



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



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:

“Estimación de curvas de absorción de nutrientes para el cultivo de
maíz híbrido (*Zea mays*), en tres zonas productoras de la provincia de
Los Ríos”

AUTOR:

Elmo Alexander Moran Castro

TUTOR:

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

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2020



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



TRABAJO DE TITULACIÓN

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

INGENIERO AGRONOMO

TEMA:

“Estimación de curvas de absorción de nutrientes para el cultivo
de maíz híbrido (*Zea mays*), en tres zonas productoras de la
provincia de Los Ríos”

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN:

Ing. Maribel Vera Suarez MBA.

PRESIDENTE

Ing. Orlando Olvera Contreras MBA.

PRIMER VOCAL

Ing. Roberto Medina Burbano MBA.

SEGUNDO VOCAL

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

Elmo Alexander Moran Castro.

DEDICATORIA

En primer lugar, quisiera dedicar este trabajo a Dios por brindarme la fuerza, la sabiduría necesaria y sobre todo por brindarme salud, para poder lograr mi objetivo que es la culminación de mi carrera.

También quisiera dedicárselo a mi madre la Sra. Cristina Castro que con su esfuerzo y consejos me ha ayudado a conseguir una meta importante en mi vida, que en todos los años de estudios me brindo apoyo y consejos para que pueda continuar con mi meta.

También a mi esposa e hija, Roxana Ramos y Alexa Moran Ramos que conforman un pilar fundamental en el logro de esta meta.

También mencionar esas amistades surgidas dentro del ámbito estudiantil, que con el paso del tiempo se consolido como una hermandad, y que siempre nos apoyamos en cualquier decisión de la vida (Luis, Chiwi, Pirlo, Nick).

AGRADECIMIENTO

Quisiera manifestar mi infinito agradecimiento a nuestro padre celestial Dios, en primer lugar, luego reiterar mis más sinceros agradecimientos a mi Sra. Madre que es quien siempre me brindó su apoyo incondicional y me animo a seguir mis sueños y también me enseñó que hay que luchar por lo que uno quiere y si nos proponemos una meta con esfuerzo y perseverancia lo podemos cumplir.

También agradecer a mi esposa y mi hija que son el motor por el cual cada día intento ser mejor y superarme en la vida gracias por el apoyo y la motivación brindada.

Y como no agradecerle a ese grupo de amistades, que con un toque de humor característico siempre buscábamos una solución a cada adversidad que se nos pudiera presentar en nuestro diario vivir y siempre nos apoyamos de cualquier manera posible. Gracias los pachirisus Luis Flores, Steven Crespo, Nick Cercado y mi compadre Jefferson Ramírez ahora si podemos decir Lf.

También agradecer mis maestros y también amigos los Ingenieros Eduardo Colina, Marlon López y Guillermo García. Por siempre brindarme la correcta orientación para ser una mejor persona y un buen profesional.

Estimación de curvas de absorción de nutrientes para el cultivo de maíz híbrido (*Zea mays*), en tres zonas productoras de la provincia de Los Ríos

Elmo Moran Castro

RESUMEN

Los problemas de fertilización en el Ecuador están aumentando con el pasar del tiempo, es común observar en las zonas de producción efectos como: la pérdida de capacidad productiva, erosión química y salinidad. Esto se produce por un uso inadecuado de los fertilizantes, o programas mal diseñado de fertilización específicos para el cultivo de maíz. Las curvas de absorción son una alternativa viable para el uso correcto de programas de fertilización, ya que estas se acoplan a las diferentes condiciones agroecológicas donde se cultiva.

El estudio realizado determinó que en cada zona se presentó, una curva de nivel diferente para cada elemento evaluado. Esto conlleva a que los agricultores al aplicar estas curvas por medios de su agente asesor agrónomo, minimicen las pérdidas de nutrientes ya aumenten la eficacia de estos. Se conoce que la curva de absorción, es un valor aproximado al valor real que utiliza la planta de maíz para lograr un desarrollo y producción adecuada. La zona con mayor nivel productivo por la aplicación de esta ecuación es Babahoyo, seguida por Ventana y Pueblo Viejo. A nivel general los resultados muestran la formación de curvas lineales, es decir de expresión $y=ax+b$, para elementos como nitrógeno, fósforo y potasio. Sin embargo, en elementos como magnesio e incluso azufre se determinó curvas polinómicas de expresión $y=ax^2+b$. El empleo de la curva de absorción garantiza un uso eficiente de fertilizantes, evitando pérdidas y mejorando la calidad del sistema productivo maicero, en las zonas evaluadas.

Palabras clave: Nutrición Vegetal, Eficiencia de fertilizantes, Producción sostenible, Fertilización.

Estimation of nutrient absorption curves for the cultivation of hybrid corn (Zea mays), in three producing areas of the province of Los Ríos

Elmo Moran Castro

SUMMARY

Fertilization problems in Ecuador are increasing over time, it is common to observe effects such as: loss of productive capacity, erosion and salinity in production areas. This is caused by improper use of fertilizers, or poorly designed fertilization programs specific to the corn crop. The absorption curves are a viable alternative for the correct use of fertilization programs, since they are coupled to the different agroecological conditions where it is grown.

The study carried out determined that in each area a different level curve was presented for each element evaluated. This leads farmers to apply these curves by means of their agronomist consultant, to minimize nutrient losses and to increase the efficiency of these. It is known that the absorption curve is an approximate value to the real value that the corn plant uses to achieve adequate development and production. The area with the highest productive level due to the application of this equation is Babahoyo, followed by Ventana and Puebloviejo. At a general level, the results show the formation of linear curves, that is, of expression $y = ax + b$, for elements such as nitrogen, phosphorus and potassium. However, in elements such as magnesium and even sulfur, polynomial expression curves $y = ax^2 + b$ were determined. The use of the absorption curve guarantees an efficient use of fertilizers, avoiding losses and improving the quality of the corn production system in the evaluated areas.

Keywords: Plant Nutrition, Fertilizer efficiency, Sustainable production, Fertilization.

CONTENIDO

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
INTRODUCCIÓN.....	1
I. MARCO METODOLÓGICO	4
1.1 Definición del tema caso de estudio	4
1.2 Planteamiento del problema	4
1.3 Preguntas orientadas para el análisis del problema	5
1.4 Justificación	5
1.5 Objetivos	6
1.6 Fundamento Teórico	6
1.6.1 Importancia del cultivo de maíz	6
1.6.2 Origen del Maíz	7
1.6.3 Taxonomía del Maíz	7
1.6.4 Hectáreas destinadas a la producción de maíz	8
1.6.5 Principales características del Maíz (Guacho 2014)	8
1.6.6 Etapas fenológicas del cultivo de maíz	9
1.7.1 Nitrógeno (N)	10
1.7.2 Fósforo (P)	11
1.7.3 Potasio (K)	11
1.7.4 Azufre (S)	11
1.7.5 Magnesio (Mg)	11
1.8.1 Factores internos	12
1.8.2 Factores externos	12
1.8.3 Importancia y utilidad de las curvas de absorción	12
1.9.1 Curva de acumulación de materia seca	13
1.10 Hipótesis	14
1.11. Metodología.....	14
CAPÍTULO II. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	15
2.1. Situaciones detectadas	15
2.2. Soluciones planteadas	20
2.3. Conclusiones	21

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Elementos nutricionales utilizados por el maíz para 8 toneladas de producción.

INDICE DE FIGURAS

Fig 1. Curva de absorción nitrógeno, 2020.

Fig 2. Curva de absorción fósforo, 2020.

Fig 3. Curva de absorción potasio, 2020.

Fig 4. Curva de absorción magnesio, 2020.

Fig 5. Curva de absorción azufre, 2020.

Fig 6. Curva de absorción cantón Babahoyo, 2020.

Fig 7. Curva de absorción cantón Ventanas, 2020.

Fig 8. Curva de absorción cantón Pueblo Viejo, 2020.

INTRODUCCIÓN

El maíz es un cereal considerado como uno de los bienes de producción primaria debido a la gran importancia que este tiene a nivel mundial por el sinnúmero de beneficios, ya que este es utilizado para la alimentación humana, animal. Además de ser procesado industrialmente para la obtención de algunos sub productos como el aceite y harina de maíz.

El maíz en Ecuador se encuentra dentro de los principales productos agrícolas del país junto con el arroz, banano, cacao y camarón, a pesar de no representar más allá del 8% de la producción agrícola, constituye la base de una de las principales cadenas productivas que contribuye a la seguridad alimentaria del Ecuador ya que es el componente principal del alimento balanceado para las aves, ganado, camarón y porcinos (Banco Central Del Ecuador 2019).

La producción de maíz duro está destinada en su mayoría (70 %) a la industria de alimentos de uso animal, siendo el segundo destino de su empleo las exportaciones a otros mercados (22 %) y el 8 % es compartido por el consumo humano y la producción de semillas. Históricamente en el Ecuador se ha manejado la cifra de 250 000 hectáreas aproximadamente (Carpio 2017).

Las provincias pertenecientes a la zona cinco, integrada por Bolívar, Los Ríos, Santa Elena y Guayas; poseen el mayor porcentaje de suelos altamente productivos y sin restricciones para la agricultura, cuyo porcentaje es el 39 % de la superficie nacional. Los Ríos tiene el 18 % de terrenos productivos, con una extensión de 190 861 ha (7,02 t/ha promedio de producción), usadas para cultivar maíz (MAG 2019).

La cantidad de fertilizante que se debe aplicar a un cultivo es una de las principales decisiones que tiene que tomar un productor antes de establecer un cultivo en el campo o aplicar la fertilización de mantención a una pradera establecida. La decisión que se tome debe asegurar que el cultivo tenga un resultado exitoso y económicamente rentable.

La inversión en fertilizantes representa una parte importante de los costos de producción. Por esto, una fertilización lo más próxima a las necesidades reales de las plantas, contribuirá, por una parte, a que éstas no se vean restringidas en su crecimiento por limitaciones de nutrientes, y por otra, que la inversión en fertilizantes sea sólo la necesaria para obtener un retorno adecuado.

El análisis de la absorción nutrimental del cultivo busca maximizar el aprovechamiento de los fertilizantes para optimizar rendimientos, incrementar la rentabilidad, mantener niveles óptimos de fertilidad en suelo y minimizar el impacto sobre el medio ambiente. A través de estudios de absorción y extracción de nutrientes se pueden obtener valores más precisos de requerimientos nutricionales por los cultivos, lo que permite una mejora en la planificación y la programación del manejo de nutrientes (Valero 2019).

La curva de absorción es una representación gráfica de la cantidad de nutrientes extraídos por una planta durante su ciclo de vida, conocer el comportamiento de las curvas permite identificar las etapas de máxima absorción nutrimental (Bertsch 2016).

La base de este método consiste en la realización de numerosos ensayos de terreno en suelos con diferente nivel de disponibilidad del nutriente que se está investigando. Con esto se determina la cantidad de nutriente que el cultivo extrae y la disponibilidad del nutriente de acuerdo al rendimiento del cultivo. Esta asociación permitirá tener un índice de disponibilidad bajo el cual los rendimientos disminuyen y sobre el cual están cercanos al rendimiento máximo, teniendo un nivel crítico, bajo el cual se produce una caída en los rendimientos.

Con el uso de las curvas de absorción se busca un nuevo concepto del manejo, que reconoce la variabilidad del suelo y del cultivo para maximizar la rentabilidad de la producción, minimizando al mismo tiempo el impacto ambiental en un sitio en particular. Cuando se empieza a cuantificar cuidadosamente el rendimiento dentro del campo, se observa claramente la variabilidad y se desarrolla el deseo por conocer a fondo cuales son los factores que limitan la producción.

La explotación agrícola de los suelos ha producido con el tiempo un desbalance entre las entradas y las salidas de algunos nutrientes esenciales. Como consecuencia de esto, se ha producido un déficit en el aporte de los elementos que es necesario suplir mediante la fertilización.

El presente trabajo tiene la finalidad de conocer la dinámica de absorción de nutrientes y su influencia en el aumento de la productividad del cultivo de maíz.

I. MARCO METODOLÓGICO

1.1 Definición del tema caso de estudio

El tema seleccionado para la investigación por el proceso de titulación y optar por el título de Ingeniero Agrónomo es:

“Estimación de curvas de absorción de nutrientes para el cultivo de maíz híbrido (*Zea mays*), en tres zonas productoras de la provincia de Los Ríos”.

1.2 Planteamiento del problema

El cultivo de maíz en el Ecuador posee una gran demanda y está en constante aumento sus hectáreas dedicadas a esta actividad, por lo que se necesita información necesaria para la elaboración de un programa de fertilización eficaz.

Los suelos necesitan nuevos manejos o métodos de producción modernos. El contenido de nutrientes varía mucho dependiendo de las condiciones climáticas, prácticas de cultivo, rotación de las cosechas, desechos de animales, incorporación de fuentes de fertilizantes y residuos de cosecha. En el Ecuador para el cultivo de maíz uno de los problemas más críticos es la deficiencia de varios nutrientes que en muchos casos los agricultores no son capaces de identificar en campo.

Las características físicas-químicas del suelo, deben ser conocidas por el productor agrícola, ya que el crecimiento y desarrollo de los cultivos y la cantidad y calidad de las cosechas están relacionados con la disponibilidad de los nutrientes en el suelo. Dentro de los factores de mayor importancia que afectan la productividad, es la disponibilidad de los nutrientes esenciales para el desarrollo del cultivo. Cuando estos nutrientes no se encuentran en cantidades adecuadas en el suelo, es necesario adicionar fertilizantes químicos o enmiendas para suplir las necesidades y corregir condiciones adversas.

Dentro del manejo tecnológico de materiales de arroz, es importante la aplicación de un programa de fertilización mineral completo, balanceado y oportuno, para lo cual se requiere de un análisis de suelo y foliar, así como también, pruebas

experimentales que den pautas sobre las complejas interacciones que ocurren en el suelo.

Y no se tienen información referente al dinamismo de absorción de los distintos nutrientes.

1.3 Preguntas orientadas para el análisis del problema

¿La elaboración de curvas de absorción de nutrientes garantizara un eficiente uso de fertilizante?

¿Al utilizar curvas de absorción se podrá lograr elevar el rendimiento en el cultivo de maíz?

¿Son las curvas de absorción necesarias para el manejo de programa de fertilización eficientes?

1.4 Justificación

En la actualidad, el desarrollo científico y tecnológico es amplio en estas áreas del conocimiento, tanto de la nutrición como de la regulación del crecimiento y desarrollo vegetal, en forma tal que día con día surgen nuevas alternativas de manejo sostenible, ya que es en este tipo de cultivos donde más se han empleado diversas prácticas culturales como productos que mejoran su manejo y productividad.

Como se conoce en la actualidad no existe la información necesaria sobre las curvas de adsorción de los diferentes nutrientes requeridos por el cultivo de maíz (*Zea mays*) en el país, por lo que es importante generar la información correspondiente a la dinámica de absorción de los nutrientes y como poder establecer las respectivas curvas de absorción.

Con la información colectada se formará una base de datos para los posteriores trabajos a realizarse en esta área y así poder contribuir al mejor manejo de nutrición en el cultivo de maíz (*Zea mays*).

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Elaborar curvas de absorción de nutrientes para el cultivo de maíz híbrido con datos estadísticos en las zonas de Babahoyo, Ventanas y Pueblo Viejo.

1.5.2. Objetivos específicos

- Establecer información técnica con resultados de rendimiento y niveles de nutrición utilizados, para generar estadística de datos.
- Generar curvas de absorción para el cultivo de maíz híbrido adaptadas a las zonas maicera locales.

1.6 Fundamento Teórico

1.6.1 Importancia del cultivo de maíz

El maíz es un cultivo de producción primaria de gran importancia por su demanda en la alimentación humana, así mismo constituye la principal materia prima para la elaboración de alimentos balanceados destinados a la industria animal (Mera y Montaña 2015).

El maíz, *Zea mays* L., es uno de los productos de consumo más cotizados y necesario tanto, para el hombre como alimento para criar animales, pero con el desarrollo de la tecnología, innovación y uso para la elaboración de bio combustibles (bio etanol) se ha modificado el destino de la producción de este cereal causando una serie de problemas como es el bajo abastecimiento para la producción de balanceados y otros subproductos (Valverde 2015).

El cultivo de maíz tiene importancia a nivel mundial por ser un cereal que forma parte de la canasta básica familiar, además de ser un insumo importante para la alimentación animal. En el Ecuador para el 2016 habían 341,254 ha destinadas a la siembra de este cereal, siendo que las provincias de Los Ríos, Manabí, Guayas y Loja, ocupan el 41,13%,

25,91%, 14,10% y 9,48%, respectivamente. Los suelos destinados al cultivo, varían en sus condiciones de fertilidad, al igual que los nuevos materiales genéticos en sus requerimientos nutricionales (Carrillo 2017).

1.6.2 Origen del Maíz

El maíz (*Zea mays* L) considerado como uno de los granos que ha alimentado al hombre desde la antigüedad, debido a que sus vestigios han sido encontrados en algunas culturas desde hace más de 7000 años, a inicios de la agricultura, es la principal especie que se cultiva de este género (Valverde 2015).

El mismo autor sostiene que muchos estudios realizados aceptan que el teosinte del género *Zea* y el arrocillo o maicillo del género *Tripsacum* además de ser considerados como parientes salvajes del maíz, son especies con características deseables para utilizarse en el mejoramiento del maíz, Durante este proceso de domesticación del maíz, se reconoce que los primeros agricultores que actuaron como fitomejoradores ya utilizaron precarios métodos de selección de semillas para las futuras siembras, selección que ha ido perfeccionándose y hasta la actualidad se mantiene como parte de las costumbres de nuestros agricultores en toda América.

1.6.3 Taxonomía del Maíz

- **Reino:** Plantae
- **División:** Magnoliophyta
- **Clase:** Liliopsida
- **Orden:** Poales
- **Familia:** Poaceae
- **Tribu:** Maydeas
- **Género:** *Zea*
- **Especie:** *Zea mays* (Mera y Montaña 2015).

1.6.4 Hectáreas destinadas a la producción de maíz

En el país, existen entre 270 000 y 360 000 hectáreas destinadas a la producción de este cereal que es el maíz amarillo duro seco, teniendo un rendimiento promedio de 4,65 t/ha. (Villao 2018).

1.6.5 Principales características del Maíz (Guacho 2014)

Raíces

Son fasciculadas y su misión es aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias.

Tallo

Es simple, erecto en forma de caña y macizo en su interior, tiene una longitud elevada pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, además es robusto y no presenta ramificaciones.

Hojas

Son largas, lanceoladas, alternas, paralelinervias y de gran tamaño. Se encuentran abrazando al tallo y con presencia de vellosidad en el haz, además los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.

Inflorescencia

Es una planta monoica pues presenta inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. La inflorescencia masculina es una panícula (vulgarmente denominado espigón o penacho) de coloración amarilla que posee aproximadamente entre 20 a 25 millones de granos de polen, además cada flor que compone la panícula contiene tres estambres donde se desarrolla el polen.

En cambio, la inflorescencia femenina cuando ha sido fecundada por los granos de polen se denomina mazorca, aquí se encuentran las semillas (granos de maíz) agrupadas a lo largo de un eje, esta mazorca se halla

cubierta por hojitas de color verde, terminando en una especie de penacho de color amarillo oscuro, formado por estilos.

Grano

La cubierta de la semilla (fruto) se llama pericarpio, es dura, por debajo se encuentra la capa de aleurona que le da color al grano (blanco, amarillo, morado), contiene proteínas y en su interior se halla el endospermo con el 85-90 % del peso del grano. El embrión está formado por la radícula y la plúmula.

1.6.6 Etapas fenológicas del cultivo de maíz

La escala fenológica más utilizada para describir el ciclo de un cultivo de maíz es la propuesta por *Ritchie & Hanway (1982)*, que utiliza caracteres morfológicos externos o macroscópicos. En ella se identifican dos grandes períodos: el vegetativo, subdividido en estadios identificados con la letra V y un subíndice, correspondiente al orden de la última hoja completamente extendida (lígula visible) al momento de la observación 11 (VE: emergencia, V1, V2,Vn y VT o panojamiento), y el reproductivo, identificado con la letra R y un subíndice que comienza en R1 (emergencia de los estigmas), R2 (cuaje o estado de ampolla), R3 (grano lechoso), R4 (grano pastoso), R5 (grano duro o indentado) y R6 (madurez fisiológica). Desde los estadios R3 hasta R5, inclusive, corresponde al llenado de los granos (Cruz y Garay 2015).

1.7. Nutrición en maíz

El manejo nutricional en el cultivo de maíz es una de las bases fundamentales para maximizar los rendimientos; la fertilización en la actualidad representa una tecnología más que debe ser añadida al proceso de producción; Por ello, para que la utilización de ésta herramienta impacte, se debe crear un programa de planificación dentro de los procesos de producción donde se debe incluir el plan de fertilización (Torres 2012).

Tabla 1. Elementos nutricionales utilizados por el maíz para 8 toneladas de producción.

Requerimientos nutricionales	
Elementos	KG/HA
Nitrógeno	187
Fósforo	38
Potasio	192
Calcio	38
Magnesio	44
Azufre	22
Cobre	0.1
Zinc	0.3
Boro	0.2
Hierro	1.9
Manganeso	0.3
Molibdeno	0.01

Ilustración 1 fuente (Aguilar 2019).

1.7.1 Nitrógeno (N)

De todos los nutrientes, el N es el pilar de la nutrición del cultivo. Es el nutriente que con mayor frecuencia limita la producción del maíz. El N es el nutriente más comúnmente deficiente para la producción de maíz. Los métodos de diagnóstico para la fertilización nitrogenada pretenden predecir la probabilidad de respuesta a partir de la disponibilidad de N en suelo y/o en planta, y el requerimiento previsto para un determinado nivel de rendimiento. Los métodos evaluados para el cultivo de maíz incluyen el balance de N, el análisis de suelo en presembrado y al estado de 5-6 hojas de desarrollo del cultivo (V5-6; Ritchie *et al.*, 1993), el análisis de planta en estadios tempranos y avanzados de desarrollo, y el uso de modelos de simulación y sensores remotos (García *sf.*).

1.7.2 Fósforo (P)

El fósforo es, luego del N, el nutriente más relevante en la nutrición del cultivo. Es de mucha importancia para los tejidos jóvenes, ya que es ahí donde se halla su mayor concentración. Aunque no demanda grandes cantidades como el nitrógeno o potasio debido a sus funciones es considerada con un rol importante en el crecimiento de la planta, ya que también ayuda a la formación y desarrollo radicular de la planta (Aguilar 2019).

1.7.3 Potasio (K)

Al igual que el nitrógeno, el potasio es un elemento que es muy demandado por el cultivo del maíz, su mayor asimilación por las raíces se da en el primer mes del cultivo (Agro estrategias 2008).

1.7.4 Azufre (S)

Es un elemento secundario constituyente estructural de compuestos orgánicos, algunos de los cuales son únicamente sintetizados por las plantas, como es el caso de los aminoácidos cisteína, cistina y metionina, requeridos para sintetizar proteínas. Es importante también para algunas vitaminas y coenzimas, y actúan como grupo funcional directamente involucrado en reacciones metabólicas. Tiene funciones que sirven a la planta como sistema de defensa y detoxificación (Aguilar 2019).

1.7.5 Magnesio (Mg)

Cumple tres roles importantes en la planta (entre otros). En primer lugar, es integrante de la clorofila, potenciando de esta manera la síntesis de azúcares. También interviene en el proceso de traslado de azúcares a los granos en forma similar al potasio, aunque en un segundo plano de importancia. Y finalmente optimiza el aprovechamiento del Fósforo dentro de la planta facilitando el desdoblamiento del ATP (Agro estrategias 2008)

1.8. Las curvas de absorción de los nutrientes

Las curvas de extracción o absorción de los nutrientes en el cultivo, esta referenciado por el % del total de nutrientes contenido a cosecha. Una curva de absorción es la representación gráfica de la extracción de un nutriente y representa las cantidades de este elemento extraídas por la planta durante su ciclo de vida. La extracción de nutrientes depende de diferentes factores tanto internos como externos, los más sobresalientes son (Sancho sf.):

1.8.1 Factores internos

- El potencial genético de la planta. Por esta razón es ideal determinar la curva de extracción para cada cultivar.
- Edad de la planta, o estado de desarrollo de la misma. La curva necesariamente debe reflejar los cambios nutricionales dependientes de la fenología de la planta. Con esto se pueden asociar puntos de máxima absorción con puntos claves de desarrollo como prefloración, floración, fructificación etc.

1.8.2 Factores externos

Los factores externos son aquellos relacionados con el medio ambiente donde se desarrolla la planta como son: temperatura, humedad, brillo solar, horas luz, entre otros.

1.8.3 Importancia y utilidad de las curvas de absorción

Conociendo el comportamiento de las curvas de absorción se determinan las épocas de mayor absorción de nutrientes durante el ciclo de crecimiento. Esto a su vez permite definir las épocas de aplicación de los fertilizantes en los programas de fertilización, que generalmente deberán ocurrir unas dos semanas antes de este pico de alto requerimiento de nutrientes. Con esto se logra maximizar el aprovechamiento de los fertilizantes (Jaramillo *et al.* 2014)

1.9. Como elaborar una curva de absorción de nutrientes

1. Seleccionar el cultivar a estudiarse (es importante no mezclar plantas genéticamente diferentes en una misma curva).
2. Seleccionar plantas tipo para el muestreo secuencial de biomasa. Estas plantas deben estar desarrollándose en condiciones ideales de suelo y manejo.
3. Definir las etapas fenológicas más importantes del ciclo de cultivo. Cada una de estas etapas fenológicas debe estar representada en el muestreo. Generalmente se las determina en días después de la siembra o trasplante.
4. Tomar por lo menos tres muestras en cada etapa fenológica previamente determinada.
5. Dividir las plantas muestreadas en sus diferentes tejidos morfológicos (raíz, tallo, hojas, peciolo, frutos, entre otros). Esto depende de la minuciosidad del experimento.
6. Medir el peso fresco de las muestras y enviarlas al laboratorio para la determinación de peso seco, humedad y contenido de nutrientes.
7. Calcular el peso seco promedio y el contenido promedio de nutrientes de las plantas muestreadas y determinar la cantidad de biomasa acumulada y las cantidades de nutrientes extraídas por el cultivo en gramos por planta. Conociendo la población por área se puede calcular la extracción en kg/ha.
8. Graficar la curva de crecimiento (materia seca acumulada en cada estado de muestreo) y la curva de absorción (cantidades extraídas de cada elemento en cada estado de muestreo) (García 2013).

1.9.1 Curva de acumulación de materia seca

El objetivo principal objetivo de una curva de acumulación de materia seca, es permitir graficar el crecimiento de la planta, esto se realiza por etapa vegetativa para poder identificar la etapa del cultivo en la cual hay un mayor crecimiento por parte de la planta (Saravia 2004).

1.10 Hipótesis

Hi: Con la información de las curvas y dinamismo de absorción de nutrientes, se podrá realizar programas adecuados de fertilización reduciendo el costo de producción beneficiando al productor.

Ho: Con la información de las curvas y dinamismo de absorción de nutrientes, no se podrá realizar programas adecuados de fertilización reduciendo el costo de producción beneficiando al productor.

1.11. Metodología

La metodología se basará en el conjunto de recopilación y compilación documental, así como, colecta de muestras para análisis. Para el caso se empleará: compendio, lectura, análisis, síntesis y exploración de diversas bibliografías, tales como: folletos, catálogos, libros, revistas, artículos científicos, análisis de suelos y páginas web.

Estas serán las diversas técnicas de trabajo, resúmenes, utilizadas para la colecta de la información, siempre verificando su idoneidad. Se realizó una revisión de los trabajos de titulación de los últimos 10 años obtenidos en nutrición del cultivo de maíz en la facultad, utilizando la información generada y los resultados obtenidos para proceder a la graficación de la extracción de los nutrientes.

CAPÍTULO II. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Situaciones detectadas

A través de los análisis de suelos y resultados encontrados en los documentos se puede concluir que en diferentes fincas se obtuvieron resultados muy variables en cuanto a la cantidad de fertilizantes que deberían plantearse para un programa integral de fertilización.

La cantidad de nutrimentos removidos del suelo por las plantas de maíz depende de la cantidad de materia seca producida (kg/ha) y su contenido de nutrimentos, lo que a su vez varía según el contenido de nutrimentos del suelo disponibles para la planta. En función de esto las curvas encontradas y la aplicación de las mismas, generarían una influencia directa de los fertilizantes originando aproximadamente el 50% del aumento en los rendimientos de los cultivos.

Curva de absorción de nitrógeno

Los resultados muestran un comportamiento lineal de la curva en los diferentes programas planteados, en este sentido los rendimientos del cultivo tienden a aumentar a medida que las dosis de nitrógeno son incrementadas por los productores. La ecuación generada es $y = 0,0098x + 5,33$.

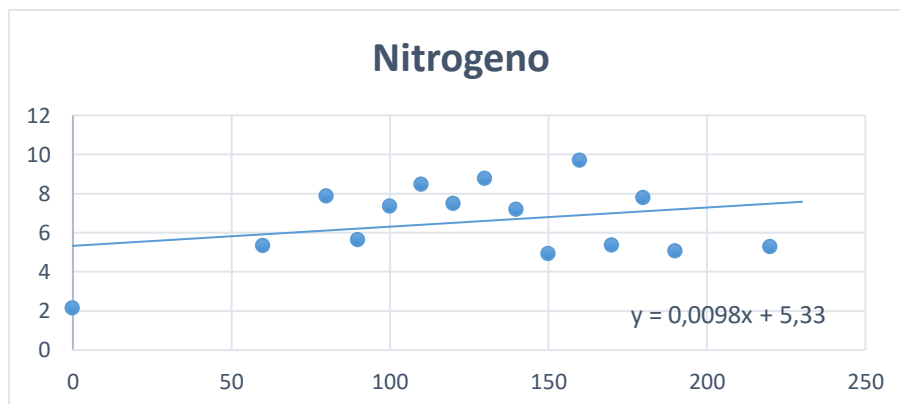


Fig 1. Curva de absorción nitrógeno, 2020.

Curva de absorción de fósforo

En el caso del fósforo los resultados encontrados son muy similares entre los sectores. Estos concluyen en una ecuación lineal $y = 0,0118x + 6,62$. Esta ecuación indica que a mayor dosis de fósforo los incrementos tienden a aumentar, sin embargo, presenta un punto de caída en dosis mayores a 60 kg/ha.

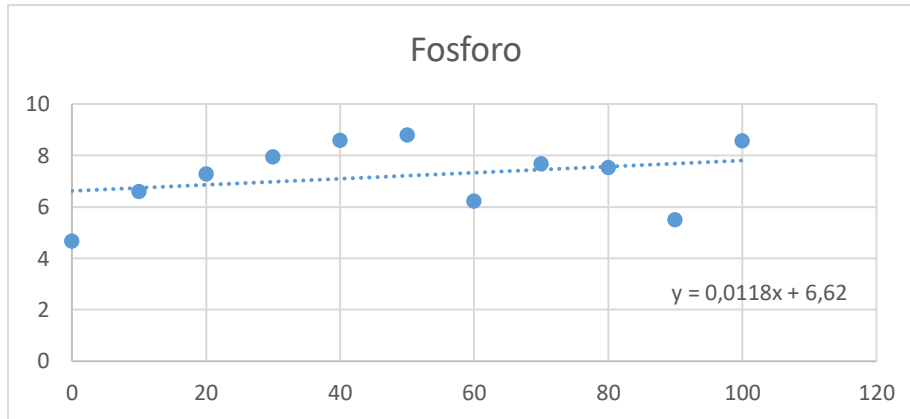


Fig 2. Curva de absorción fósforo, 2020

Curva de absorción de potasio

Los datos encontrados para potasio muestran que el aumento de dosis incrementa la posibilidad de mayor rendimiento en el cultivo de maíz en las diferentes zonas investigadas. La ecuación generada es $y = 0,0164x + 5,3445$. Esto indica que se presenta un decrecimiento en dosis mayores a 180 kg/ha de K_2O .

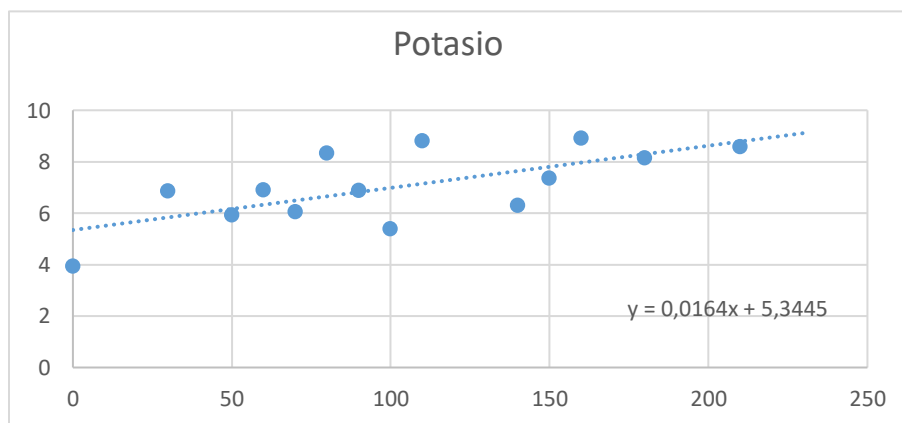


Fig 3. Curva de absorción potasio, 2020.

Curva de absorción de magnesio

A diferencia de los nutrientes antes calculados para el elemento magnesio se presentó una ecuación polinómica, lo cual dice que el aumento de la dosis tiene a generar una disminución drástica del rendimiento del cultivo. Dosis mayores a 20 kg/ha ocasionan pérdidas en el rendimiento. La ecuación generada es $y = -0,006x^2 + 0,2168x + 5,9735$.

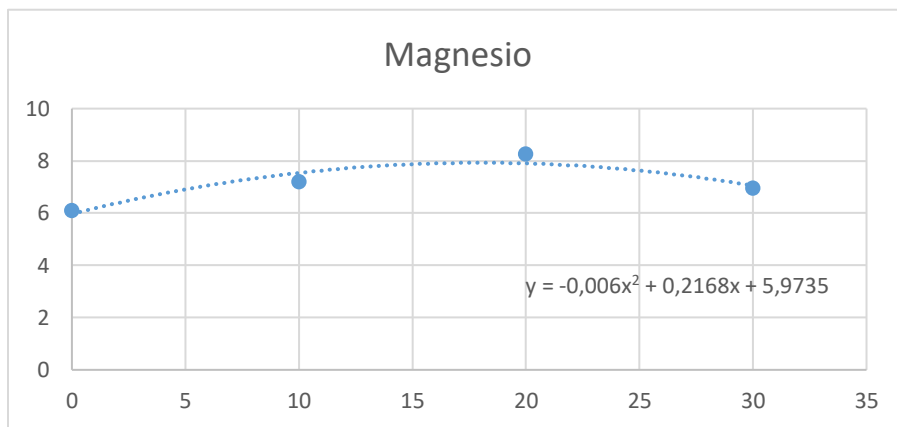


Fig 4. Curva de absorción magnesio, 2020.

Curva de absorción de azufre

Los resultados hallados para el azufre exponen que dosis crecientes del elemento disminuyen radicalmente el rendimiento de grano de maíz en las diferentes zonas estudiadas. La ecuación generada es $y = -0,0035x^2 + 0,163x + 6,0615$.

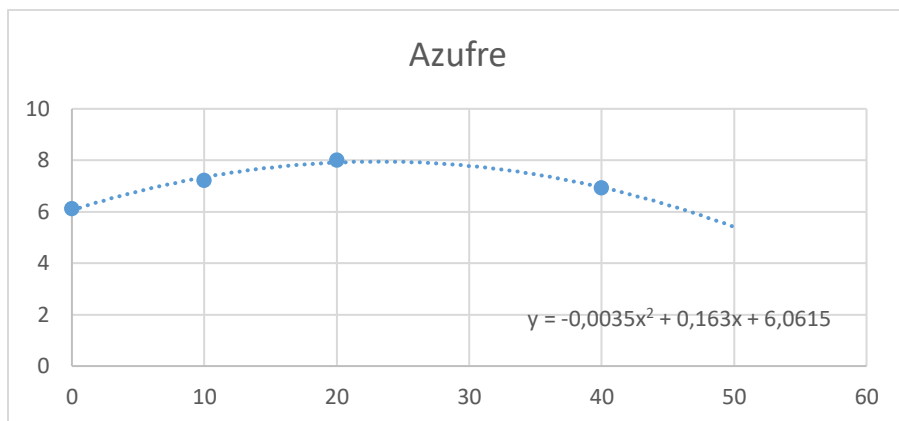


Fig 5. Curva de absorción magnesio, 2020.

Curva de absorción de Babahoyo

En la zona de Babahoyo se identificó ecuaciones lineales para los 5 elementos evaluados, cada ecuación genero rendimientos crecientes, según dichas ecuaciones las mismas fueron:

N: $y = 0,0106x + 4,594$

P-S: $y = 0,0098x + 6,0095$

K: $y = 0,0098x + 5,2877$

Mg: $y = 0,0433x + 6,013$

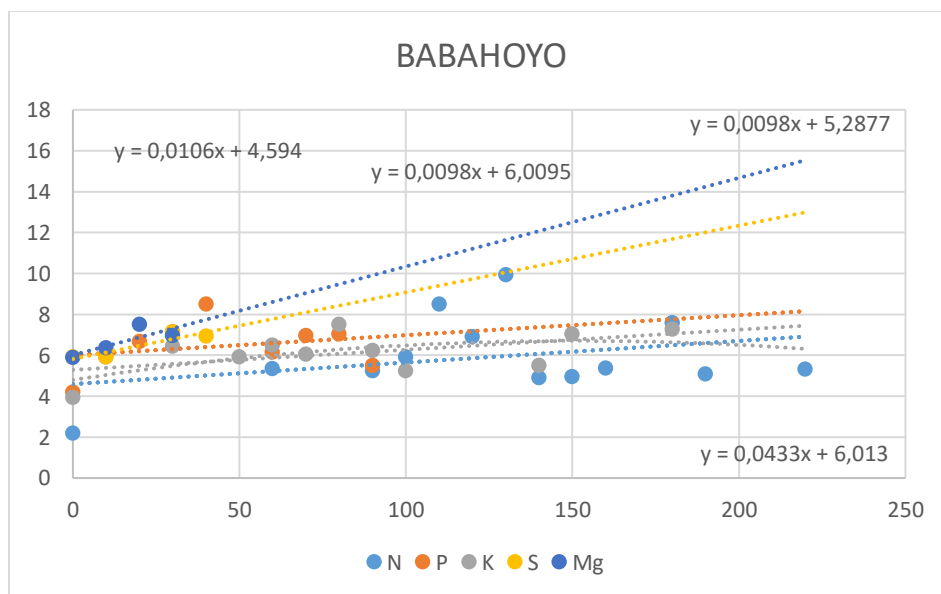


Fig 6. Curva de absorción cantón Babahoyo, 2020.

Curva de absorción de Ventanas

En la zona de Ventanas se cuantificó ecuaciones lineales para los 5 elementos evaluados, cada ecuación genero rendimientos crecientes, las ecuaciones fueron:

N: $y = 0,0142x + 6,6288$

P-S: $y = 0,0293x + 7,3809$

K: $y = 0,0146x + 7,0962$

Mg: $y = 0,0965x + 6,52$

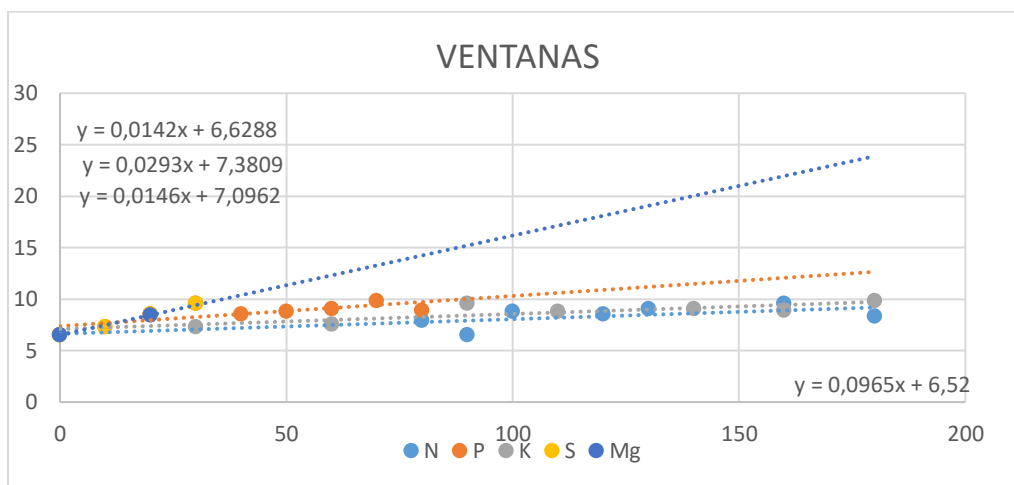


Fig 7. Curva de absorción cantón Ventanas, 2020.

Curva de absorción de Pueblo Viejo

En la zona de Pueblo Viejo las ecuaciones generadas fueron del tipo lineal, sin embargo los datos encontrados no fueron suficientes para tener una exactitud pertinente. Sin embargo, muestra una tendencia hacia un rendimiento creciente, las ecuaciones fueron:

N: $y = 0,0106x + 4,594$

P-S: $y = 0,0098x + 6,0095$

K: $y = 0,0098x + 5,2877$

Mg: $y = 0,0433x + 6,013$

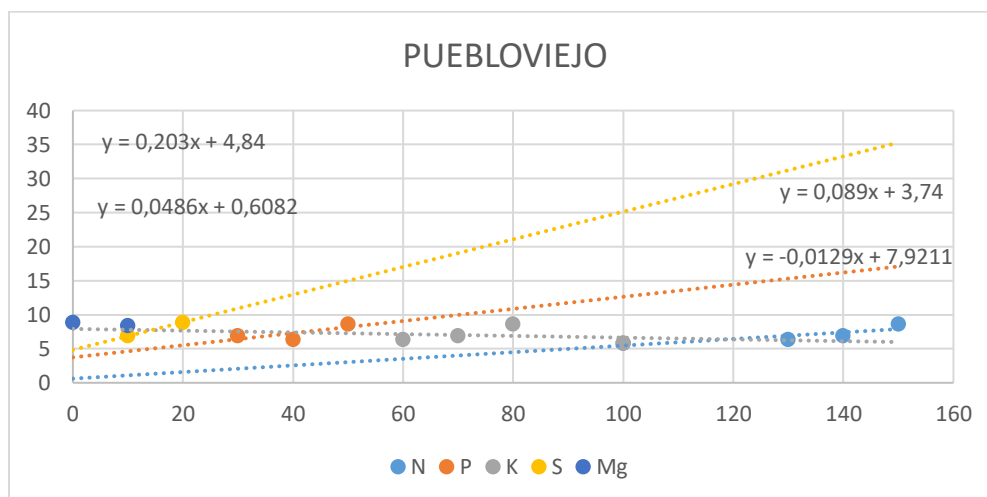


Fig 8. Curva de absorción cantón Pueblo Viejo, 2020.

2.2. Soluciones planteadas

El concepto de la nutrición del cultivo de maíz en función de los requerimientos según el estado de desarrollo fenológico, es uno de los factores que contribuye al aumento de la producción, pero está ligado al uso de semilla certificada y al manejo fitosanitario del cultivo. En nuestro país, la fertilización es prácticamente empírica o inapropiada ya que, por lo común, el agricultor lo hace por tradición; sin el soporte de los resultados del correspondiente análisis químico del suelo y las necesidades del cultivo.

Actualmente, uno de los principales problemas para los productores de ésta gramínea, es que aplican tecnologías convencionales de alto costo, basadas en el uso de agroquímicos aplicados en forma indiscriminada y sin ningún criterio técnico, lo que ocasiona la degradación de los suelos, contaminación del medio ambiente y un elevado costo de producción por unidad de superficie.

Los resultados muestran que los agricultores están utilizando cantidades de fertilizantes muy por debajo de los rendimientos esperados, esto repercute en que el cultivo tome estos nutrientes del suelo, ocasionado en el mediano y largo plazo

un fenómeno que se conoce como “erosión química de suelos”, por la pérdida casi segura de elementos.

Por lo tanto, el uso de esta herramienta garantizara que de manera general pero más técnica los agricultores logren elevar los rendimientos, a partir de la remoción de los nutrientes que el cultivo utiliza. Sin embargo, es necesaria la implementación de programas más completos de fertilización a partir de estudio detallados de suelos, junto con la utilización de curvas de absorción por etapas.

2.3. Conclusiones

- A. La respuesta a la fertilización depende de la variedad, fertilidad del suelo, clima, manejo del agua y manejo de plagas. Un estudio de absorción es un buen punto de partida para estimar la cantidad de nutrientes que se debe reponer al campo para mantener la fertilidad.
- B. Para llevar a cabo el estudio de absorción, es indispensable conducirlo bajo condiciones adecuadas de nutrición y con variedades de una especie definidas, lo cual permita extrapolar los resultados a otras situaciones más allá de la particular en la que se realizó.
- C. La información detalla sobre la dinámica de absorción en los macroelementos nos direcciona a investigar de manera más propicia como se mueven los elementos en el suelo sobre un cultivo bajo condiciones de riego donde son más aprovechables los nutrientes.
- D. En las zonas evaluadas todas las ecuaciones generadas generaron incrementos de rendimiento de manera lineal. Sin embargo, con la extrapolación de datos el azufre y magnesio, generaron ecuaciones poli nominales que generarían una tendencia a disminución de la producción con dosis mayores.
- E. La zona de Babahoyo presento los mejores registros de rendimiento por lo que las curvas calculas muestran tendencias de incremento.

2.4. Recomendaciones

- A. Realizar estudios sobre la dinámica de absorción en cultivos de ciclo corto bajo condiciones de riego y seco, para determinar el aprovechamiento de

macro y microelementos disponibles en el suelo.

- B. Estudiar e investigar alternativas que mejoren la eficiencia sobre la dinámica de absorción de nutrientes, que favorezcan los rendimientos, producción y reducir la inversión económica en la aplicación excesiva de fertilizantes.

Bibliografía

1. Agro estrategias 2008. Fertilización del cultivo del maíz. Rosario argentina. P 1 y 2.
2. Aguilar, A. 2019. "Respuesta a niveles de nitrógeno, fosforo y potasio en el cultivo de maíz (*Zea mays*, L), en condiciones de la zona de Babahoyo". Componente práctico Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador. 47p.
3. Banco Central del Ecuador - BCE. 2019. Expectativas de la cosecha del maíz 2019. Revista El Productor. 29(04):7-10
4. Bertsch, F. 2016. Las curvas de absorción de nutrientes. En Memorias del V Congreso Internacional de nutrición y fisiología vegetal aplicada. Guadalajara, México. 155p.
5. Carpio, L. 2017. Efectos de dos programas de fertilización sobre el comportamiento agronómico de híbridos de maíz (*Zea mays* L.), en la zona de Ricaurte. Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador. 50p.
6. Carrillo, M. 2017. Nutrición de Maíz Duro. En Memorias de la xxii reunión latinoamericana del maíz Quevedo – Ecuador. 84p.
7. García, F. 2013. Métodos de diagnóstico nutricional en cultivos extensivos en argentina. AAPRESID. Congreso RESILIAR. Buenos Aires, Argentina. 124p.
8. García, F. sf. Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz. Instituto De La Potasa Y El Fosforo. 21p.
9. Garay, J y Cruz, J. 2015. El cultivo de maíz en San Luis."2015 año del biotecnario del congreso de los pueblos libres". China. 168p.
10. Guacho, E. 2014. "Caracterización agro-morfológica del maíz (*zea mays* l.) De la localidad san José de Chazo." Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. Ecuador . 100p.
11. Jaramillo, R., Alvarado, S., Valverde, F., Parra, R. 2014. Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz bajo labranza de conservación para la provincia de Bolívar. Boletín Técnico nº150. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. EE-SC. Quito-Ecuador. 34p.

12. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca – MAG. 2019. Rendimiento nacional del cultivo de maíz amarillo. Programa de estadísticas agropecuaria - SIPA. Disponible en: www.agricultura.gob.ec. Consultado 01-08-2020.
13. Mera, A. Montaña, C. 2015. “Evaluación de Arreglos Espaciales y Densidades Poblacionales en Híbridos de Maíz Comercial en Zonas de Bosque Tropical Seco durante la Época LLuviosa” tesis de grado, Escuela Superior Politécnica Del Litoral. Ecuador. 71p.
14. Sancho, H. Sf. Curvas de absorcion de nutrientes: importancia y uso en los programas de fertilización. 3p.
15. Saravia, F. 2004. Elaboración de curvas de absorción de nutrientes para la variedad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) Alboran bajo condiciones de invernadero en Zamorano, Honduras. 44 p.
16. Torres, R. M. (2012). Manejo de la fertilización en maíz. INTA.
17. Valero, J. 2019. Dinámica de absorción de los macroelementos en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L) bajo condiciones de riego. Componente práctico Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador. 30p.
18. Valverde, M. 2015. Caracterización E Identificación De Razas De Maíz En La Provincia Del Azuay. tesis de grado. Universidad De Cuenca. Ecuador. 86p.
19. Villao, G. 2018. “Comercialización de maíz (*zea mays* l.) En el cantón ventanas, provincia de los ríos” tesis de grado. Universidad De Guayaquil. Ecuador . 135p.