	D	D	E	D	D	D	A	A	A	A	E
Biocal 3 L.ha <sup>-1</sup>	D	D	E	D	D	D	A	A	A	A	A
Control	A	A	A	A	D	D	E	A	E	A	E

Análisis de tejidos EEBO.

E= Excesivo, A= Adecuado, D= Deficiente

## V. DISCUSIÓN

Con los resultados obtenidos en esta investigación, se determinó que la aportación al suelo de correctores de acidez, incide sobre el aumento de pH y la disponibilidad de nutrientes en el cultivo de soya, en las condiciones de la zona estudiada.

Resultado de las aportaciones de Sfera 3, se consiguió incrementar los niveles de potencial hidrogeno, logrando así mejorar la disponibilidad de nutrientes para el cultivo sembrado, el mismo que tuvo un desarrollo adecuado, con aumento en la biomasa. Esto corrobora lo publicado por SOLVESA (2015), quienes menciona que SFERA® es la nueva generación de acondicionadores de suelo específicos para el uso agrícola, que aportan elemento menores que los cultivos necesitan. Con el uso de SFERA en suelos con pH ácidos, a más de ser un acondicionador de suelos, también es un potencializador de macronutrientes, minimiza y corrige los efectos de las deficiencias de elementos menores. Tiene un alto poder de neutralización, es bloqueador de iones ácidos, activador de la microflora del suelo y tiene componentes liberados en forma espiral, que actúan desde su aplicación durante 90 días. En mezcla con N-P-K mantiene el balance de la solución del suelo, mejorando el aprovechamiento de los nutrientes, alta disponibilidad y asimilación.

Los análisis estadísticos encontraron que la dosis de 300 Kg.ha<sup>-1</sup> de Sfera 3 en aplicaciones al suelo, bloquea la absorción de iones tóxicos y facilita la asimilación de nutrientes existentes en la solución del suelo. Esto permite incrementar la actividad fotosintética los que conlleva a mejorar el rendimiento del cultivo. Magra y Ausilio (2004), mencionan que una buena distribución del correctivo en el suelo es esencial para su reacción, por lo que la distribución al voleo en cobertura y el mezclado en la capa arable con implementos de discos luego de la aplicación brinda la mayor eficiencia. El arado tiende a ubicar el producto de encalado en el

fondo de la capa arable por lo que no resulta un implemento adecuado. En sistemas de no remoción de suelo, como la siembra directa, la alternativa es la aplicación en bandas o al voleo en superficie, siendo en este caso la reacción más lenta y no tan completa, por lo que deberán seleccionarse correctivos de alta solubilidad.

Todas las variables evaluadas diámetro presentaron significancia estadística en el análisis de varianza realizado, con excepción del peso de 100 granos. Esta situación se presenta por cuanto los productos afectaron directamente la producción final.

El mayor incremento de rendimiento se encontró en los tratamiento aplicados con Sfera en dosis de 300 y 400 Kg.ha<sup>-1</sup>, incorporados al suelo al voleo, las mismas fueron estadísticamente superiores al testigo y al producto Biocal en todas sus dosis, según lo manifestado por Benton (2013) quien menciona que la utilización de correctores de pH ácido del suelo con calcio en su formulación en forma de óxido y aplicados en suelos en forma granular, logran establecer un ambiente propicio en la raíz para el desarrollo normal de los cultivos.

El rendimiento del cultivo se mantuvo de manera adecuado en los tratamiento aplicados con enmiendas sólidas, a diferencia de los resultados encontrados en la enmienda líquida propuesta, esto finalmente se manifiestan en la producción del cultivo y su crecimiento. Esto lo manifiesta Molina (1998), quien dice que el encalado junto con la siembra de especies tolerantes constituyen las prácticas más apropiadas y económicas para corregir los problemas de acidez. Sin embargo, es común encontrar que los criterios utilizados para la aplicación de los materiales de encalado existentes en el mercado, no cumplen los requisitos mínimos de calidad para asegurar el éxito de su empleo.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Según los resultados obtenidos en este ensayo se concluye lo siguiente:

1. La aplicación de Sfera 3 en dosis de 300 y 400 Kg.ha<sup>-1</sup>inciden sobre el aumento de los rangos de pH en los suelos tratados.
2. La aplicación de Sfera 3 en dosis de 300 Kg.ha<sup>-1</sup> (51, 12 cm), incrementa el desarrollo del cultivo de soya, aumentando el crecimiento de plantas en los tratamientos aplicados con un porcentaje del 46 % en relación al Control sin aplicación (35,63 cm).
3. La aplicación de Sfera 3 (300 Kg.ha<sup>-1</sup>) disminuye los días a floración y cosecha del cultivo de soya.
4. Aplicaciones de Sfera 3 en dosis de 300 Kg.ha<sup>-1</sup>, aumentan el número de vainas por planta y el rendimiento por hectárea, con relación al testigo no aplicado.
5. La variable peso de 100 granos, no presentó variación estadística por las aplicaciones de los tratamientos en el cultivo de soya.
6. Todos los tratamientos aplicados con correctores de acidez lograron utilidades positivas, pero no utilidades netas en las cuales presentaron valores negativos con relación al testigo.
7. El ingreso económico mayor se presentó con la aplicación de Sfera 300 Kg.ha<sup>-1</sup> con una utilidad de \$1175,14, siendo menor la presentada por Humus que logró \$379,28.

En base a estas conclusiones se recomienda:

1. Realizar aplicaciones de Sfera 3 300 Kg.ha<sup>-1</sup> al voleo e incorporado al suelo, en las épocas indicadas en el ensayo (0-20 días después de la siembra) para aumentar el pH de suelos en cultivos de soya.
2. Manejar aplicaciones de riego para favoreces la asimilación del corrector de acidez.
3. Realizar investigaciones similares con otros cultivos y bajo otras condiciones de manejo.

## VII. RESUMEN

Este trabajo se realizó en los predios de la Granja Experimental “San Pablo”, de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en Km 7.5 de la vía Babahoyo-Montalvo. El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficacia de correctores de acidez en varias dosis, sobre los niveles de pH en un suelo cultivado con soya, y determinar su efecto sobre el rendimiento de grano. Adicionalmente se realizó un análisis económico.

Se investigaron seis tratamientos y un testigo sin aplicación, con 4 repeticiones. La siembra se realizó con la variedad INIAP-308, en parcelas de 16 m<sup>2</sup>. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar (BCA). La evaluación de medias de los tratamientos se realizó con la prueba de Tukey al 5 % de significancia. Al final del ciclo del cultivo se evaluó: altura de plantas, días a floración, días a cosecha, número de vainas por planta, peso de 100 granos, rendimiento por hectárea, medición de pH, análisis de suelo, análisis foliar y análisis económico

Los resultados determinaron que las aplicaciones de Sfera 3 en dosis de 300 Kg/ha (rendimiento de 3318,57 kg.ha<sup>-1</sup>), incide sobre las variaciones de pH, el crecimiento y desarrollo del cultivo de soya, especialmente facilitando la absorción de nutrientes, afectando positivamente el rendimiento por encima del testigo con rangos del 14 % con relación al Control sin aplicación (2904,97 kg.ha<sup>-1</sup>) y 57 % con relación al tratamiento Biocal 5 L.ha<sup>-1</sup> (2419,13 kg.ha<sup>-1</sup>).

## VIII. SUMMARY

This work was carried out in of the Experimental Farm "San Pablo", of the Technical University of Babahoyo, located in Km 7.5 of the road Babahoyo - Montalvo. The objective of this work was to evaluate the effectiveness of acidity correctors in several doss, on the pH levels in a cultivated soil planted with soybean, and to determine its effect on the grain yield. Additionally he was carried out an economic analysis.

Six treatments and a control without application were investigated, with four repetitions. The sowing was carried out with the varieties INIAP-308, in parcels of 16 m<sup>2</sup>. The treatments were distributed at random in a design of complete blocks (BCA). The evaluation of stockings of the treatments was carried out using Tukey to 5 significancia%. During cultivation cycle it was evaluated: height of plants, days to flowering, days to harvest, number of sheaths for plant, weight of 100 grains, yielding hectare, pH, soil and foliar, analysis and economical analysis.

The results determined that the applications of Sfera 3 in dose of 300 Kg/ha, it impacts on the pH variations, the growth and development dl soya cultivation, especially facilitating the absorption of nutritious, affecting the yield positively above the witness with ranges of 14 % with relationship to the witness without application and 57 % with relationship to the treatment Biocal.

## IX. LITERATURA CITADA

Banco Central del Ecuador., BCE. 2010. Anuario de Estadísticas y Comercio. 2010. En línea [www.bce.gob.ec](http://www.bce.gob.ec). Consultado 2011.

Benton, M. 2003. La acidez de los suelos. En línea. Revisado 11-07-2015. Disponible en web: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid)

Brady, N.; Weil, R. 2002. The Nature and Properties of Soils. 13th ed. En línea. Disponible en web://[es.wikipedia.org/wiki/PH\\_del\\_suelo](http://es.wikipedia.org/wiki/PH_del_suelo)

Casierra-Posada, F. 2001. Fundamentos fisiológicos, bioquímicos y anatómicos del estrés por aluminio en vegetales. Rev. Comalfi. 28(2):8-19.

Castellanos, J. 2015. Manejo y corrección de acidez de suelo. En línea. Revisado 11-07-2015. Disponible en web://[#sthash.5KvRjMNM.dpbs](http://www.intagri.com/articulos/suelos/manejo-y-correccion-de-acidez-de-suelo)

Chaves Solera, M. 2010. La acidez y el encalado de los suelos. Revista Ciencia y Técnica en la Agricultura Cañera (La Habana, Cuba) N° 2. Act 2010 p: 107-116.

Colocelli, N. 1997. Encalado de suelos. En línea. Revisado 12-07-2015. Disponible en web://[www.produccion.com.ar/1997/97jun\\_15.htm](http://www.produccion.com.ar/1997/97jun_15.htm).

Edward, P. 2000. Agricultura técnica en México. Versión impresa ISSN 0568-2517 Agric. Téc. Méx. Vol.35, no.3. México jul./sep. 2009.

Elzakker, B. 1995. Principios y prácticas de la agricultura en el trópico húmedo. San José, CR, Fundación Guillombé. 86 p.

FAOAG21. 2002. Los fertilizantes y su uso . FAO, Roma, 1965. Cuarta edición, revisada, FAO e IFA. Roma, 2002 ISBN 92-5-304414-4.  
<ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuso.pdf>

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias - INIAP. 2009. Informe técnico anual. Programa de soya. Estación Experimental Sur “Boliche”. Guayaquil-Ecuador. pp. 1-22.

Instituto Nacional de estadísticas y Censos-INEC. 2015. Proyecto SIGAGRO 2010. Informe estadístico por cultivos. En línea. Revisado 10-07-2015. Disponible en web: [www.inec.gob.ec](http://www.inec.gob.ec)

INTAGRO. 2015. Manuales de cultivo, información y datos. Disponible en [www.intagro.com.mx](http://www.intagro.com.mx)

IPNI-International Plant Nutrition Institute. 2015. Control de la acidez y alcalinidad y aumente la fertilidad de suelo. En línea. Revisado 11-07-2015. Disponible en web://[www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/pdf).

Lillo, J. 2015. Acidificación de suelos-Gestión y conservación de suelos y aguas. Agroinformación-Análisis de suelos. En línea. Revisado 11-07-2015. Disponible en <http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Suelos/AcidificacionSuelos.html>

Magra, G, Ausilio, A. 2004. Corrección de la acidez de los suelos. Universidad Nacional de Rosario. Revista Agromensaje, Facultad de Ciencias Agrarias. Argentina. Vol.08:2004. 15 p.

MAG-Ministerio de Agricultura de Costa Rica. 2015. Manejo de suelos. En línea. Disponible en web://[www.mag.gov.cr](http://www.mag.gov.cr)

Molina, E. 1998. Encalado para la corrección de la acidez del suelo. Centro de Investigaciones Agronómicas Universidad de Costa Rica. ACCS, San José-Costa Rica. 45 p.

Nato, V. 2001. Estudio y comportamiento de cultivares de soja en la región central de la pampa argentina. INTA. Anuario Científico, 2008. Disponible en [www.inta.gob.ar](http://www.inta.gob.ar)

Navelagro. 2015. Manuales de cultivo, catálogo de productos y servicios. Disponible en [www.navelagro.com.ec](http://www.navelagro.com.ec).

Solvesa. 2015. Manuales de cultivo, catálogo de productos y servicios. Disponible en [www.solvesa.com](http://www.solvesa.com).

USAD. 2009. World Markets and Trade. Unites States Department Agriculture. Foreign Agriculture Service. Circular Series FOP: August 2009. <http://www.fas.usda.gov/oilseeds/circular/2008/August/oilseedsfull0808.pdf>.

**ANEXOS**

**a. Distribución de parcelas**

T3	T5	T3	T3
T6	T7	T4	T1
T1	T3	T5	T7
T5	T1	T2	T5
T2	T2	T1	T4
T7	T6	T7	T2
T4	T4	T6	T6

**b. Características del lote experimental**

Tratamientos: 7

Repetición: 4

Total parcelas: 28

Longitud de unidad experimental: 4 m

Ancho de unidad experimental: 4 m

Distancia entre bloques: 1 m

Área unidad experimental: 16 m<sup>2</sup>

Área útil de unidad experimental: 12 m<sup>2</sup>

Área de bloque: 144 m<sup>2</sup>

Área Total de Bloques: 576 m<sup>2</sup>

Área Total del Ensayo: 960 m<sup>2</sup>

## IMAGENES DEL ENSAYO



**Figura 1.** Preparación del terreno y Siembra del cultivo de soya.



**Figura 2.** Preparación y Aplicación de tratamientos.



**Figura 3.** Distribución de tratamientos.



**Figura 4.** Campo experimental.



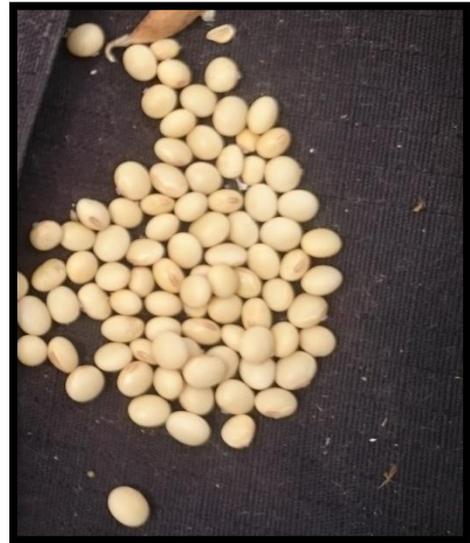
**Figura 5.** Efectos de los tratamientos.



**Figuras 6.** Aplicación de herbicidas e insecticidas.



**Figura 7.** Evaluación de altura de plantas.



**Figura 8.** Evaluación de vainas.