



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



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

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

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA:**

Uso de yeso agrícola como acondicionador de suelo en la producción intensiva de maíz (*Zea Mays L.*).

**AUTOR:**

Herlin Freddy Olvera Flores

**TUTOR:**

Ing. Luis Enrique Sánchez Jaime MSc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2020



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



**TRABAJO DE TITULACION**

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

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA:**

Uso de yeso agrícola como acondicionador de suelo en la producción intensiva de maíz (*Zea Mays L.*).

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

Ing. Agr. Eduardo Colina Navarrete, Mg. Sc.

**PRESIDENTE**

---

Ing. Agr. Tito Bohórquez Barros, MBA

**PRIMER VOCAL**

---

Ing. Agr. Fernando Cobos Mora, MBA

**SEGUNDO VOCAL**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

A mi madre, por ser la persona que me han escuchado, apoyado y acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida, ha velado por mí durante este arduo camino para convertirme en profesional, quien me ha aconsejado y guiado para poder llegar a este logro personal y profesional.

A mi esposa y amiga, así también a mis hijos, por estar conmigo en aquellos momentos en que el estudio ocupó mi tiempo y esfuerzo. Gracias por toda tu ayuda y comprensión.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por bendecirme la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mi madre, por ser la principal promotora de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Mi agradecimiento hacia mi compañera de vida, quien me ha acompañado en este camino y me ha motivado encaminándome al éxito, es el ingrediente perfecto para poder lograr alcanzar esta dichosa y muy merecida victoria en la vida, y poder disfrutar del privilegio de ser agradecido, ser grato con esta persona que se preocupa por mí en cada momento y que siempre quiso lo mejor para mi porvenir.

Agradezco a mis Catedráticos de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad de Técnica de Babahoyo, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de mi preparación académica, quienes me han guiado con su paciencia, y su rectitud como docentes.

La responsabilidad por la investigación, análisis, resultados, conclusiones y recomendaciones presentadas y sustentadas en este componente practico de examen de carácter Complexivo son de exclusividad del autor.

---

Herlin Freddy Olvera Flores

## RESUMEN

### Uso de yeso agrícola como acondicionador de suelo en la producción intensiva de maíz (*Zea mays* L.).

**Autor:**

Herlin Freddy Olvera Flores

**Tutor:**

Ing. Luis Enrique Sánchez Jaime MSc.

El maíz representa unos de los principales cultivos para el consumo humano a nivel mundial. En Ecuador uno de los cultivos que genera más ingresos en el sector agrícola es el maíz, por esta razón es de suma importancia manejar las plantaciones de una manera adecuada a fin de obtener un óptimo rendimiento. Cada año los productores de maíz se enfrentan al desafío de superar varios inconvenientes que se presentan en el cultivo, entre los cuales destaca el uso de estrategias para mejorar la calidad del suelo. Entretanto, una de ellas el uso de enmiendas que aporten Calcio en forma directa o indirecta como en el yeso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) que es la enmienda de más extenso uso. En la presente investigación se detalla el uso de yeso agrícola como acondicionador de suelo en la producción intensiva de maíz (*Zea Mays* L.), llegando a la conclusión que el uso de enmiendas como yeso agrícola se considera como un complemento del mantenimiento de la fertilidad del suelo y del mantenimiento de los equilibrios necesarios entre los nutrientes que presentan relaciones antagónicas. El yeso agrícola puede ser útil en el manejo de suelos irrigados con aguas salinas, puede evitar una acumulación excesiva de sales en el perfil. Esta enmienda por sus efectos sobre el suelo y características químicas posee un buen potencial para la remediación de la sodicidad.

**Palabras clave:** degradación, enmiendas, producción.

## SUMMARY

### **Use of agricultural gypsum as a soil conditioner in the intensive production of corn (*Zea mays* L.).**

**Author:**

Herlin Freddy Olvera Flores

**Tutor:**

Ing. Luis Enrique Sánchez Jaime MSc.

Corn represents one of the main crops for human consumption worldwide. In Ecuador, one of the crops that generates the most income in the agricultural sector is corn, for this reason it is extremely important to manage the plantations in an adequate way in order to obtain an optimal yield. Every year, corn producers face the challenge of overcoming several problems that arise in cultivation, among which the use of strategies to improve soil quality stands out. Meanwhile, one of them is the use of amendments that provide Calcium directly or indirectly as in agricultural gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), which is the most widely used amendment. In this research, the use of agricultural gypsum as a soil conditioner in the intensive production of corn (*Zea Mays* L.) is detailed, concluding that the use of amendments such as agricultural gypsum is considered as a complement to the maintenance of fertility. of the soil and the maintenance of the necessary balances between the nutrients that present antagonistic relationships. Agricultural gypsum can be useful in the management of soils irrigated with saline waters, it can avoid an excessive accumulation of salts in the profile. This amendment, due to its effects on the soil and chemical characteristics, has good potential for the remediation of sodicity.

**Keywords:** corn, degradation, emmiendas

## INDICE DE CONTENIDOS

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	II
DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTOS .....	IV
RESUMEN .....	VI
SUMMARY .....	VII
INDICE DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I .....	2
MARCO METODOLÓGICO.....	2
1.1 Definición del tema caso de estudio.....	2
1.2 Planteamiento del problema .....	2
1.3 Justificación .....	3
1.4 Objetivos .....	3
1.4.1 General .....	3
1.4.2 Específicos .....	3
1.5 Fundamentación teórica .....	4
1.5.1 Generalidades del cultivo .....	4
1.5.2 El maíz en el Ecuador.....	5
1.5.3 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo del maíz.....	7
1.5.4 Fertilización en maíz. ....	7
1.5.5 Distribución de nutrientes en la planta de maíz .....	9
1.5.6 Extracción de nutrientes del maíz.....	9
1.5.7 Efecto de la salinidad en las plantas cultivadas. ....	10
1.5.8 Estrategias para la corrección de la salinidad. ....	10
1.5.9 Enmiendas inorgánicas.....	11
1.5.10 Yeso agrícola.....	11
1.6 Metodología .....	14
1.6.1 Método de estudio .....	14
1.6.2 Métodos de investigación.....	14
1.6.3 Factores de estudio .....	14
CAPITULO II .....	15
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
2.1 Desarrollo del caso .....	15
2.2 Situaciones detectadas (hallazgo) .....	15

2.3 Conclusión .....	16
2.4 Recomendaciones .....	16
BIBLIOGRAFÍA.....	17

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Total de hectáreas sembradas en Ecuador del cultivo de maíz .....	5
Tabla 2.- Producción y rendimiento del maíz duro amarillo .....	6

## INTRODUCCIÓN

El maíz es el grano más producido a nivel mundial, se cultiva en un área de 162 millones de hectáreas y anualmente su producción es mayor a 950 millones de toneladas en grano, alcanzando rendimientos promedios de 5.2 t/ha, según la Organización de Las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Los productores más grandes son los EEUU y China que producen 37 y 21% de la totalidad mundial respectivamente. Los tres exportadores principales son EEUU, Argentina y Brasil (FAO 2017).

El avance tecnológico sobre la genética del maíz condujo a que sea el cultivo con mayores aumentos de rendimientos en los últimos 30 años. Las prácticas de cultivo van modernizándose y los productores van buscando mayores rendimientos y mayor estabilidad de los mismos, a través del aprovechamiento de la genética que lo permite.

La salinidad y/o sodicidad, afectan las condiciones físicas del suelo ya que al aumentar la dispersión del suelo se reduce la infiltración y aireación, químicamente aumenta el potencial osmótico y pH, ocasionando la fijación y precipitación de algunos elementos que dan como resultado un detrimento considerable en el rendimiento de dichos terrenos al alcanzar las sales niveles tóxicos para los cultivos.

El yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) se ha usado por muchos años como fuente de Calcio (Ca) para desplazar el sodio del complejo de cambio con resultados variables. La aplicación superficial, aunque mejora la velocidad de infiltración y recupera el suelo es un proceso muy lento debido a la baja movilidad del yeso en el suelo, por lo cual es aconsejable incorporarlo para colocar el Ca en donde se necesita y acelerar el proceso.

En el presente trabajo se pretende explicar de manera detallada todo lo relacionado al uso de yeso agrícola como acondicionador de suelo en la producción intensiva de maíz, esto con el fin de contar con un documento de consulta para estudiantes y agricultores.

# CAPITULO I

## MARCO METODOLÓGICO

### 1.1 Definición del tema caso de estudio

El presente documento tuvo como finalidad recopilar información para enriquecer los conocimientos sobre el uso de yeso agrícola como acondicionador de suelo en la producción intensiva de maíz (*Zea mays* L.).

### 1.2 Planteamiento del problema

El maíz es el grano más producido a nivel mundial, se cultiva en un área de 162 millones de hectáreas y anualmente su producción es mayor a los 950 millones de toneladas en grano, alcanzando rendimientos promedios de 5.2 t/ha, según la Organización de Las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO 2017).

El avance tecnológico sobre la genética del maíz condujo a que sea el cultivo con mayores aumentos de rendimientos en los últimos 30 años. Las prácticas de cultivo van modernizándose y los productores van buscando mayores rendimientos y mayor estabilidad de los mismos, a través del aprovechamiento de la genética que lo permite. Por lo tanto, prácticas culturales como fertilización, control de malezas o el control de plagas son cada vez más necesarias.

La degradación de los suelos representa un desafío para la agricultura a nivel mundial, ya que afecta desde los trópicos hasta las regiones polares, siendo especialmente importante en las regiones áridas y semiáridas (Bojórquez-Quintal, 2012). La corrección de estos suelos requiere el uso de enmiendas que aporten calcio en forma directa o indirecta como en el yeso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) que es la enmienda de más extenso uso.

Los agricultores tienen poco conocimiento sobre el uso de yeso para el manejo de problemas como salinidad en el cultivo, y por consiguiente no saben los beneficios de su uso.

### **1.3 Justificación**

Uno de los problemas a los que se enfrentan los productores de maíz con relación a la fertilidad de suelos para fines agrícolas es la salinidad y sodicidad presentes de manera natural o de carácter antropogénico, debido al uso aguas salinas con presencia de sodio que interfiere en el crecimiento adecuado de la mayoría de las plantas. Cuando se incrementa el sodio en el suelo se forman carbonatos y bicarbonatos de sodio aumentando el pH por consiguiente haciendo difícil la disponibilidad de los nutrientes para la planta como P, Mn, Fe, Zn creando con ello serias deficiencias a la planta manifestadas por quemaduras en las hojas, pobre crecimiento, escasa producción, en muchas veces la disminución del rendimiento hasta del 100 % (Sorensen y Butts 2008).

Para amortiguar el problema de sodio en suelo, es necesario realizar aplicaciones de mejoradores agrícolas que replacen el sodio en el complejo de intercambio por otro catión en este caso se habla de las sales solubles de calcio como el sulfato de calcio. El yeso agrícola ha demostrado ser un adecuado mejorador para suelos salino- sódicos y sus efectos son entre otros: la mejor en general de la estructura del suelo, participa en el proceso de floculación de las arcillas, baja el pH del suelo, además de mejorar la disponibilidad de nutrimentos esenciales para la planta.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 General**

Evaluar el uso de yeso agrícola como acondicionador de suelo en la producción intensiva de maíz (*Zea mays* L.).

#### **1.4.2 Específicos**

Recopilar información sobre el uso de yeso agrícola como acondicionador de suelo en la producción intensiva de maíz (*Zea mays* L.).

- Conocer los efectos del uso de yeso agrícola en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.).

## **1.5 Fundamentación teórica**

### **1.5.1 Generalidades del cultivo**

A pesar de todas las revisiones y toda la evidencia, incluyendo la de tipo Genética molecular, seguimos en el estado de hipótesis cuando se trata de maíz. Su diversificación tan amplia no cuenta con una hipótesis creíble al día de hoy, aunque el planteamiento presentado aquí de orígenes multicéntricos con toda seguridad se acerca mejor a explicar la diversidad tan ampliamente difundida encontrada en los maíces mexicanos que la hipótesis unicéntrica de John Doebley y colaboradores (Kato et al. 2009).

Según algunos teóricos norteamericanos, el centro geográfico de origen y dispersión se ubica en el Municipio de Coxcatlán (Puebla) en el Valle de Tehuacán, Estado de Puebla, en la denominada Mesa Central de México a una altitud de 2500 msnm. En este lugar el antropólogo norteamericano Richard Stockton Mac Neish encontró restos arqueológicos de plantas de maíz que, se estima, datan del 7000 A. C. Aún se pueden observar en las galerías de las pirámides (que todavía se conservan) pinturas, grabados y esculturas que representan al maíz (Kato et al. 2009).

Las grandes civilizaciones mesoamericanas no habrían surgido sin la agricultura, y sin un sistema de medición del tiempo que organizaba sus actividades cotidianas y rituales. El calendario determinaba los momentos en que se cultivaba, se comerciaba o se hacía la guerra (Serratos Hernandez 2009).

El maíz de zonas templadas tiene un ciclo de desarrollo más largo que la mayoría de los maíces producidos en zonas cálidas, el rendimiento de los maíces cálidos iba en aumento y se acercaba a los números de rendimientos de maíces de zonas templadas, con ello fue cambiando la mentalidad de productores, los países más desarrollados empezaron a explotar en mayor escala al maíz de zonas cálidas. Hoy en día el mayor porcentaje de hectáreas sembradas a nivel mundial de este cereal es de maíz amarillo duro (Espinoza et al. 2012).

El maíz es un cultivo transitorio, es decir posee un ciclo vegetativo menor a un año, sigue un ciclo en el que luego de una cosecha los cultivos son retirados del

suelo y nuevamente se siembra para obtener nuevas cosechas (Quiroz-Marín y Hincapié-Gómez 2007).

El maíz es cultivado en varias provincias del Ecuador, los meses de cosecha dependen de las diferentes variedades o especies híbridas, así como también de las condiciones climáticas y el tipo de suelo (MacRobert et al. 2014).

### 1.5.2 El maíz en el Ecuador.

La producción del maíz está distribuida por todo el territorio nacional, con un total aproximado de 500 000 hectáreas sembrados entre los tipos de maíz suave que es la variedad destinada para el consumo interno nacional y la variedad de maíz duro que es utilizado para la industria en la elaboración de balanceados para el consumo animal (Bravo y Leon 2013).

En el cuadro 1, podemos apreciar que hay alrededor de 500 000 hectáreas sembradas de maíz a nivel nacional entre los tipos de maíz suave de la Sierra y el duro que se produce en la costa y amazonia, detallamos las hectáreas por región y provincia, siendo en la costa la provincia de Los Ríos la que tiene el mayor número de hectáreas, en la sierra se destaca la provincia de Cotopaxi y en la amazonia la provincia de Orellana.

Tabla 1.- Total de hectáreas sembradas en Ecuador del cultivo de maíz

<b>Costa</b>		<b>Sierra</b>		<b>Oriente</b>	
<b>Producción de maíz duro</b>		<b>Producción de maíz suave</b>		<b>Producción de maíz duro seco</b>	
Los Ríos	110816	Cotopaxi	38840	Orellana	4674
Manabí	45521	Bolívar	31620	Sucumbíos	3382
Guayas	33729	Azuay	28270		
Loja	40454	Loja	20730		
		Pichincha	13199		
		Chimborazo	12906		
		Imbabura	6789		
		Tungurahua	4682		
		Cañar	3252		
		Carchi	964		
TOTAL	230520		201706		8056

Fuente: (Bravo y Leon 2013)

En Loja se cultivan los dos tipos de maíz duro y suave, con un total de 61184 hectáreas sembradas, teniendo el maíz duro su mayor producción con 40454 hectáreas y 20730 hectáreas sembradas de maíz suave (Bravo y Leon 2013)

Los mismos autores señalan que en región amazónica del Ecuador se caracteriza por sembrar la variedad de maíz duro seco, destacándose las provincias de Orellana con 4 674 hectáreas y Sucumbíos con 3 382 hectáreas sembradas.

En el año 2014 la provincia que se destaca por la cantidad de hectáreas sembradas fue Bolívar con más del 30% de producción nacional, alcanzando un rendimiento un aproximado de 2.88 toneladas por hectárea. El maíz suave choclo es una gramínea que necesita grandes proporciones de nitrógeno, por lo cual la mayoría del costo de producción se lleva la implementación de un plan de fertilización a base de nitrógeno y otros elementos menores (CGSIN 2014).

### **Maíz amarillo duro**

En el año 2015 la provincia de Los Ríos se destacó en la producción de maíz, con un total de 844,730 toneladas producidas, alcanzando un rendimiento de 5.28 de toneladas por hectárea

Tabla 2.- Producción y rendimiento del maíz duro amarillo

<b>PROVINCIA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>RENDIMIENTO (T/Ha)</b>
LOS RÍOS	844,730	6.09
MANABÍ	406,981	5.03
GUAYAS	249,030	4.99
LOJA	207,679	5.75
OTROS	25,646	4.94
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>1,734,066</b>	<b>5.58</b>

Fuente: (CGSIN 2014)

En el cuadro 2, se refleja la producción en toneladas del maíz amarillo duro con un total de 1 734 066 toneladas a nivel nacional, siendo Los Ríos la provincia con mayor producción a nivel de este cultivo con un total de 844 730 toneladas.

### **1.5.3 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo del maíz.**

El maíz es una planta que se puede adaptar a diferentes medios, debido a la buena respuesta frente las condiciones de cada zona, se caracteriza por tener un buen desarrollo vegetativo llegando a una altura de 2 a 3 metros (Flores 2014).

Aunque el cultivo del maíz se adapta fácilmente a condiciones desfavorables, para llegar a tener un excelente rendimiento en la producción hace falta reunir ciertas exigencias, tener suelos francos, franco- arcilloso, franco-limoso, pH de 5.5 a 6.5 que tengan buen drenaje, profundos y que no presenten riesgos de erosión (MAGAP 2014).

El sistema suelo – planta es un sistema abierto en el que los elementos (M) son constantemente removidos de un lado, la fase sólida del suelo y acumulados en otro, la planta.

M (fase sólida)- M (solución) - M (raíz) - M (parte aérea)

Dentro del suelo ocurren fenómenos de naturaleza, químicos o biológicos, que afectan a los nutrientes vegetales. Los mecanismos involucrados son diversos y pueden afectar a los nutrientes de manera diferente, en algunos casos aumentando su disponibilidad, en otras disminuyéndolas (Díaz Alarcón 2017).

Los principales factores climáticos son la radiación solar y la temperatura, la radiación solar medida en calorías/cm<sup>2</sup>/día, es la fuente que la planta requiere para los procesos de fotosíntesis y de evapotranspiración, requiere radiación directa durante la mayor parte de su ciclo, con una intensidad de luz óptima de 32.3-86.1 klux (Díaz Alarcón 2017).

### **1.5.4 Fertilización en maíz.**

Si bien el mejoramiento de la sostenibilidad agrícola depende de la reducción de la dependencia de los insumos externos y de los recursos no renovables y de minimizar el impacto dañino con el ambiente manteniendo o mejorando su productividad y sus ganancias, el uso de agroquímicos bajo la forma de nutrimentos puede ser inevitable para los agricultores de las zonas tropicales y subtropicales -

así como también el uso de insecticidas, herbicidas y funguicidas- siempre que se usen correctamente y para cada caso particular, a los niveles apropiados y en el momento adecuado (Flores 2014).

La fertilización con sustancias minerales, preparadas mediante procesos químicos en plantas industriales (fertilizantes químicos), ha permitido al agricultor corregir rápidamente deficiencias de nutrientes en sus suelos y aplicar las cantidades adecuadas para suplir las demandas de los cultivos, en macro y micronutrientes (Flores 2014).

Una gran ventaja de usar los fertilizantes químicos reside en que algunas de sus formulaciones son muy solubles y pasan rápidamente a formar parte de la solución suelo, incrementando la concentración y disponibilidad de nutrientes para las raíces de la planta. Otras formulaciones de fertilizantes químicos son de lenta solubilidad y liberan los nutrientes progresivamente, mediante una disponibilidad regular del nutriente (Melgar y Torres Dugan 2014).

La fertilización no solo influye en el rendimiento sino también en la calidad del tubérculo; se ha encontrado que la gravedad específica (índice del contenido de almidón) del tubérculo depende del porcentaje y densidad de la materia seca, así como del porcentaje del aire en tejidos (Melgar y Torres Dugan 2014).

El maíz es un cultivo con altas demandas nutricionales, entre los elementos del suelo que utiliza en mayores cantidades cabe mencionar el nitrógeno (N), seguido del potasio (K) y fósforo (P), estos nutrimentos forman parte de numerosos fertilizantes químicos, ya sea en forma individual o combinados en fórmulas (Padilla 2009).

(Barriga 2013), sostiene que con las aplicaciones de 3 fertilizantes minerales en el cultivo de maíz se mejoran las características agronómicas tales como, altura de planta, caña gruesa erecta, área foliar frondosa, etc. El propósito de una aplicación de fertilizantes, es suministrar una cantidad razonable de nutrientes cuando lo demande durante sus diferentes etapas de desarrollo y que la mayor o menor cantidad de granos y su peso es el resultado de la fotosíntesis y la respiración; estas son actividades que están influenciadas directa o indirectamente por el contenido de nutrientes.

Además del N, P y K las plantas necesitan de otros elementos del suelo, los cuales son requeridos en menor proporción. Entre ellos, los más utilizados son: calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S). El calcio y magnesio pueden formar parte de materiales de encalado, existen algunos nutrimentos también muy importantes, que la planta utiliza en cantidades mínimas (Carrillo et al. 2010).

Estos últimos se denominan micro-elementos, entre los más conocidos están el hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, molibdeno y cloro. Algunos microelementos pueden estar presentes en fertilizantes comunes y en materiales de encalado como impurezas, debido a las pequeñas cantidades que las plantas requieren de los mismos, los micro-elementos son muy populares como componentes de abonos foliares (Carrillo et al. 2010).

#### **1.5.5 Distribución de nutrientes en la planta de maíz**

De acuerdo a (Parra et al. 2010), en su investigación manifiesta que la distribución de nutrientes en la planta de maíz, la mayor cantidad de N (más del 50 %) se encuentra en el grano, seguido por la tusa. La misma tendencia se nota para el fósforo con el 62 % en el grano, seguido por el residuo la tusa, adicionalmente se muestra que el P es el elemento de mayor acumulación en el grano.

Sin embargo, la cantidad de P extraída por el cultivo de maíz es menor comparado con el N y K. Con respecto al K, Mg y S observó la misma tendencia de acumulación mayoritaria en el residuo, seguido por el grano y luego la tusa, estos resultados evidencian también que el potasio es el elemento con translocación al grano más baja comparada con el Mg y el S (Parra et al. 2010).

#### **1.5.6 Extracción de nutrientes del maíz**

La aptitud de las plantas para absorber tanto el agua como como los nutrientes minerales del suelo están relacionados a su capacidad de desarrollar un extenso sistema radicular. El punto preciso de entrada de los minerales dentro del sistema radicular ha sido un tópico de bastante interés. Algunos consideran que la absorción de nutrientes tiene lugar únicamente en las regiones apicales de los ejes

o ramas radiculares, mientras que otros creen que la absorción tiene lugar sobre la superficie integra de las raíces (Díaz Alarcón 2017).

El suelo que rodea a las raíces de las plantas puede considerarse como un material heterogéneo que contiene una fase sólida, una fase líquida y una fase gaseosa. Todas estas fases están involucradas en el subministro de nutrientes hacia la superficie radicular. Las partículas inorgánicas de la fase sólida actúan como una reserva de nutrientes (Díaz Alarcón 2017).

### **1.5.7 Efecto de la salinidad en las plantas cultivadas.**

La salinidad de los suelos afecta de dos maneras en el crecimiento de los cultivos, incrementando la presión osmótica de la solución del suelo, que está alrededor de las raíces y reduciendo la capacidad de absorción de agua en las plantas, causando una disminución rápida en su crecimiento, afectando algunos cambios metabólicos, similares a los causados por el estrés hídrico (Martin et al. 2013).

Un suelo salino con una CE mayor a 4 dS/m, genera daño en la estructura, disminuye la disponibilidad de nutrientes, dificulta el movimiento del agua, y el aire, baja absorción de agua, penetración limitada de raíces y dificultades en la emergencia de plántulas. Altas concentraciones de sodio degradan la estructura del suelo, disminuyendo la porosidad y permeabilidad (Menendez Suarez 2018).

El mismo autor menciona que el efecto se manifiesta a través de los aspectos fisiológicos (efecto osmótico) y químico (efecto nutritivo o tóxico); El cloro en niveles altos disminuye la absorción de nitrógeno y el sodio puede causar deficiencias de los elementos como el potasio y calcio. De esta manera la conductividad eléctrica tiene un efecto negativo sobre el crecimiento de los cultivos, existiendo diferencias marcadas entre las plantas (Menendez Suarez 2018).

### **1.5.8 Estrategias para la corrección de la salinidad.**

Existen métodos físicos, químicos y biológicos para recuperar suelos afectados por sales: incorporación de abonos orgánicos, de sales cálcicas de alta solubilidad que intercambia el sodio por calcio y la aplicación de ácidos o sustancias

formadores de éstos. En todos los casos la influencia de la técnica será momentánea y de corto plazo. Las enmiendas químicas son productos naturales a base de calcio, magnesio y azufre. Se puede destacar el yeso o sulfato de calcio, puedan dar una reacción ácida en el suelo, actuando como corrector de alcalinidad (Aceves Navarro 2011).

#### **1.5.9 Enmiendas inorgánicas.**

Las enmiendas inorgánicas como yeso, azufre, calcita, cloruro de calcio, carbonato de calcio y fosfoyeso, se adicionan al suelo con el objetivo de aumentar la concentración del ión Ca y así reemplazar al ión Na. Al ser incorporadas, neutralizan suelos alcalinos y salinos, mejorando la estructura y la permeabilidad del suelo y la productividad de los cultivos. Además, mejora la absorción de nutrientes esenciales como el P y N. En la región de este estudio, las enmiendas más utilizadas son en primer lugar el yeso y en menor proporción el azufre (López-Aguilar et al. 2012).

#### **1.5.10 Yeso agrícola.**

El sulfato de calcio “yeso” en sus formas minerales, tradicionalmente ha tenido otros usos. No obstante, por su efecto en los suelos salinizados y por consiguiente en la mejora de los rendimientos de los cultivos, en los últimos años su utilización con fines agrícolas ha aumentado en nuestro país (López-Aguilar et al. 2012).

El mecanismo de acción del yeso en el suelo, es el desplazamiento del  $\text{Ca}^{2+}$  por el  $\text{Na}^{+}$  de los sitios de intercambio, aumentando la fuerza iónica alrededor de las partículas del suelo. No obstante, para que el yeso actúe como mejorador, una vez producido el intercambio, el  $\text{Na}^{+}$  debe ser eliminado por lixiviación y drenaje. Por lo tanto, para recuperar suelos alcalinos, la calidad y la cantidad del agua necesaria para disolverlo, lixiviar las sales y reducir la sodicidad es muy importante. Además, la incorporación de yeso al suelo permite la floculación de los suelos,

condición necesaria para la formación y estabilización de la estructura del mismo (Andreau et al. 2012).

Los beneficios del sulfato de calcio como corrector en la agricultura son: incrementar la conductividad hidráulica en suelos con subsuelo arcilloso, participar en el proceso de floculación de las arcillas; el calcio contenido en el yeso contribuye a la agregación de las arcillas a la materia orgánica, confiriéndole estabilidad a las estructuras; es usado en la rehabilitación de suelos salino sódicos, desplazando al sodio por calcio en el complejo de intercambio para posteriormente lixiviarlo mediante el riego (Andreau et al. 2012).

La aplicación de enmiendas orgánicas junto al yeso produce un efecto sinérgico sobre la agregación de partículas, haciendo más hidrosolubles a los polímeros que participan en el proceso; el calcio del yeso permite disminuir las pérdidas por volatilización de nitrógeno de los fertilizantes nitrogenados tales como nitrato de amonio, nitrato amonio urea, urea, sulfato de amonio o cualquiera de los fosfatos de amonio siendo esto posible ya que el calcio puede bajar el pH al disminuir el contenido de carbonatos y formar sales complejas de calcio con hidróxido de amonio; el yeso también aumenta la macroporosidad, estabiliza la microestructura de las arcillas (Andreau et al. 2012).

Al respecto, diferentes trabajos han evaluado el efecto de la incorporación de yeso como enmienda en suelos con alto contenido de arcilla, y han encontrado que el agregado de yeso no mejoró la permeabilidad del suelo y por el contrario, condujo a un ligero incremento de la salinidad y del pH. Por lo tanto, la mejor forma de aplicar yeso y que no produzca efectos negativos al suelo, es realizar análisis químico del suelo a partir de los cuales se puede determinar dosis de aplicación y además tener en consideración las características físicas del suelo (Cuellas 2015).

(Carrillo et al. 2010) señala que la cal agrícola, es la alternativa más eficaz para corregir suelos ácidos, neutraliza la toxicidad del aluminio soluble, desinfecta el suelo y lo nutre con calcio. La presencia de altas concentraciones de aluminio en el suelo aumenta la acidez, hace que la raíz de la planta se atrofie, dando como resultado cosechas bajas en productividad y rendimiento.

Por regla general se recomienda aplicar 1.5 toneladas de cal agrícola, por cada una mili equivalente de aluminio intercambiable encontrando en el análisis de suelos. Esta cal se aplica en suelos donde la relación calcio - magnesio es menor a dos. La cal agrícola, por ser un polvo, actúa en los primeros seis meses después de su aplicación. Debe aplicarse de manera uniforme al voleo o con arado mínimo 30 días antes de que el cultivo sea sembrado, trasplantado o abonado, para que la cal pueda reaccionar y mejorar la estructura y acidez del suelo (Carrillo et al. 2010).

(Ortiz Muñoz y Carrion Cevallos 2018), en su trabajo encontró diferencias significativas en los tratamientos aplicados en resultado de la aplicación de yeso y yeso más materia orgánica en la disminución del PSI y C.E. por lo que expresa que con el uso del yeso agrícola más la adición de materia orgánica así como el mejoramiento el medio físico utilizando la tecnología del multiarado para disminuir la compactación es una alternativa para recuperar suelos salino-sódico.

(Mon 2008), concluye en su trabajo que el subsolado más la aplicación de enmienda de yeso, se produjo el mejoramiento físico del suelo aumentando la filtración del agua de lluvia y la exploración de raíces así como la fertilidad de suelo por el aumento del Ca y S disponibles, así mismo concluye que el agregado de yeso en el suelo de estudio proporciona una cantidad importante de azufre y calcio a una profundidad muy apropiada para la captación de nutrientes por las raíces, así como reserva en cosechas futuras.

(Espinoza et al. 2012), al estudiar el efecto de la aplicación de yeso en suelos salino-sódicos de temporal reportaron la reducción del PSI (80 % menos) en comparación con el testigo, así como la modificación de cationes y aniones como sodio y cloruro con lo que se redujo en un 57 % la C.E.

## **1.6 Metodología**

### **1.6.1 Método de estudio**

Para realizar este trabajo se investigó en sitios web, toda la temática correspondiente a uso de yeso agrícola como acondicionador de suelo en la producción intensiva de maíz (*Zea mays* L).

### **1.6.2 Métodos de investigación**

La investigación se basó en obtener la información necesaria de uso de yeso agrícola como acondicionador de suelo en la producción intensiva de maíz haciendo uso del método deductivo.

### **1.6.3 Factores de estudio**

Los factores de estudio que se tomaron en cuenta en el presente trabajo son los siguientes:

- yeso agrícola
- producción intensiva de maíz.

## **CAPITULO II**

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

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

Particularmente en el Ecuador uno de los cultivos que genera más ingresos en el sector agrícola es el maíz. Por esta razón es de suma importancia manejar las plantaciones de una manera adecuada a fin de obtener un óptimo rendimiento. Dentro de los problemas que deben superar los productores ecuatorianos se encuentran problemas de degradación del suelo como salinidad, lo cual pueden ocasionar grandes pérdidas en cuanto a rendimiento. Cabe destacar que los métodos de fertilización edáfica y el uso de enmiendas utilizados por los agricultores en algunos casos no son eficientes, debido a que no conocen con exactitud dinámica de absorción y el uso de yeso agrícola.

El presente documento tuvo como finalidad, recolectar información referente al uso de yeso agrícola como acondicionador de suelo en la producción intensiva de maíz (*Zea mays* L) realizando investigaciones en sitios web, revistas, y libros.

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

El maíz es un cereal considerado como bien de producción primaria de importancia mundial por la amplitud en su cadena de valor, ya que es utilizado para la alimentación humana, animal y piscícola hasta su procesamiento, cuyo producto final puede ser también combustible o materia prima para elaborar productos químicos (CGSIN 2014).

El propósito de una aplicación de fertilizantes edáficos y enmiendas (yeso agrícola), es suministrar una cantidad razonable de nutrientes y mejorar las condiciones de suelo durante las etapas de mayor necesidad como es la de desarrollo y floración. De lo cual dependerá la mayor o menor cantidad de granos y su peso; estas son actividades que están influenciadas directa o indirectamente por el contenido de nutrientes.

La deficiente utilización de mejoradores de retención de nutrientes ha sido una de las más probables causas de la baja productividad del cultivo de maíz en sectores con suelos degradados por problemas como salinidad.

## **2.3 Conclusión**

Por lo expuesto se concluye que:

1. El uso de enmiendas como yeso agrícola se considera como un complemento del mantenimiento de la fertilidad del suelo y del mantenimiento de los equilibrios necesarios entre los nutrientes que presentan relaciones antagónicas. En este caso, el uso de estos insumos como complemento mantienen el equilibrio e intensifican las interrelaciones suelo - planta -microorganismos.
2. En términos generales el uso de yeso agrícola como labor agrícola invariante del manejo de suelos y nutrición vegetal, tiene que ser vista en el sentido del aporte al agroecosistema traducido en la atención a las necesidades cíclicas y estacionales de las plantas, a la disponibilidad y equilibrio de nutrientes y su dinámica bioquímica.
3. El yeso agrícola puede ser útil en el manejo de suelos irrigados con aguas salinas, puede evitar una acumulación excesiva de sales en el perfil. Esta enmienda por sus efectos sobre el suelo y características químicas posee un buen potencial para la remediación de la sodicidad.

## **2.4 Recomendaciones**

- A través de proyectos de vinculación con la sociedad, realizar capacitaciones a los agricultores en cuanto al manejo del cultivo de maíz, para que adquieran los conocimientos técnicos adecuados.
- Todo agricultor debe saber distinguir las manifestaciones de problemas abióticos como salinidad que se presentan en el cultivo y revisar periódicamente para que los rendimientos sean rentables al finalizar su ciclo de desarrollo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aceves Navarro, E. 2011. El ensalitramiento de los suelos bajo riego: Identificación, control, combate y adaptación (en línea). Colegio de Postgraduados (ed.). Mexico D.F., s.e. Disponible en [http://acervo.siap.gob.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=7516&shelfbrowse\\_itemnumber=16734](http://acervo.siap.gob.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=7516&shelfbrowse_itemnumber=16734).
- Andreau, R; Gelati, P; Provaza, M; Bennardi, D; Fernández, D; Vázquez, M. 2012. Degradación física y química de dos suelos del cordón hortícola platense. alternativas de tratamiento. Ciencia del Suelo .
- Barriga, F. 2013. Mejoramiento de idiotipo de maíz. Turrialba, Costa Rica, s.e. 454 p.
- Bojórquez-Quintal, JE. 2012. Plants' Challenges in a Salinized World: The Case of Capsicum. AFRICAN JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY . DOI: <https://doi.org/10.5897/ajb12.2145>.
- Bravo, E; Leon, X. 2013. Monitoreo Participativo Del Maíz Ecuatoriano Para Detectar La Presencia De Proteínas Transgénicas. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida 17(1):16-24.
- Carrillo, M; Cedeño, J; Aldean, A; Davila, S. 2010. Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz, en Santo Domingo de los Colorados y Patricia Pilar. Universidad Tecnológica Equinoccial .
- CGSIN, CG del S de IN. (2014). BOLETÍN SITUACIONAL MAÍZ SUAVE CHOCLO (en línea). Quito, Ecuador, s.e. Disponible en <http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/cultivo/2014/jboletin-situacional-maiz-suave-choclo.pdf>.
- Cuellas, MV. 2015. Control de la salinización del suelo mediante sistemas de drenes en producciones intensivas de cultivos bajo cubierta (en línea). s.l., s.e. 1-159 p. Disponible en <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2015cuellasmariisol.pdf>.
- Díaz Alarcón, H. 2017. Influencia de tres fuentes potásicas aplicadas en dos épocas sobre el rendimiento del maíz amarillo duro (*Zea mays*), Végueta-Huaura. Universidad Católica Sedes Sapientiae .
- Espinoza, RM; Ortiz, CFE; Montes, GN. (2012). Mejoradores del suelo y su efecto en la salinidad en áreas de temporal. Queretato, s.e.

FAO. 2017. Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales | Situación Alimentaria Mundial | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Flores, HD. 2014. El Cultivo del Maíz. s.l., s.e. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-012-0216-z>.

Kato, TA; Mapes, C; MERA, LM; SERRATOS, JA; BYE, RA. 2009. Origen y diversificación del maíz. Una revisión analítica. s.l., s.e.

López-Aguilar, R; Rodríguez-Quezada, G; Naranjo-Murillo, A; Beltrán-Morales, LF; Troyo-Diéguez, E; Casanova-Cruz, A; Peralta-Patrón, O. 2012. Uso de yeso para una agricultura orgánica sustentable en zonas áridas y semiáridas. s.l., s.e.

MacRobert, JF; Setimela, P; Gethi, J; Worku Regasa, M. (2014). Manual de producción de semilla de maíz híbrido (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/16849/57179.pdf?sequence=1>.

MAGAP. 2014. Guía de buenas prácticas agrícolas para maíz duro. s.l., s.e.

Martin, B; Sosa, O; Magra, G; Zerpa, G; Besson, P. 2013. Emergencia de forrajeras en un suelo salino-alcalino tratado con yeso. (en línea). Revista Argentina de Producción Animal 32(2):157-164. Disponible en Revista Argentina de Producción Animal .

Melgar, R; Torres Dugan, M. 2014. Manejo de la Fertilización en Maíz (en línea). EEA INTA (Proyecto Fertilizar EEA INTA Pergamino). Disponible en [www.fertilizando.com/articulos/Manejo de la Fertilizacion en Maiz.asp](http://www.fertilizando.com/articulos/Manejo%20de%20la%20Fertilizacion%20en%20Maiz.asp).

Menendez Suarez, C. 2018. Sociedades del conocimiento como motor generador de tecnología e innovación agrícola en el Ecuador. Revista ECIPeru . DOI: <https://doi.org/10.33017/reveciperu2015.0016/>.

Mon, R. 2008. Ampliación del perfil de suelos erosionados y compactados mediante subsolado con enmienda cálcica profunda (en línea). s.l., Universidade da Coruña. Instituto Universitario de Xeoloxía. . Disponible en <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/1175?locale-attribute=es>.

Ortiz Muñoz, P; Carrion Cevallos, G. 2018. Agricultura en el Ecuador y su Proyeccion (en línea). Guayaquil, s.e.; 28 abr. Disponible en <https://lahora.com.ec/loja/noticia/1102152925/la-importancia-de-la-agricultura-en-el-ecuador>.

Padilla, W. 2009. Manual de recomendaciones de fertilización. s.l., s.e.

Parra, R; Valverde, F; Alvarado, S. 2010. Manejo de nutrientes por sitio específico con labranza mínima experiencias en la generación de recomendaciones de fertilización en maíz (*Zea mays* L.), provincia de Bolívar. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Santa Catalina. .

Quiroz-Marín, T; Hincapié-Gómez, E. 2007. PÉRDIDAS DE SUELO POR EROSIÓN EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ CON CULTIVOS INTERCALADOS (en línea). *Cenicafe* 58(3):227-235. Disponible en <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc058%2803%29227-235.pdf>.

Serratos Hernandez, JA. 2009. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Greenpeace. México, DF .

Sorensen, RB; Butts, CL. 2008. Pod Yield and Mineral Concentration of Four Peanut Cultivars Following Gypsum Application With Subsurface Drip Irrigation. *Peanut Science* . DOI: <https://doi.org/10.3146/ps07-018.1>.