



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Fertilizantes de nitrógeno mejorado sobre el rendimiento en híbridos de maíz (*Zea mays*)”

Autores:

MENDOZA VERA RIBIN JOUSELL

MEJÍA ÁLAVA ROBERT HIPOLITO

DIRECTOR DE TESIS

Ing. George Alexander Cedeño García Dr.

SANTA ANA – MANABI - ECUADOR

2019

CERTIFICACIÓN

Ingeniero Agrónomo

GEORGE ALEXANDER CEDEÑO GARCÍA Dr. Sc.

CERTIFICO:

Que el trabajo de titulación “**Fertilizantes de nitrógeno mejorado sobre el rendimiento en híbridos de maíz (*Zea mays*)**” es trabajo original de los egresados MENDOZA VERA RIBIN JOUSELL y MEJÍA ÁLAVA ROBERT HIPOLITO, el cual fue realizado bajo mi dirección.

Ing. George Alexander Cedeño García Dr. Sc.

TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Las responsabilidades de la investigación, resultados y conclusiones del presente trabajo corresponden exclusivamente al autor.

Ribín Jousell Mendoza Vera

Las responsabilidades de la investigación, resultados y conclusiones del presente trabajo corresponden exclusivamente al autor.

Roberth Hipólito Mejía Álava

DEDICATORIA

Este esfuerzo se lo dedico a:

A mis padres, Ribin Mendoza Ponce, Angela Vera Vélez y mis abuelos Carmen Haydee Ponce Mendoza y Ramon Mendoza García en el cielo. Quien con todo amor, cariño y comprensión supieron guiarme por el buen camino; acompañándome en cada momento de mi profesión personal y profesional “GRACIAS” se los debo todo.

Ribin Jousell Mendoza Vera

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la oportunidad de mantenerme con vida y poderme desarrollar día a día como persona de bien, así mismo como profesional encaminado al servicio del país y la sociedad.

A todo el personal administrativo y laboral de la facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí, por las facilidades brindadas en todos los años cursados.

Ribin Jousell Mendoza Vera

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación va dedicado a mi familia especialmente a mis padres.

Robert Hipólito Mejía Álava

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en estas líneas el apoyo incondicional de mis padres que fueron el pilar para poder salir adelante en mi carrera universitaria. Así mismo al Tutor Dr. George Cedeño de mi tesis por haberme guiado en este trabajo de Titulación. Y de manera muy especial agradezco a la Ingeniera Marbelin Del Valle que siempre me apoyo y me motivo a ser mejor tanto académicamente como personalmente.

A la Universidad Técnica de Manabí por ser la sede de todo el conocimiento adquirido en estos años.

Robert Hipólito Mejía Álava

ÍNDICE CONTENIDO

RESUMEN.....	XIII
SUMMARY	XIV
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES.....	3
JUSTIFICACIÓN	4
OBJETIVO.....	5
General	5
Específicos	5
MARCO TEÓRICO	6
Origen distribución e importancia del maíz a nivel mundial y en el Ecuador	6
Fertilización Nitrogenada en el maíz	6
Importancia del Nitrógeno en el maíz.....	7
Deficiencia de N.....	7
Concepto de fertilizante	9
Fertilizantes nitrogenados en el mercado	10
Clasificación de los fertilizantes nitrogenados modificados	10
MATERIALES Y MÉTODOS	13
Ubicación	13
Metodología	13
Diseño experimental.....	14
Variables registradas	15
RESULTADOS.....	17
DISCUSIÓN	24
CONCLUSIONES	26
RECOMENDACIONES	27
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
ANEXOS.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta de maíz con deficiencia de N. Se observa clorosis amarillo claro en las hojas jóvenes y necrosis café en la punta de las hojas viejas.....	8
Figura 2. Comparación de medias entre los tratamientos de las variables materia seca y altura de planta.....	17
Figura 3. Comparación de medias entre los tratamientos para la variable peso de 100 granos.	18

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fertilizantes nitrogenados en el mercado (Intagri, 2019).....	10
Tabla 2. Análisis de las variables estudiadas en el ensayo.....	19
Tabla 3. Comparación de medias de índice de clorofila, área foliar y materia seca.....	20
Tabla 4. Comparación de medias de la variable altura de planta y diámetro de tallo.....	21
Tabla 5. Comparación de medias del rendimiento del cultivo, y variables asociadas.....	22
Tabla 6. Comparación de medias de las variables Peso de mazorca, peso de tusa y peso de 100 granos.....	23

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo Intercambio catiónico	35
Anexo 2. Análisis de suelo contenido nutricional	36

RESUMEN

El uso de fertilizantes Nitrogenados en las explotaciones agrícolas, se encuentra como uno de los insumos de mayor consumo en la producción de los cultivos, causando grandes daños a nivel ambiental por el uso indiscriminado de Urea el cual causa grandes pérdidas a través de lixiviación y volatilización; sin embargo, se manejan alternativas de fertilizantes de Nitrógeno mejorado que permiten un mejor uso del Nitrógeno. A través de la presente investigación se evaluó el efecto de fertilizantes de nitrógeno mejorado sobre la producción de híbridos de maíz de alto rendimiento. Se utilizó híbridos de alto rendimiento (Hércules, Insignia 105 y DK 7088), a los que se les aplicó tres tipos de fertilizantes de liberación controlado del Nitrógeno, además de la Urea como fertilización convencional. Fueron aplicados en tres frecuencias determinados por la edad fisiológica del cultivo: 1.- 100 en VE (emergencia); 2.- 50% VE y 50% en V6 (sexta hoja verdadera); 3.- 20% Ve, 40% V6 y 40% V10 (diez hojas verdaderas). Fueron evaluados componentes del rendimiento, crecimiento vegetal y Índice de clorofila. El rendimiento no lo influenció los fertilizantes de Nitrógeno mejorado ni el fraccionamiento de aplicación, respondiendo únicamente al efecto de los híbridos utilizados, siendo el Hércules con una producción de 13 tm por hectárea. El índice de clorofila fue mayor con el uso de Novatec-45, fertilizante caracterizado por contener un inhibidor de la ureasea. En conclusión, el uso de fertilizantes de liberación controlada del nitrógeno no causó un aporte significativo en el rendimiento de los híbridos de maíz.

SUMMARY

The use of Nitrogen fertilizers on farms, is one of the inputs of higher consumption in the production of crops, causing major environmental damage by the indiscriminate use of urea which causes large losses through leaching and volatilization; However, improved Nitrogen fertilizer alternatives are used that allow a better use of Nitrogen. Through this research, the effect of improved nitrogen fertilizers on the production of high yield corn hybrids was evaluated. High performance hybrids (Hercules, Insignia 105 and DK 7088) were used, to which three types of controlled nitrogen fertilizers were applied, in addition to Urea as conventional fertilization. They were applied in three frequencies determined by the physiological age of the crop: 1.- 100% in VE (emergency); 2. VE 50% and 50% in V6 (sixth true leaf); 3.- 20% Go, 40% V6 and 40% V10 (ten true leaf). Components of yield, plant growth and Chlorophyll Index were evaluated. The yield was not influenced by the improved nitrogen fertilizers or application fractionation, responding only to the effect of the hybrids used, being the Hercules with a production of 13 tons per hectare. The chlorophyll index was higher with the use of Novatec-45, a fertilizer characterized by containing an inhibitor of urease. In conclusion, the use of controlled release nitrogen fertilizers did not cause a significant contribution to the performance of corn hybrids.

INTRODUCCIÓN

La fertilización nitrogenada satisface las necesidades de una agricultura productiva, competitiva y de calidad con la protección y mejora de los suelos, el agua y la atmósfera (Idea, 2007). Permite obtener plantas con buen crecimiento, desarrollo y resistencia a estrés (Monsalve *et al.*, 2009). El nitrógeno juega un papel importante en la nutrición vegetal formando parte de los aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, aminos, amidas, nucleoproteínas y clorofila (Zérega y Hernández, 1998), indispensable en la tasa fotosintética incrementando la materia seca y rendimiento de los cultivos (Corrales *et al.*, 2015; Martínez *et al.*, 2008). El maíz al ser una planta C₄, involucra una elevada eficiencia en la actividad fotosintética, lo que se refleja en un rápido crecimiento y elevados rendimientos comparados con otros cereales (Rodríguez *et al.*, 2014). Además, el nitrógeno se considera como el principal nutriente que influye en la producción de los cultivos después del agua (Idea, 2007).

El fertilizante nitrogenado de mayor uso en la agricultura es la urea con el 46.4% de concentración de nitrógeno (Yang *et al.*, 2017). Sin embargo, entre las desventajas que se presentan mediante su uso, son las pérdidas por volatilización, desnitrificación y lixiviación en niveles de 40 a 70% (Acevedo *et al.*, 2009; Soca y Constanza, 2015; Rabat *et al.*, 2016; Madusanka *et al.*, 2017), afectando negativamente la economía del productor, además de causar problemas medios ambientales (Mora *et al.*, 2007; Wen *et al.*, 2017). En el Ecuador se estima que durante el año 2016 fueron utilizados alrededor de 6.946 toneladas de nitrógeno como principal fuente nitrogenada en el cultivo de maíz (MAG, 2016).

Los fertilizantes de lenta liberación Urea+NSN (Copolímero maleico-itacónico), en el cultivo de maíz ha dado buen resultado disminuyendo las pérdidas de Nitrógeno en menos del 0.5 %, dando como resultado la disminución de la volatilización (Barbieri *et al.*, 2009). Aplicaciones de urea recubierta con resinas de polímeros (COTE N4) en arroz, con dosis entre 37% y 63% menos que la dosis de urea convencional, ha logrado alcanzar los mayores rendimientos del cultivo y las mejores eficiencias agronómicas (Herber, 2015).

Dicho lo anteriormente se plantea como problema de investigación: ¿Qué efectividad tienen diferentes mecanismos de N de lenta liberación, sobre el comportamiento productivo de tres híbridos de alto rendimiento de maíz (*Zea mays*)?

ANTECEDENTES

El Nitrógeno es principal elemento mineral para los vegetales, por la gran demanda de los cultivos en las etapas de crecimiento, encontrándose entre 1 y 5% de N en su estructura (Albarenque *et al.*, 2012). La disponibilidad de este nutriente es variada en el ciclo del cultivo, dependiendo del contenido inicial de N en el suelo, las vías de absorción neta durante el crecimiento y las aportaciones por fertilización (Sellart, 2015), sin embargo, la eficiencia del mismo depende principalmente de su disponibilidad (Melchiori *et al.*, 2009). Por su parte se han desarrollado varias investigaciones con el fin de determinar el efecto de los fertilizantes de liberación lenta comparado con otras fuentes de sales inorgánicas las cuales al ser de liberación rápida desaparecen entre cuatro a seis semanas luego de la aplicación mientras que las de liberación lenta podrían suministrar nitrógeno durante toda la temporada de crecimiento (Rogers, 2015). Desde hace algunos años se está investigando sobre productos que facilitan la liberación lenta o paulatina del Nitrógeno presente en los fertilizantes con la finalidad de disminuir las pérdidas y reducir las frecuencias de aplicación (Mora *et al.*, 2007).

El nitrógeno en las plantas cumple funciones vitales ya que forma parte de los aminoácidos y proteínas de los vegetales fundamentales para su crecimiento (Vera, 2016). Cuando se fertiliza con nitrógeno convencional, este rápidamente se hidroliza por efecto de la enzima ureasa produciendo iones de amoníaco y amonio que se pierde entre un 18-30% del N aplicado, estos valores se correlacionan con el porcentaje de arcilla, capacidad de intercambio catiónico, capacidad de tampón y actividad de la ureasa en el suelo (Casanova & Benavides 2009.) Pero principalmente se puede desperdiciar por escorrentía superficial, volatilización de amoníaco (Silva *et al.*). En ocasiones las precipitaciones pluviales, textura del suelo, tasa de absorción de N del cultivo, y profundidad de exploración radical son factores que al interaccionar pueden llegar a ocasionar la pérdida del nitrógeno por lixiviación (Álvarez *et al.*, 2014). Así aplicaciones dosis de fertilizantes nitrogenados entre 25-50% por encima de la óptima para un determinado cultivo, aumenta la lixiviación de forma exponencial en 5-7 kg hm⁻² de NO₃ (Delin y Stenberg, 2014).

JUSTIFICACIÓN

Con el aumento de la población mundial superando los 7500 millones de habitantes (PRB 2017), el incremento descontrolado en los precios de los alimentos ligada a la actual crisis económica mundial, ha generado que cerca de 1000 millones de personas sufran mal nutrición. No obstante aumentar los rendimientos de los cultivos juntos con la disminución de los efectos ambientales adversos generados por el uso de grandes cantidades de fertilizantes nitrogenados, lograría una solución sostenible a las demandas de alimentos (Madusanka et al. 2017). El uso creciente de fertilizantes ha permitido ganancias de la productividad en la agricultura, siendo la urea el fertilizante más importante comercialmente disponible (Trenkel, 2010). Sin embargo, las aplicaciones excesivas al suelo implican grandes pérdidas del nitrógeno a través de la volatilización de NH_3 y lixiviación de nitritos y nitratos (Yamamoto *et al.*, 2016), incrementando el costo de producción en los cultivos. Los fertilizantes de nitrógeno mejorado a través de encapsulaciones con azufre y diversos polímeros, además de los co-formulados con inhibidores de la ureasea y nitrificación, permiten la liberación lenta y controlada del nitrógeno (Nardi *et al.*, 2017) incrementando significativamente el grado de eficiencia de los cultivos en la absorción repercutiendo directamente en el vigor y producción al reducir las pérdidas de nitrógeno por volatilización y lixiviación (Allen, 1986). Sin embargo, factores edafoclimáticos como la temperatura, humedad del suelo, flora microbiana y tipo de suelo presente en las distintas zonas de producción influyen en la degradación de los fertilizantes de liberación controlada de Nitrógeno (Nardi et al. 2017). En el Ecuador el uso de fertilizantes de nitrógeno mejorado es aún poco conocido, manteniendo los sistemas tradicionales de fertilización a base de urea y sin manejos adecuados en cuanto a dosificaciones y frecuencias de aplicación en los diversos cultivos tradicionales como maíz, que a pesar de características fitogenéticas de alto potencial productivo, los rendimientos se ven reducidos ocasionando bajos umbrales económicos de rentabilidad a los pequeños y medianos productores.

OBJETIVO

General

Evaluar el efecto de fertilizantes de nitrógeno mejorado sobre la producción de híbridos de maíz de alto rendimiento.

Específicos

- Evaluar los mecanismos de liberación de Nitrógeno de los fertilizantes sobre el rendimiento en tres híbridos de maíz
- Determinar el comportamiento productivo, de tres híbridos de maíz a fertilizantes de nitrógeno mejorados.
- Determinar el efecto de la frecuencia de aplicación de los fertilizantes nitrogenados sobre el rendimiento

MARCO TEÓRICO

Origen distribución e importancia del maíz a nivel mundial y en el Ecuador

El maíz tiene su origen en América donde existe pruebas concluyentes a hallazgos arqueológicos de que en el valle de Tehuacán al sur de México ya se cultivaba aproximadamente 4.600 años (Izquierdo, 2012). Es considerado el tercer cultivo más importante del mundo, después del arroz y el trigo, debido a su amplia adaptabilidad a diversas condiciones ecológicas y edáficas por lo que se cultiva en casi todo el mundo y se constituye en alimento básico para millones de personas, especialmente en América Latina. (NAANDANJAIN IRRIGATION, 2011). A nivel mundial se siembran 197,185.936 hectáreas de maíz, con una producción de 1,134,746.667 de toneladas anuales (FAO, 2017). Lo que convierte al maíz uno de los principales rubros económicos del mundo.

En Ecuador, el maíz se cultiva tanto en la costa como en la sierra, siendo su producción un rubro importante para el sector agropecuario, no solo por la importancia socio-económica que representa su uso directo en la alimentación humana y animal (Mera & Montaña, 2015). La FAO menciona que, en el año 2017 se cosecho alrededor de 358.882 ha con una producción total de 1,436.106 toneladas lo que lo convierte en un cultivo de mucha importancia en el país.

Fertilización Nitrogenada en el maíz

La fertilización del maíz debe efectuarse normalmente según los resultados de análisis del suelo, y las características en la zona de plantación (Bonilla, 2008). El maíz requiere cerca de 20 -25 kg/ha de nitrógeno (N) por cada tonelada de grano producida, Por ello, para producir 10.000 kg/ha de grano el cultivo se debe disponer alrededor de 200-250 kg de nitrógeno por ha, esta cantidad sería la demanda para este nivel de rendimiento (INTA, 2012) (Sellart, 2015).

Importancia del Nitrógeno en el maíz

El Nitrógeno llega hasta las raíces por un proceso llamado flujo masal, es decir transportado en la propia solución del suelo siguiendo un gradiente de potencial hídrico (flujo transpiratorio), cuando es absorbido en forma de nitratos (NO_3) representa un gasto de energía metabólica para la planta ya que se produce en contra de un gradiente electroquímico, a diferencia de la absorción en forma de amonio (NH_4), que se realiza mediante mecanismo pasivos que no demandan energía (Torres, 2018).

El N es importante para las plantas ya que el 1.5 a 3.5 % de peso seco de la planta requiere grandes cantidades de N, ya que este elemento limita el crecimiento y rendimiento del maíz (Ciampitti & Vyn, 2010).

Según Castro (2018), la importancia del Nitrógeno en la nutrición de las plantas, reside en:

- Alto efecto en el desarrollo foliar.
- Retarda la floración y maduración de los frutos.
- Está íntimamente relacionado con el color verde de la planta.
- Regula el crecimiento de la planta.
- Influye en la formación de los frutos.
- Influye en el peso y volumen de la planta
- Es el componente fundamental de las proteínas, aminoácidos, clorofila, ácidos nucleicos, hormonas, vitaminas y alcaloides.
- Confiere mayor resistencia a la planta en cuanto al acame, así como a las condiciones del medio.

Deficiencia de N

El maíz es sensible a la deficiencia de N, ya que esta deficiencia afecta la captación solar, afectando la fotosíntesis y por último el rendimiento de granos observándose mazorcas pequeñas con pocos granos, los síntomas de deficiencia son muy graves en plantas adultas, aparece en las hojas jóvenes, presentando un color verde claro; en la parte medias, que van de amarillo claro a café claro; y en las hojas más viejas se secan **Fig. 1** (Kumar & Kumar, 2011).



Figura 1. Planta de maíz con deficiencia de N. Se observa clorosis amarillo claro en las hojas jóvenes y necrosis café en la punta de las hojas viejas.

La mayor parte del N en las hojas de maíz está asociada con las proteínas del cloroplasto (alrededor de 60% del total de N en la hoja). Estas proteínas están sujetas a desdoblamiento y los aminoácidos resultantes se translocan dentro de la planta. La capacidad fotosintética de las hojas disminuye con la senescencia y con esto también se reduce el suplemento de asimilados de la fotosíntesis y el rendimiento de grano. Cuando existe deficiencia de N esta reducción ocurre más rápidamente y en consecuencia se forman mazorcas más pequeñas con menos granos (Fontanetto *et al*, 2001.) (Cherres, 2017).

La deficiencia de nitrógeno puede reducir la tasa de crecimiento del cultivo entre 15 y 59 % y la eficiencia de conversión entre 7% y 51%. De aquí se desprende la importancia fundamental que representa la fertilización nitrogenada ya que es el nutriente que en mayor medida limita su desarrollo de las plantas de maíz (Torres, 2018).

es altamente soluble en el suelo y susceptible a ser lixiviado en profundidad, contaminando así las aguas subterráneas (Gardiazabal *et al.*, 2007).

Los inhibidores de la ureasa retardan la conversión de la urea a amonio NH_4^+ conservando el N en forma de urea por un mayor periodo en el suelo. Lo cual reducirá la concentración de amonio presente en la solución del suelo reduciendo las pérdidas potenciales por volatilización y el daño sobre las plántulas o semillas. Los inhibidores de la ureasa retardan la conversión de urea a amonio en un rango de diez a doce días, este tipo de inhibidores se ven afectado por las condiciones ambientales (Henríquez *et al.*, 2011).

Fertilizantes nitrogenados de liberación controlada: son fertilizantes nitrogenados convencionales, como la urea, que tienen alta solubilidad en agua, a los cuales se añaden compuestos para el recubrimiento del gránulo que sirve de barrera física y controla el paso de N por difusión. Dentro de este tipo de fertilizantes existen varios compuestos que pueden ser utilizados para el recubrimiento del gránulo, como azufre (S), resinas plásticas, termoplásticos, poliuretano, polietileno, entre otros. Dentro de los fertilizantes nitrogenados de liberación controlada se encuentran los fertilizantes recubiertos con azufre, los recubiertos con azufre y polímeros y los recubiertos solo con polímeros (Guelfi, 2017).

Concepto de fertilizante

“Un fertilizante es cualquier sustancia o mezcla de sustancias orgánicas e inorgánicas que contienen uno o más de los elementos esenciales para la nutrición y fortalecimiento del mecanismo de defensa de las plantas que pueden ser aplicadas al suelo y al área foliar mejorando su productividad” (INEN, 2016).

Fertilizantes nitrogenados en el mercado

Tabla 1. Fertilizantes nitrogenados en el mercado (Intagri, 2019).

FERTILIZANTE	FORMULA QUIMICA	CONTENIDO %
AMONIACO ANHIDRO	NH_3	82-0-0
UREA	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	46-0-0
SULFATO DE AMONIO	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	20.5-0-0-24
NITRATO DE AMONIO	NH_4NO	35-0-0
FOSFONITRATO DE AMONIO	NH_4NO	31-03-0
FOSFATO MONOAMÓNICO (MAP)	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	12-61-0
FOSFATO DIAMÓNICO (DAP)	$(\text{NH}_4)\text{HPO}_4$	18-46-0
NITRATO DE POTASIO	KNO_3	13-14-0
NITRATO DE SODIO	NaNO_3	16-0-0
UREA-NITRATO DE AMONIO (UAN-32)	HNO_3	32-0-0

Clasificación de los fertilizantes nitrogenados modificados

Los fertilizantes de lenta liberación proporcionan a la planta los nutrimentos de forma eficaz, controlada y prolongada en el periodo de cultivo (Traxco, 2011), un ritmo que coincida con los requerimientos de nutrientes de una planta, a la vez que se reduce la pérdida de los fertilizantes convencionales (Rashidzadeh, 2014). Los nutrientes se encuentran disponibles en el suelo por un largo periodo de tiempo, para luego ser captados por la planta durante su ciclo fenológico (González *et al.*, 2005).

La utilización de los fertilizantes de lenta liberación se dio para resolver problemas económicos y ecológicos (Escamilla *et al.*, 2015), al reducir la mano de obra al momento de aplicar fertilizantes en los cultivos (Tian *et al.*, 2017). Se considera que los SFR (Slow-release Fertilizers) podrían reducir gradualmente la tasa de liberación de N y ser capaces de controlar las pérdidas de agua y N (Rashidzadeh, 2014), Así mismo acelera aún más el crecimiento rápido y el alto nivel nutricional (Lateef *et at.*, 2016).

Los fertilizantes nitrogenados estabilizados: son aquellos en los que la urea es tratada con aditivos para la estabilización del nitrógeno, los cuales son los inhibidores de la nitrificación y los inhibidores de la ureasa, en el caso de los inhibidores de la nitrificación los compuestos químicos son DmPP, DCD, tiosulfato y nitrapyrin. Y en el caso de los inhibidores de la ureasa están los NBPT, hidroquinona, cobre, boro y catecol (Guelfi, 2017).

Los inhibidores de la nitrificación son compuestos químicos que tienen como objetivo mantener el amonio NH_4^+ durante un prolongado periodo de tiempo para controlar la lixiviación del nitrato NO_3^+ , esto se da por inhibición de las bacterias Nitrosomonas (López *et at.*, 2009). La fertilización con los inhibidores de la nitrificación induce que el N permanezca en el suelo en forma de amonio, esto evita las pérdidas de N como nitrato que es altamente soluble en el suelo y susceptible a ser lixiviado en profundidad, contaminando así las aguas subterráneas (Gardiazabal *et al.*, 2007).

Los inhibidores de la ureasa retardan la conversión de la urea a amonio NH_4^+ conservando el N en forma de urea por un mayor periodo en el suelo. Lo cual reducirá la concentración de amonio presente en la solución del suelo reduciendo las pérdidas potenciales por volatilización y el daño sobre las plántulas o semillas. Los inhibidores de la ureasa retardan la conversión de urea a amonio en un rango de diez a doce días, este tipo de inhibidores se ven afectador por las condiciones ambientales (Henríquez *et al.*, 2011).

Fertilizantes nitrogenados de liberación controlada: son fertilizantes nitrogenados convencionales, como la urea, que tienen alta solubilidad en agua, a los cuales se añaden compuestos para el recubrimiento del gránulo que sirve de barrera física y controla el paso de N por difusión. Dentro de este tipo de fertilizantes existen varios compuestos que pueden ser utilizados para el recubrimiento del gránulo, como azufre (S), resinas plásticas,

termoplásticos, poliuretano, polietileno, entre otros. Dentro de los fertilizantes nitrogenados de liberación controlada se encuentran los fertilizantes recubiertos con azufre, los recubiertos con azufre y polímeros y los recubiertos solo con polímeros (Guelfi, 2017).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

La presente investigación se llevó a cabo en los predios de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí, ubicada en la parroquia Lodana del Cantón Santa Ana, provincia de Manabí, localizada geográficamente a $01^{\circ} 09' 51''$ de latitud Sur y $80^{\circ} 23' 24$ W de longitud Oeste con una altitud de 60 msnm (INHAMI, 2014).

Metodología

La investigación consistió en evaluar tres híbridos de alto rendimiento (Hercules, Dk 7088, Insignia 105) al efecto de fertilizantes con características de controlar la disponibilidad del Nitrogenado como son: Novatec-45 (Inhibidor de la Nitrificación) correspondiente al grupo de fertilizantes de lenta liberación del Nitrógeno, YaraVera amidas cuyo Nitrógeno es encapsulado con azufre, y el Cote N (2meses) encapsulado con Copolímero maleico-itacónico, ambos perteneciente al grupo de fertilizantes de liberación controlada del Nitrógeno. Además de la fertilización con urea como fertilizante convencional. La aplicación de los fertilizantes fue evaluada en tres momentos de aplicación correspondiendo a: 1. 100% en VE (emergencia), 2. 50% en VE emergencia y 50% en V6 (sexta hoja verdadera), 3. 20% en VE (emergencia), 40% en V6 (sexta hoja verdadera), 40% en V10 (decima hoja verdadera). La dosificación nutricional empleada fue de 250 kg N, 220 kg K₂O omitiendo la aplicación de Fosforo debido a la alta concentración del nutriente en el suelo utilizado en la investigación, además de no existir en el mercado fertilizante Fosforado en concentraciones puras sin mezcla con otros nutrientes.

Diseño experimental

El experimento estuvo conformado por 36 tratamientos resultantes de la combinación de tres factores que se muestran a continuación:

Factor A: Híbridos de maíz

- H1: Hércules
- H2: DK 7088
- Insignia 105

Factor B: Fertilizantes de lenta Liberación nitrogenada

- F1: Novatec-45 (Inhibidor de la Nitrificación)
- F2: YeraVera (Inhibidor de la Ureasea)
- F3: Cote N 2 (Copolímero maleico-itacónico)
- F4: Urea

Factor C: Frecuencia de aplicaciones

- C1: (100% VE¹)
- C2: (50% VE + 50% V6²)
- C3: (20% VE+40% V6 + 40% V10³)

Se realizó un diseño de bloques completamente al azar con un arreglo de parcelas sub divididas, donde las parcelas principales estarán designadas por los híbridos de maíz, parcelas secundarias por los fertilizantes nitrogenados de liberación lenta y Urea como fertilizante convencional y las parcelas terciarias por momento de aplicación de los fertilizantes. Los tratamientos fueron aplicados en parcelas de 21 m² (3 m x 7 m) conformados por 4 hileras de maíz. Se realizó un análisis de varianza ($p > 0.05$) y una comparación de medias mediante la Prueba Mínima Significativa (LSD 5%).

¹ VE: Emergencia

² V6: Hoja número 6

³ V10: Hoja número 10

Variables registradas

Rendimiento Se registró variables relacionadas al componente de rendimiento como: número de granos por mazorca, peso de 100 granos (g) y peso de granos por mazorca (g), en base a 10 mazorcas tomadas al azar del centro de la parcela neta. Para todas las variables se ajustó la humedad del grano al 14%.

El rendimiento se determinó por el peso de los granos provenientes de la parcela útil, ajustada al 14% de humedad y transformadas a kg/ha⁻¹. Para uniformizar el peso se empleó la siguiente formula:

$$PU(14\%) = \frac{Pa (100 - Ha)}{100 - Hd}$$

Donde:

- PU = Peso uniformizado (kg)
- Pa = Peso actual (kg)
- Ha = Humedad actual (%)
- Hd = Humedad deseada
- Para expresar el rendimiento en kg.ha⁻¹ se utilizó la formula siguiente:

$$Rend (kg/ ha^{-1}) = \frac{PU (10000 m^2)}{\text{Área parcela útil } (m^2)}$$

Donde:

- PU = Peso uniformizado (kg)

Materia seca total

Fue evaluada al finalizar el ciclo de vida del cultivo peso seco total de la parte aérea de las plantas comprendida entre los tejidos foliares y tallo.

Área foliar

El área foliar fue medida mediante método empírico se utilizará el modelo a través de la siguiente formula:

$$AF = (Longitud de hoja * Anchor de hoja) * 0.75$$

Índice de Clorofila

Se realizó con el uso de un medidor de índice clorofila SPAD 502 plus (Konica Minolta). Se tomaron diez plantas por unidad experimental y cada planta fue evaluada tres hojas.

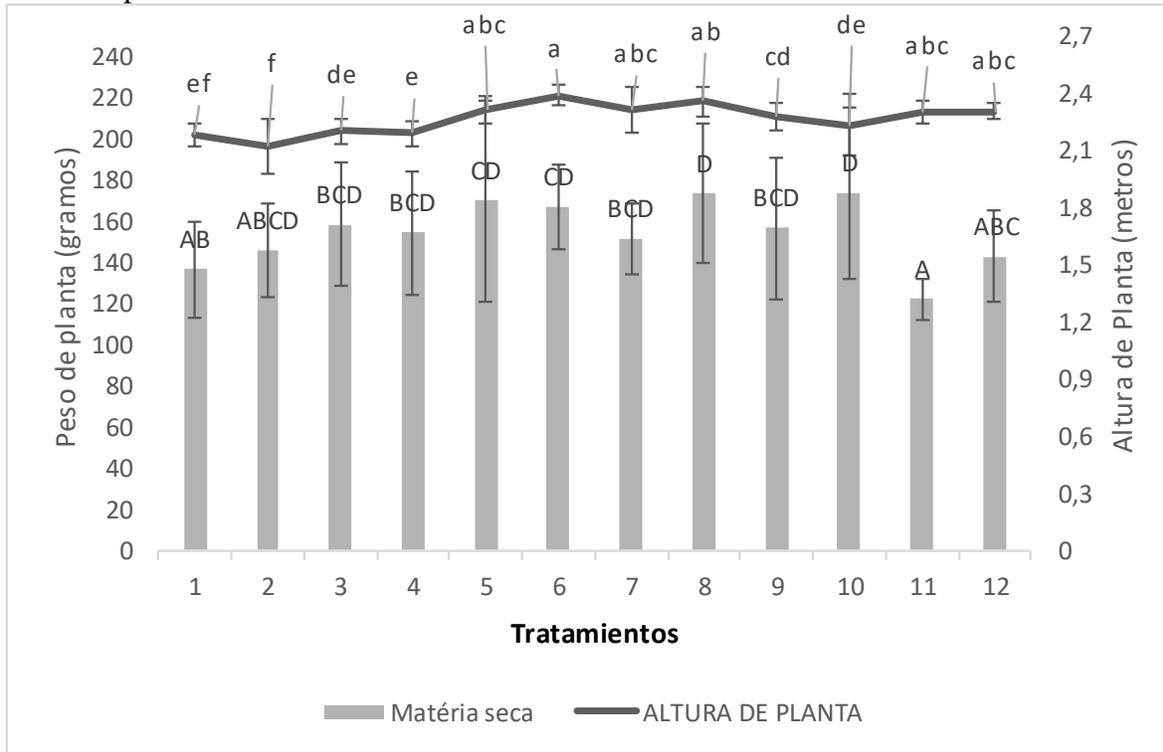
Altura de planta y diámetro de tallo

La altura se realizó cuando las plantas llegaron a floración tomando como referencia la inserción de la última hoja bien expandida. Tanto para la altura de planta y diámetro del tallo fueron elegidas al azar diez plantas por unidad experimental.

RESULTADOS

Los fertilizantes son el principal aporte en la producción de los cultivos explotados en grandes escalas como los cereales y granos, sin embargo, la cantidad de fertilización aplicado en los cultivos generalmente superan los niveles requeridos por las plantas conduciendo a perdidas de Nitrógeno por lixiviación, volatilización y desnitrificación (Guan *et al.*, 2014). No obstante, en el presente trabajo se han analizado tres tipos de fertilizantes caracterizados por características de evitar la liberación acelerada del nitrógeno para el cultivo de maíz, así como también los fraccionamientos necesarios para obtener un mejor uso eficiente del Nitrógeno aplicado en varios híbridos de maíz de alta producción.

Figura 2. Comparación de medias entre los tratamientos de las variables materia seca y altura de planta.

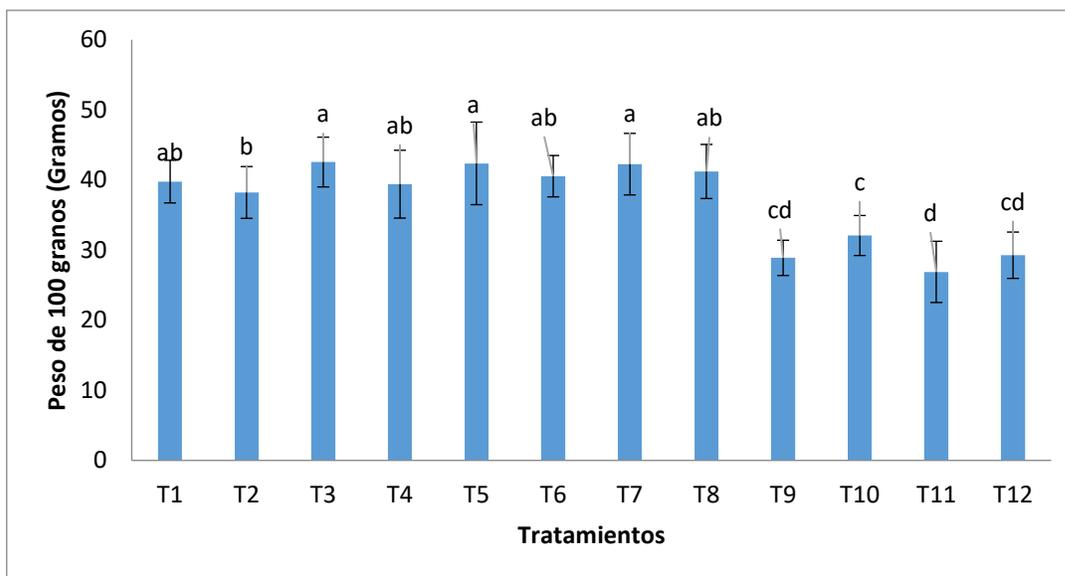


T1: HERCULES + NOVATE; T2 HERCULES + YERAVERA AMIDAS; T3: HERCULES + CUTE N; T4 HERCULES + UREA; T5 ISIGNIA + NOVATE; T6 ISIGNIA + YERAVERA AMIDAS; T7 ISIGNIA + COTE N; T8 ISIGNIA + UREA; T9 DEKAL + NOVATE; T10 DEKAL + YERAVERA AMIDAS; T11 DEKAL + COTE N; T12 DEKAL + UREA

El análisis de varianza no reporto significancia estadística ($P > 0.05$) para la interacción entre los híbridos x tipos de fertilizantes x frecuencias de aplicación, de igual manera para la

interacción entre los híbridos x frecuencia de aplicación de los fertilizantes en las variables evaluadas (Tabla 2). En la interacción entre los tipos de fertilizantes y frecuencia de aplicación, el análisis de varianza reporta alta significancia estadística ($P < 0.01$) en el peso de las mazorcas, y significativo ($P < 0.05$) en el peso de la tuza (Tabla 2). A través de los resultados obtenidos no existe un efecto claro sobre los tipos de fertilizantes, frecuencias de aplicación en el cultivo de maíz dentro de los híbridos utilizados,

Figura 3. Comparación de medias entre los tratamientos para la variable peso de 100 granos.



T1: HERCULES + YERAVERA AMIDAS; T2 HERCULES + NOVATE-45; T3: HERCULES + CUTE N; T4 HERCULES + UREA; T5 ISIGNIA + YERAVERA AMIDAS; T6 ISIGNIA + NOVATE-45; T7 ISIGNIA + COTE N; T8 ISIGNIA + UREA; T9 DEKAL + YERAVERA AMIDAS; T10 DEKAL + NOVATE-45; T11 DEKAL + COTE N; T12 DEKAL + UREA

Tabla 2. Análisis de las variables estudiadas en el ensayo.

VARIABLES	HIBRIDO A	FERTILIZANTE B	FRECUENCIA C	A x B	A x C	B x C	A x B x C
RENDIMIENTO	**	ns	ns	Ns	Ns	ns	ns
ÁREA FOLIAR	Ns	ns	ns	Ns	Ns	ns	ns
MATÉRIA SECA	*	ns	ns	*	Ns	ns	ns
ÍNDICE DE CLOROFÍLA	Ns	*	**	Ns	Ns	ns	ns
GRANOS/HILERA	**	ns	ns	Ns	Ns	ns	ns
HILERAS/MAZORCA	**	ns	ns	Ns	Ns	ns	ns
PESO DE MAZORCA	**	ns	ns	Ns	Ns	**	ns
PESO DE 100 GRANOS	**	ns	ns	*	Ns	ns	ns
PESO DE TUZA	*	ns	ns	Ns	Ns	*	ns
ALTURA DE PLANTA	*	ns	ns	*	Ns	ns	ns
DIAMETRO DE TALLO	Ns	ns	ns	Ns	Ns	ns	ns

Tabla 3. Comparación de medias de índice de clorofila, área foliar y materia seca.

VARIACIÓN	ÍNDICE DE CLOROFÍLA (U. Spad)	ÁREA FOLIAR (cm ²)	MATERIA SECA (gr)
HÍBRIDOS			
HERCULES	61,3±0,47 ^a	11765±522,5a	9847,19±316,15b
INSIGNIA	60,6±0,55 ^a	8583,3±235,5 a	10947,69±378,6a
DEKAL7088	59,8±0,73 ^a	10759,5±1261,8a	9844,42±413,07b
FERTILIZANTES			
NOVATEC-45	55±0,56 ^a	8733,4±421,3a	10217,26±525,33a
YARAVERA AMIDAS	54,2±0,66ab	9922±1515,7a	107120,63±367,49a
COTE N	52,3±0,59ab	8728,6±636,6a	9537,15±309,02a
UREA	53,9±0,69b	9484,4±598,8a	10377,37±408,02a
FRECUENCIAS DE APLICACIÓN			
100% VE	52,6±0,50 ^a	9217,2±509,9a	10514,64±393,98a
50% VE/50% V6	54±0,58ab	8544,8±424,0a	9808,53±384,56a
20% VE/40% V6/40% V10	55±0,53b	9889,4±1166,6a	10316,14±265,32a
C.V.	5,75	47,58	19,27

La interacción entre los híbridos x fertilizantes presento significancia estadística ($P < 0.05$) en altura de planta, materia seca y peso de 100 granos (Tabla 2). Sin embargo, el comportamiento entre cada uno de los híbridos evaluados mantuvo respuesta variadas en relación al efecto de los fertilizantes aplicados, no marcando una tendencia específica de un fertilizante sobre la altura, materia seca y peso de 100 granos (Figura 2 y 3).

Tabla 4. Comparación de medias de la variable altura de planta y diámetro de tallo

VARIACIÓN	ALTURA DE PLANTA (m)	DIAMETRO DE TALLO (cm ²)
HÍBRIDOS		
HERCULES	2,5±0,02b	24,6±0,47a
INSIGNIA	2,6±0,02a	24,1±0,55a
DEKAL7088	2,6±0,02a	25,6±0,73a
FERTILIZANTES		
NOVATEC-45	2,3±0,02a	22,3±0,56a
YARAVERA AMIDAS	2,3±0,02a	22,1±0,66a
COTE N	2,3±0,02a	21,5±0,59a
UREA	2,3±0,02a	22±0,69a
FRECUENCIAS DE APLICACIÓN		
100% VE	2,3±0,02a	22±0,50a
50% VE/50% V6	2,3±0,02a	22±0,58a
20% VE/40% V6/40% V10	2,3±0,02a	21,9±0,53a
C.V.	3,92	4,79

El efecto principal de las frecuencias o fraccionamiento en la fertilización evaluados enmarca alta significancia estadística ($P<0.01$) en el índice de clorofila (Tabla 2), al reportarse mayores unidades SPAD en los tratamientos cuya aplicación del fertilizante se la realizó en tres y dos fraccionamientos. No obstante, también existe diferencia significativa ente los fertilizantes evaluados, obteniendo mayor índice de clorofila los fertilizantes con moléculas que retrasan la liberación del Nitrógeno como el Novatec-45 en comparación a las aplicaciones de Urea (Tabla 3).

Tabla 5. Comparación de medias del rendimiento del cultivo, y variables asociadas.

VARIACIÓN	RENDIMIENTO (Kg/Ha)	GRANOS/HILERA (Unidad)	HILERAS/MAZORCA (Unidad)
HÍBRIDOS			
HERCULES	13558±211,7a	42±0,42a	18,6±0,15 ^a
INSIGNIA	11922,7±188,7b	41±0,35a	16,3±0,13b
DEKAL7088	10781,7±200,6c	38,6±0,45b	20,9±0,15c
FERTILIZANTES			
NOVATEC-45	10834,3±307,5a	36,6±0,42a	16,8±0,39 ^a
YARAVERA AMIDAS	10934,4±221,4a	35,7±0,40a	16,6±0,31 ^a
COTE N	10407,3±361,0a	35,9±0,57a	16,2±0,36 ^a
UREA	10801,6±265,1a	35,9±0,60a	16,5±0,40 ^a
FRECUENCIAS DE APLICACIÓN			
100% VE	10491±197,1a	36±0,41a	16,4±0,33 ^a
50% VE/50% V6	10942,8±248,5a	36,1±0,43a	16,6±0,31 ^a
20% VE/40% V6/40% V10	10799,4±302,6a	35,9±0,48a	16,6±0,31 ^a
C.V.	10,34	6,43	5,54

Entre los híbridos evaluados no se encontró significancia estadística ($p > 0.05$) en el área foliar, diámetro de tallo e índice de clorofila (Tabla 2); Sin embargo, en las variables que conforman los componentes del rendimiento como el número de granos de hilera, hileras por mazorca, peso de 100 de granos y el peso de la mazorca fue reportado alta significancia estadística ($p < 0.01$) (Tabla 2), además la altura de las plantas entre los híbridos reporta alta significancia estadística ($p < 0.01$) (Tabla 2). El mayor rendimiento de granos secos al 14% de humedad registrado fue en el híbrido Hércules en comparación al Insignia y DK, el cual está determinado por el mayor número de granos por hileras y el peso de los granos, y no por el número de hileras por mazorca (Tabla 5 y 6).

Tabla 6. Comparación de medias de las variables Peso de mazorca, peso de tusa y peso de 100 granos.

VARIACIÓN	PESO DE MAZORCA (gr)	PESO DE TUSA (gr)	PESO DE 100 GRANOS (gr)
HÍBRIDOS			
HERCULES	309,9±6,9a	49,4±1,0a	45±0,71a
INSIGNIA	283,3±5,6a	49,2±1,0a	46,8±0,76a
DEKAL7088	240,9±8,1b	42±1,2b	32,9±0,65b
FERTILIZANTES			
NOVATEC-45	256±10,0a	43,1±1,4a	37±1,37a
YARAVERA AMIDAS	245±5,8a	42±0,9a	36,9±0,92a
COTE N	248,8±10,8a	41,1±1,6a	37,2±1,62a
UREA	238,6±8,5a	40,5±1,2a	36,6±1,27a
FRECUENCIAS DE APLICACIÓN			
100% VE	241,4±6,8a	41±1,1a	36,4±1,15a
50% VE/50% V6	253,2±8,7a	41,8±1,1a	37,1±1,16a
20% VE/40% V6/40% V10	246,8±7,6a	42,2±1,2a	37,4±1,10a
C.V.	14,79	13,97	10,64

DISCUSIÓN

Para conciliar la demanda de aumentar la producción de alimentos para satisfacer la creciente población, se requiere una cantidad adecuada de fertilizante N para obtener rendimientos óptimos. Sin embargo, los aportes de fertilizantes con alto contenido de N en los ecosistemas han resultado en una menor eficiencia en el uso del N (NUE) y tienen efectos adversos en el medio ambiente, como la contaminación del aire y el agua, a través de la escorrentía superficial, la lixiviación, la volatilización del amoníaco (NH_3) y la desnitrificación (Liu *et al.*, 2019). Por lo tanto, es fundamental aumentar la NUE, mientras se reducen las pérdidas de N, para maximizar el beneficio económico y minimizar el impacto ambiental de los fertilizantes (Yao *et al.*, 2018). El uso de fertilizantes compuestos de acuerdo con las demandas de nutrientes de las plantas en diferentes etapas de crecimiento puede garantizar que el cultivo tenga cantidades suficientes de nutrientes durante toda su etapa de crecimiento mejorando en gran medida el rendimiento, al reducir el desperdicio de fertilizantes (Guan *et al.*, 2014); sin embargo, en esta investigación no se encontró efectos significativos en el rendimiento del maíz entre los fertilizantes aplicados con distintas características de liberación del Nitrógeno (Tabla 5 y 6). Generalmente el manejo del uso de agua como el riego a través de surcos (Chilundo *et al.*, 2016) y los suelos arenosos y degradados mantienen un efecto negativo directo sobre la eficiencia de uso de los fertilizantes Nitrogenados en el rendimiento del maíz debido a la alta tasa de volatilización del Amoniaco y lixiviación de los Nitratos (Zheng *et al.*, 2016), reportándose entre un 50 y 70% de perdida en la cantidad de nitrógeno aplicado (Madusanka *et al.*, 2017). Además, usar demasiado fertilizante nitrogenado también podría disminuir la tasa de utilización de nitrógeno, lo que no solo causaría un gran desperdicio de recursos y pérdidas económicas, sino que también podría tener un impacto adverso en el medioambiente (Hu *et al.*, 2012).

Las características de suelo empleados en la investigación (Anexos 1 y 2), reportados como suelos no degradados cuyos contenidos nutricionales se mantienen en rangos óptimos de producción, así también el uso de sistemas de riego por goteo empleado, no permite generar una expresión clara entre los tipos de fertilizantes de liberación controlada del Nitrógeno usados, manteniendo rendimientos similares en comparación a la urea convencional empleada en la fertilización del maíz (Tabla 5). Generalmente la urea se la caracteriza por no

ser fijada fácilmente por las partículas del suelo antes de la hidrolización ya que es una molécula orgánica neutra, estimando que solo el 30-50% de la dosis de nitrógeno aplicada como urea puede ser recuperada por las plantas (Xiaoyu *et al.*, 2013), sin embargo, aquí asumimos que mayormente dependerá del tipo del suelo y factores de manejo hídrico en los cultivos.

La fragmentación en las aplicaciones de los fertilizantes nitrogenados principalmente, son temas de extensos estudios, en el que recomiendan el mayor número de fragmentación posible para asegurar un mayor uso eficiente del Nitrógeno (Liu *et al.*, 2019), sin embargo, no se encontró diferencias estadísticas significativas en el rendimiento del maíz en los tres tipos de fragmentación realizada durante la aplicación de los fertilizantes Nitrogenados con liberación controlada, así tampoco con el testigo utilizando la Urea convencional (Tabla 5). No obstante, investigaciones previas demuestran la importancia sobre la profundidad de aplicación de los fertilizantes Nitrogenados logrando reducir la volatilización del Amoníaco y mejorar la eficiencia del Nitrógeno, al colocar la urea en el suelo en hoyos de 10 cm de profundidad (Yao *et al.*, 2018) y prolongando la disponibilidad del Nitrógeno hasta por dos meses adicionales.

CONCLUSIONES

- No existió diferencias en el rendimiento de los híbridos de maíz evaluado en respuesta a los tipos de fertilizantes Nitrógeno con distintos mecanismos de liberación del Nitrógeno.
- El comportamiento productivo en los maíces de alto rendimiento, se encuentre enmarcado mayormente en el parte genético con altos potenciales de producción que se puedan explotar.
- Bajo el sistema de producción el cual se condujo la investigación, las fragmentaciones de las dosis de aplicación de los fertilizantes Nitrogenados no causó variación en los rendimientos en los tres híbridos evaluados.

RECOMENDACIONES

Evaluar los fertilizantes con mecanismos de liberación del Nitrógeno controlado, en diferentes tipos y características de suelos, con la finalidad de obtener resultados relevantes hacia los productores evitando el gasto innecesario en fertilizantes con características que no logran dar un beneficio económico por los altos costos de adquisición.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acevedo Cristóbal, Estrada M, Mendoza J. (2009). “Concentraciones de nitrógeno en un suelo con diferentes espaciamientos de drenaje subterráneo en la Chontalpa, Tabasco”. Vol 25, N°1. p 70.
2. Albarenque Susana; Caviglia O.P; Melchiori Ricardo. (2012). “Evaluación de la eficiencia en el uso de Nitrógeno y respuesta a la fertilización Nitrogenada por ambiente en cultivo de maíz”. Publicación INTA EEA Paraná, CONICET, FCA-UNER. 1. P 2.
3. Allen S A. (1986). “Slow release nitrogen fertilizers. In Hauck R D. Nitrogen in crop production”.. p. 198.
4. Álvarez-Sánchez, Edna, Améndola-Massiotti, Ricardo, Cristóbal-Acevedo, David, & Soto-Barajas, Milton C.. (2014). Pérdidas de nitrógeno por lixiviación en una pradera mixta pastoreada en clima templado. *Revista fitotecnia mexicana*, 37(3), 271-278. Recuperado en 05 de febrero de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802014000300014&lng=es&tlng=es.
5. Barbieri Pa, Echeverría He, Saíenz Rozas y Maringolo M. (2010). “Fertilización de Maíz con Urea de liberación lenta: pérdida por volatilización y eficiencia de uso de nitrógeno”. Vol 28, p 57.
6. Bonilla, N. (2008). Manual de recomendaciones técnicas para el cultivo del maíz Instituto Nacional Inta. Innovación Y Transferencia De Tecnologías ISBN 978-9968-586-00-9
7. Casanova p, Manuel, & Benavides z, Carlos. (2009). Cartografía de las pérdidas potenciales de n-urea por volatilización en suelos de chile central. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 9(1), 14-25. <https://dx.doi.org/10.4067/s0718-27912009000100002>
8. Castro Luis. (2018). “Momentos de aplicación de la fertilización nitrogenada a base de sulfato de amonio en el cultivo de maíz choclo (*Zea mays* L.) en el valle del medio Piura” Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Escuela Profesional de Agronomía. Universidad Nacional de Piura. P 27. En línea:

<http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1255/AGR-CAS-PAN-18.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

9. Cherres, V. H. (2017). Efecto de la fertilización nitrogenada en función a la densidad de siembra para la producción de maíz choclo (*Zea mays* L.) en el Valle del Chira. Tesis. U.N.P. Piura. Perú. 63.p
10. Chilundo Mario, Joel Abraham, Wesstrom Ingrid, Brito Rui, Messing Ingmar. Effects of reduced irrigation doce and slow reléase fertiliser on nitrogen use effeciency and crop yield in a semi-arid loamy sand. *Agricultural Water Management*. Vol 168, p: 68-77.
11. Ciampitti I.A. Y T.J. Vyn. 2010. A comprehensive study of plant density consequences on nitrogen uptake dynamics of maize plants from vegetative to reproductive stages. *Field Crops Research*. Purdue University's. USA.
12. Corrales Maykoll, Rada Fermín y Jaimez Ramón. (2015). “Efecto del nitrógeno en los parámetros fotosintéticos y de producción del cultivo de la gerbera (*Gerbera jamesonii* H. Bolus ex Hook. f.)”. Vol. 65, N° 3. p 256.
13. Delin, S. y M. Stenberg. 2014. Effect of nitrogen fertilization on nitrate leaching in relation to grain yield response on loamy sand in Sweden. *Eur. J. Agron*. 52, 291-296. Doi: 10.1016/j.eja.2013.08.007
14. Escamilla Nohemí, Obrador José, Carillo Eugenio y Palma David. (2005). “Uso de fertilizantes de liberación controlada en plantas de teca (*Tectona grandis*), en la etapa de vivero”. Vol. 38, N° 3. p. 329.
15. FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura). (2017). “Producción, rendimiento, área sembrada de cultivo del maíz en el mundo datos”. Consultado en línea el 15 de enero del 2019 en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
16. FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura). (2017). “Producción, rendimiento, área sembrada de cultivo del maíz en el Ecuador datos”. Consultado en línea el 15 de enero del 2019 en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>

17. Gardiazabal.F, Mena F. y Magdahl, C. (2007). “Efecto de la fertilización con inhibidores de la nitrificación (Entec® Solub 21) en paltos (*Persea americana* Mill) cv. Hass”. Vol. 12. P 3.
18. González Mayra, Rodríguez M, Hernández María, Rodríguez C, Rieumont Jacques, Cuesta Ernesto, Sardinias C y Morales Ada. (2005). “Obtención de un fertilizante de liberación lenta y controlada enriquecido con diferentes plantas marinas”. Vol. XVII, N° 3. p. 26.
19. Guan Yu, Song Chao, Gan Yantai y Li Feng-Min. (2014). Increased maize yield using slow-release attapulгите-coated fertilizers. *Agron. Sustain. Dev.* Vol.34. p: 657-665.
20. Henríquez Sergio, Jiménez Francisco y Rodríguez Juan Francisco. (2011). Fertilizantes de Última Tecnología: Alternativa para la Mejor Nutrición y Producción de Cultivos en Colombia. p 22-23.
21. Herber G. (2015). “Fertilización nitrogenada en arroz con fuentes de liberación controlada aplicadas a la siembra”. P 1.
22. Hu Hengyu, Ning Tangyuan, Li Zengjia, Han Huifang, Zhang Zongzheng, Qin Shujun, Zheng Yanhai. (2012). Coupling effects of urea types and subsoiling on nitrogen-water use and yield of different varieties of maize in northern China. *Field Crops Research.* Vol 142, p: 85-94.
23. IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). (2007). “Ahorro, eficiencia energética y fertilización nitrogenada”. p 15.
24. INTA, 2012. Evaluación de la Eficiencia en el uso de Nitrógeno y Respuesta A La Fertilización Nitrogenada por Ambiente En El Cultivo de Maíz. Boletín Informativo. P. 7.
25. INTAGRI (2019). Fertilizantes Nitrogenados en el Mercado. Consultado el 22 de enero del 2019 en: <https://www.intagri.com/index.php/articulos/nutricion-vegetal/guia-de-fertilizantes-nitrogenados-para-cultivos>
26. Izquierdo Raúl. (2012). “Evaluación del cultivo de maíz (*Zea mays*), como complemento a la alimentación de bovinos de leche en épocas de escasez de alimento. Cayambe – Ecuador”. Tesis a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario. Carrera de ingeniería Agropecuaria. Universidad Politécnica Salesiana sede Quito p 22.

27. J.G. Silva, M.G.C. Franc, F.T.F. Gomide, J.R. Magalhaes Different nitrogen sources affect biomass partitioning and quality of potato production in a hydroponic system Am. J. Potato Res., 90 (2013), pp. 179-185
28. Lateef Ambreen, Nazir Rabia, Jamil Nadia, Alam Shahzad, Shah Raza, Khan Muhammad y Saleem Murtaza. (2016). “Synthesis and characterization of zeolite based nano-composite: An environment friendly slow release fertilizer”. Vol 232. p 175.
29. López Díez, Antonio José ; Mercedes Arauzo, ; Martínez Bastida, Juan José. (2009). “Uso de inhibidores de la nitrificación para reducir la contaminación por nitrato en el cultivo de maíz”. p 156- 157.
30. Liu Siyi, Chi Qiaodong, Cheng Yi, Zhu Bo, Li Wenzhou, Zhang Xifeng, Huang Yaqiong, Muller Christoph, Cai Zucong, Zhang Jinbo. (2019). Importance of matching soil N transformations, crop N form preference, and climate to enhance crop yield and reducing N los. Science of the Total Environment. Vol 657, p: 1265-1273.
31. Madusanka Nadeesh, Sandaruwan Chanaka, Kottegoda Nilwala, Sirisena Dinaratne, Munaweera Imalka, De Alwis Ajith, Karunaratne Veranja y Amaratunga Gehan. (2017). “Urea-hydroxyapatite-montmorillonite nanohybrid composites as slow release nitrogen compositions”. Vol. 150.
32. MAG. (Ministerio de Agricultura y Ganadería). (2016). Rendimiento del maíz. Consultado el 15/12/2017 de:<http://sinagap.agricultura.gob.ec/index.php/estudios-del-agro/rendimiento-del-maiz>
33. Martínez Fabio, Sarmiento Jenny, Gerhard Fischer y Jiménez Francisco. (2008). “Efecto de la deficiencia de N, P, K, Ca, Mg y B en componentes de producción y calidad de la uchuva (*Physalis peruviana* L.)”. Vol. 26, N° 3. P 390.
34. Melchiori Ricardo, Albarenque Susana, Schulz Susana, Kemerer Alejandra, Bedendo Dante. (2009). “Determinación de zonas de manejo mediante relevamiento de suelos y herramientas informáticas”. P 1.
35. Mendoza Elos. Enríquez Andrio. Goiz Juarez. Villagómez Mosqueda. Moreno Latournerie. Najera Castañón. Benítez López. Moreno Martínez. (2006). “Contenido de lisina y triptófano en genotipos de maíz de alta calidad proteica y normal.

- Universidad y Ciencia, Vol. 22, numero 002. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Villa hermosa, México pp. 153-161.
36. Mera Gabriel & Montaña Christian. (2015). “Evaluación de Arreglos Espaciales y Densidades Poblacionales en Híbridos de Maíz Comercial en Zonas de Bosque Tropical Seco durante la Época Lluviosa”. Tesis final de graduación. Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción. Escuela superior politécnica del litoral. Guayaquil p 7. En línea: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/89284/D-88081.pdf>
37. Monsalve Jordán, Escobar René, Acevedo Manuel, Sánchez Manuel y Coopman Rafael. (2009). “Efecto de la concentración de nitrógeno sobre atributos morfológicos, potencial de crecimiento radical y estatus nutricional en plantas de *Eucalyptus globulus* producidas a raíz cubierta”. Vol 30, N° 2. P 89.
38. Mora Sandra, Gavi Francisco, Peña Juan, Pérez Jesús, Tijerina Leonardo y Vaquera Humberto. (2007). “Desnitrificación de un fertilizante de lenta liberación y urea + fosfato monoamónico aplicados a trigo irrigado con agua residual o de pozo”. Vol 23, N° 1. p 26.
39. NAANDANJAIN IRRIGATION. 2011. maíz (en línea). Consultado 10 de enero de 2016. disponible en http://es.naandanjain.com/uploads/crop%20booklets/spanish/corn_america_latina_2804.
40. Nardi Pierfrancesco, Neri Ulderico, Di Mateo Giovanni, Trinchera Alessandra, Napoli Rosario, Farina Roberta y Benedetti. (2017). “Nitrogen Release from Slow-Release Fertilizer in Soils with different Microbial Activity”. Vol 131. P 4.
41. Nardi Pierfrancesco, NERI Ulderico, DI MATTEO Giovanni, TRINCHERA Alessandra, NAPOLI Rosario, FARINA Roberta, SUBBARAO Guntur, BENEDETTI Anna. (2017). “Nitrogen Release from Slow-Release Fertilizers in Soils with different Microbial Activity”. p 3.
42. Rabat Nurul, Hashim Shahrir y Majid Rohah. (2016). “Effect of different monomers on water retention properties of Slow release fertilizer hydrogel”. Vol. 148. p 201.
43. Rashidzadeh, Azam. (2014). “Slow-Released NPK Fertilizer Encapsulated”.

44. Rodríguez Laura, Sombrero Aurora, Cedrúm Marta. (2014). “Efectos de la fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz”. N° 233. p 44-45.
45. Rogers, Maarilyn. (2015). “Fertilizantes nitrogenados de liberación lenta”. p 6
46. Sellart, Ignacio. (2015). “Evaluación de la respuesta a la fertilización variable nitrogenada en maíz en el norte de la provincia de Buenos Aires (Arrecifes)”. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. p 5.
47. Sharma, M. K. y P. Kumar. 2011. A guide to Identifying and Managing Nutrient Deficiencies in Cereal Crops. (K. Majumdar, T. Satyanarayana, R. Gupta, M. L. Jat, G.D. Sulewsky, D. L. Armstrong Eds.) Instituto Internacional de Nutrición Vegetal (ipni), Norcross, ga, eua. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, El Batán, México. 50 p. isbn: 978-0-9629598-9-9 © Copyright 2011, Instituto Internacional de Nutrición Vegetal.
48. Soca Miguel y Constanza Martha. (2015). “La zeolita y su efecto en la eficiencia del nitrógeno en arroz y maíz” Vol 32, N° 2. p 48.
49. Tian Xiaofei, Li Chengliang, Zhang Min, Li Tao, Lu Yanyan y Liu longfei. (2017). “Controlled release urea improved crop yields and mitigated nitrate leaching under cotton-garlic intercropping system in a 4- year field trial”. Vol 175. p 158.
50. Torres Fernando. (2018). “Evaluación de la eficiencia de fertilización nitrogenada con la aplicación de inhibidor de la ureasa (NBPT) sobre el rendimiento en grano de maíz” Trabajo final de la Carrera de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencia Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de la Plata. P 5. En línea:http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/67924/Documento_completo_.PDF.pdf-PDFA1b.pdf?sequence=1&isAllowed=y
51. Traxco. (2011). “Fertilizantes de liberación lenta”. Disponible en <https://www.traxco.es/blog/labores-del-campo/fertilizantes-de-liberacion-lenta>
52. Trenkel, Martin. (2010). “Slow- and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture”.
53. Vera, Fabian. (2016). “Reacción del cultivo de maíz (Zea maíz L.) a la aplicación del fertilizante de liberación controlada en la zona de Vinces Ecuador” Tesis final de

- Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencia para el Desarrollo. Universidad de Guayaquil. p 5.
54. Wen Peng, Han Yajie, Wu Zhansheng, He Yanhui, Ye Bang-Ce, Wang Jun. (2017). “Rapid synthesis of a corncob-based semi-interpenetrating polymer network slow-release nitrogen fertilizer by microwave irradiation to control water and nutrient losses”. Vol 10. p 923.
 55. Xiaoyu Ni, Yuejin Wu, Zhengyan Wu, Lin Wu, Guannan Qiu, Lixiang Yu. 2013. A novel slow-release urea fertiliser: Physical and chemical análisis of its structure and study of its reléase mechanism. Biosystem Engineering. Vol 115, p: 274-282.
 56. Yamamoto Cintia, Pereira Elaine, Mattaso Luiz, Matsunaka Teruo y Ribeiro. (2016). “Slow reléase fertilizers based on urea/urea-formaldehyde polymer nanocomposites”. Vol 287. P 391.
 57. Yao Yuanlin, Zhang Min, Tian Yuhua, Zhao Miao, Zhang Bowen, Zhao Meng, Zeng Ke, Yin Bin. 2018. Urea deep placement for minimizing NH₃ loss in an intensive rice cropping system. Field Crops Research. Vol 218, p: 254-266.
 58. Yang Yang, Ni Xiaoyu, Zhou Zijun, Yu Lixiang, Liu Binmei, Yang Ye y Wu Yuejin. (2017). “Performance of matrix- based slow-release urea in reducing nitrogen loss and improving maize yields and profits”. Vol 212.
 59. Zérega Luis y Hernández Teófilo. (1998). “Efecto del nitrógeno orgánico y mineral sobre el rendimiento de la caña de azúcar”. Vol 10, N° 3. p 64.
 60. Zheng Wenkui, Zhang Min, Liu Zhiguang, Zhou Hongyn, Lu Hao, Zhang Witao, Yang Yuechao, Li Chengliang, Chen Baocheng. (2016). Combining controlled-release urea and normal urea to improve the nitrogen use efficiency and yield under wheat-maize double cropping system. Field Crops Research. Vol, 197, p: 52-62.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo Intercambio catiónico

	ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE" LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Apartado 24 Quevedo - Ecuador Teléf. 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec
---	---

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : Mendoza Vera Ribin Jouseel Dirección : mendozaribin@gmail.com Ciudad : Portoviejo Teléfono : Fax :	DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : La Teodomira Provincia : Manabí Cantón : Santa Ana Parroquia : Ubicación :	PARA USO DEL LABORATORIO Cultivo Actual : Maíz N° de Reporte : 4145 Fecha de Muestreo : 01/06/2018 Fecha de Ingreso : 01/06/2018 Fecha de Salida : 19/06/2018
---	---	---

N° Muest.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	(meq/l)½	ppm	Textura (%)			Clase Textural
	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	Mg	K	K	Σ Bases	RAS	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
89740					0,6 B	8,1	1,88	17,05	20,22						



INTERPRETACION						ABREVIATURAS			METODOLOGIA USADA			
Al+H, Al y Na		C.E.			M.O. y Cl		C.E.			M.O.		
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo	C.E. = Conductividad Eléctrica		C.E. = Conductímetro			M.O. = Titulación de Welkley Black			
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio	M.O. = Materia Orgánica			RAS = Relación de Adsorción de Sodio			Al+H = Titulación con NaOH		
T = Tóxico			A = Alto									

[Signature]
RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUA

La muestra será guardada en el laboratorio por tres meses. Tiempo en el que no aceptamos reclamos en los resultados.

RESPONSABLE LABORATORIO

Anexo 2. Análisis de suelo contenido nutricional

	ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE" LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Apartado 24 Quevedo - Ecuador Telef: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec
---	---

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : Mendoza Vera Ribin Jouseel Dirección : mendozaribin@gmail.com Ciudad : Portoviejo Teléfono : Fax :	DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : La Teodomira Provincia : Manabi Cantón : Santa Ana Parroquia : Ubicación :	PARA USO DEL LABORATORIO Cultivo Actual : Maiz N° Reporte : 4145 Fecha de Muestreo : 01/06/2018 Fecha de Ingreso : 01/06/2018 Fecha de Salida : 19/06/2018
---	---	--

N° Muest.	Datos del Lote		pH	ppm		meq/100ml					ppm															
	Identificación	Area		NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B												
89740	Muestra 1		6,3	LAc	9	B	22	A	1,12	A	17	A	2,1	A	21	A	2,8	M	3,0	M	16	B	2,1	B	0,54	M



INTERPRETACION					METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES	
pH					pH		Olsen Modificado	
MAc = Muy Acido	LAc = Liger. Acido	LAl = Lige. Alcalino	RC = Requiere Cal	Elementos: de N a B		N,P,B = Colorimetria	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	
Ac = Acido	PN = Prac. Neutro	MeAl = Media. Alcalino	B = Bajo	M = Medio	A = Alto	S = Turbidimetria	Fosfato de Calcio Monobásico	
MeAc = Media. Acido	N = Neutro	Al = Alcalino				K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn = Absorción atómica	BS	


 RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS

La muestra será guardada en el Laboratorio
 por un mes. Tiempo en el que no se podrán
 reclamar los resultados.


 RESPONSABLE LABORATORIO