

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**USO DEL POLIMERO NUTRISPHERE-N PARA EL RECUBRIMIENTO DE
UREA Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO Y EFICIENCIA AGRONOMICA
DEL CULTIVO DE MAIZ (*Zea mays L.*).**

POR:

FRANKLIN OMAR MEZA ENAMORADO

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO**



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A

DICIEMBRE, 2013

USO DEL POLIMERO NUTRISPHERE-N PARA EL RECUBRIMIENTO DE UREA
Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO Y EFICIENCIA AGRONOMICA
DEL CULTIVO DE MAIZ (*Zea mays L*).

POR:

FRANKLIN OMAR MEZA ENAMORADO

GUSTAVO RAMÓN LÓPEZ, M. Sc.

Asesor Principal

TESIS

PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A

DICIEMBRE, 2013

DEDICATORIA

A **DIOS** todo poderoso, por darme la sabiduría, conocimiento y por sobre todo la paciencia necesaria para poder culminar mi meta con mucha satisfacción.

A mi hermosa,preciada y querida madre que tanto amo **Anaidia Enamorado Perdomo**, ya que es ella una de las personas que inspira mi camino, me brinda su cariño y transmite esa fuerza y seguridad que tanto he necesitado en mi vida.

A mi muy querido padre **Francisco Meza Mejía** por forjarme como persona, ya que sin su enseñanza, apoyo y cariño no sería quien ahora soy.

A mis hermanos **Desde el Más Pequeño Hasta el Más Grande** ya que son parte primordial en mi vida y así como unos me inspiran (grandes) quiero ser fuente de inspiración para otros (pequeños), lo cual me enorgullecería mucho.

Al resto de la **Familia** que siempre ha estado ahí para brindarme su apoyo y cariño, todo es por un propósito y sin ellos no podría ser posible.

A esos muy queridos **Amigos** que han estado siempre ahí para mí, en verdad aprecio su amistad (Kevin Fernando Granados, Víctor Medina, Allan Márquez, Gerardo Peñalba).

Al mis amigos del equipo **Taekwondo** en especial a los que los que siempre estuvimos siempre ahí haciendo el esfuerzo sin darnos por vencido a pesar de todo, sin olvidarme de mi maestro **Martin Alonzo Benegas**, que más que un maestro para mí es mi amigo.

A todo ese resto de personas **Que se** lo mucho que me quieren y desean lo mejor para mí, esto con mucho cariño, es también para ellos. Gracias!!

AGRADECIMIENTOS

Por sobre todo a **Dios** porque en la razón de mi fe sé que siempre esta con migo.

A la **Universidad Nacional de Agricultura** por haberme brindado la oportunidad de Realizar mis estudios y formarme como profesional.

Agradecimiento especial

Al **M. Sc. Gustavo Ramón López**, por su confianza para con migo, su muy apreciado tiempo, apoyo, enseñanza y por sobre todo su amistad, de lo cual estaré muy agradecido y tendré siempre presente.

A mis asesores: **M. Sc. José Trinidad Reyes, M. Sc. Carlos Humberto Amador** por su orientación y apoyo en la realización de mi trabajo de investigación.

A mis **Padres** ya que sin ellos absolutamente nada de esto hubiera podido ser posible.

A mis **Hermanos** por su apoyo y cariño incondicional.

A mis compañeros^R, con los cuales inicie este muy importante eslabón de mi vida y a los compañeros de la clase Kayros por recibirme de una manera muy agradable, doy gracias por ello.

A mis compañeros del **Cuarto 10 H⁵**: Allan, Amado, Hernán, Kervin, Randall, Héctor y Oslan, con los cuales estaré siempre muy agradecido por su confianza y amistad.

A **Any Estefany** por todo lo que es con migo en verdad aprecio eso.

A todas esas personas que en su momento formaron y seguirán formando parte **importante de mi vida.**

CONTENIDO

ACTA DE SUSTENTACION.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	1
2.1 General.....	1
2.2 Específicos	1
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3.1 El nitrógeno en las plantas	3
3.2 Nitrógeno en el suelo	3
3.3 Movimiento del nitrógeno en el suelo.....	4
3.4 Formas utilizables de nitrógeno	4
3.5 Requerimientos de nitrógeno en maíz.....	5
3.6 Deficiencias de nitrógeno en maíz	5
3.7 Principales pérdidas de nitrógeno	6
3.7.1 Lixiviación del nitrato.....	6
3.7.2 Desnitrificación.....	7
3.7.3 Volatilización del amonio	7
3.8 Fertilizantes nitrogenados	7
3.8.1 Urea.....	7
3.9 Uso eficiente de fertilizantes nitrogenados	8

3.9.1 Nutrisphere-N	8
IV. MATERIALES Y MÉTODO.....	10
4.1 Ubicación del ensayo	10
4.2 Materiales y equipo	10
4.3 Diseño experimental y tratamientos.....	10
4.4 Manejo del experimento	11
4.4.1 Preparación del terreno	11
5.4.2 Siembra	11
4.4.3 Fertilización general	11
4.4.4 Fertilización y tratamientos	12
4.3.5 Control de malezas.....	13
4.3.6 Control de plagas y enfermedades	13
4.3.6 Cosecha	13
4.5 Variables evaluadas	14
4.5.1 Altura de planta.....	14
4.5.2 Diámetro de tallo	14
4.5.3 Número de hojas verdes y secas	14
4.5.5 Días a floración femenina	14
4.5.6 Días a floración masculina.....	15
4.5.7 Índice de clorofila	15
4.5.8 Acame de raíz	15
4.5.9 Acame de tallo	15
4.5.10 Altura de mazorca.....	15
4.5.4 Número de entrenudos	16
4.5.11 Número de plantas cosechadas	16
5.5.12 Número de mazorcas por planta	16
4.5.13 Porcentaje de pudrición de mazorca	16
4.5.14 Longitud de la mazorca.....	16
4.5.15 Diámetro de mazorca	16
4.5.16 Número de hileras por mazorca	17
4.5.17 Número de granos por hilera	17
4.5.18 Peso de 100 granos	17
4.5.19 Índice de cosecha	17

4.5.20 Rendimientos del maíz (Kg ha^{-1})	17
4.6 Análisis económico	18
4.7 Análisis Estadístico	18
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
5.1 Altura de planta.....	19
5.2 Diámetro de tallo.....	20
5.3 Número de hojas verdes y secas	22
5.4 Días a floración femenina y masculina	23
5.5 Acame de raíz y tallo	24
5.6 Altura de mazorca	25
5.7 Número de entrenudos	26
5.8 Número de plantas cosechadas	26
5.9 Número de mazorcas por planta.....	27
5.10 Porcentaje de pudrición de mazorca	28
5.11 Longitud de mazorca.....	29
5.12 Diámetro de mazorca	30
5.13 Número de hileras por mazorca	31
5.14 Número de granos por hilera.....	32
5.15 Peso de 100 granos.....	33
5.16 Índice de cosecha	34
5.17. Índice de clorofila	35
5.18. Rendimiento	36
5.19 Análisis económico	38
VI. CONCLUSIONES.....	40
VII. RECOMENDACIONES.....	41
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	42
ANEXOS	48

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de tratamientos evaluados en el experimento.....	12
Cuadro 2. Resultados de las correlaciones lineales de Pearson entre las variables bajo estudio.....	38
Cuadro 3. Análisis económico relación beneficio costo parcial para cada tratamiento.	39

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Resultados promedios para la variable altura de planta (Etapa vegetativa y final). Ciclo 2013-A.....	20
Figura 2. Resultados promedios para la variable diámetro de planta a los 30, 60 y 90 DDS. Ciclo 2013-A.	21
Figura 3. Promedios para la variable número de hojas (Secas y verdes) a los 30, y 60 DDS. Ciclo 2013-A.	22
Figura 4. Resultados promedio para la variable días a floración femenina y masculina. Ciclo 2013-A.	23
Figura 5. Resultados promedio para la variable altura de mazorca. Ciclo 2013-A.....	25
Figura 6. Resultados promedio para la variable número de entrenudos. Ciclo 2013-A.	26
Figura 7. Resultados promedio para la variable número de mazorcas por planta. Ciclo 2013-A.	27
Figura 8. Resultados promedio para la variable porcentaje de pudrición de mazorca. Ciclo 2013-A.	28
Figura 9. Resultados promedio para la variable longitud de mazorca. Ciclo 2013-A...	29
Figura 10. Resultados promedio para la variable diámetro de mazorca. Ciclo 2013-A.	30
Figura 11. Resultados promedio para la variable número de hileras por mazorca. Ciclo 2013-A.	31
Figura 12. Resultados promedio para la variable número de granos por hilera. Ciclo 2013-A.	32
Figura 13. Resultados promedio para la variable peso de 100 granos. Ciclo 2013-A. .	33
Figura 14. Resultados promedio para la variable índice de cosecha. Ciclo 2013-A.	34
Figura 15. Grafica cuadrática de regresión para la variable índice de clorofila vs dosis de nitrógeno como urea con recubrimiento de nutrisphere-n. Ciclo 2013-A.....	35
Figura 16. Grafica cuadrática de regresión para la variable rendimiento vs dosis de nitrógeno como urea con recubrimiento de nutrisphere-n. Ciclo 2013-A.....	37

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo.....	49
Anexo 2. Esquema simplificado de la acción de la enzima ureasa.	49
Anexo 3. Número de plantas cosechadas.....	49
Anexo 4. Análisis de varianza para la variable altura de planta a los 30 DDS.	49
Anexo 5. Análisis de varianza para la variable altura de planta a los 60 DDS.	49
Anexo 6. Análisis de varianza para la variable altura de planta a los 90 DDS.	50
Anexo 7. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo a los 30 DDS.....	50
Anexo 8. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo a los 60 DDS.....	50
Anexo 9. Análisis de la varianza para la variable diámetro de tallo a los 90 DDS.....	50
Anexo 10. Análisis de varianza para la variable número de hojas verdes a los 30 DDS.	51
Anexo 11. Análisis de varianza para la variable número de hojas verdes a los 60 DDS.	51
Anexo 12. Análisis de varianza para la variable número de hojas secas a los 60 DDS.	51
Anexo 13. Análisis de varianza para la variable días a floración femenina.....	51
Anexo 14. Análisis de varianza para la variable días a floración masculina.	52
Anexo 15. Análisis de varianza para la variable altura de mazorca.....	52
Anexo 16. Análisis de varianza para la variable número de entrenudos.....	52
Anexo 17. Análisis de varianza para la variable número de mazorcas por planta.	52
Anexo 18. Análisis de varianza para la variable porcentaje de pudrición de mazorca.	53
Anexo 19. Análisis de varianza para la variable longitud de mazorca.	53
Anexo 20. Análisis de varianza para la variable diámetro de mazorca.....	53
Anexo 21. Análisis de varianza para la variable número de hileras por mazorca.....	53
Anexo 22. Análisis de varianza para la variable número de granos por hilera.	54
Anexo 23. Análisis de varianza para la variable peso de 100 granos.	54
Anexo 24. Análisis de varianza para la variable índice de cosecha.	54
Anexo 25. Análisis de la varianza para la regresión índice de clorofila vs dosis de nitrógeno como urea recubierto con Nutrisphere-n.....	54
Anexo 26. Análisis de la varianza para la regresión rendimiento vs dosis de nitrógeno como urea recubierta con Nutrisphere-n.....	55
Anexo 27. Esquema de liberación del polímero Nutrisphere-n	55
Anexo 28. Croquis de campo.....	55
Anexo 29. Cronograma de actividades.	56

Meza Enamorado FO. 2013. Uso del polímero Nutrisphere-N para el recubrimiento de urea y su efecto en el rendimiento y eficiencia agronómica del cultivo de maíz (*Zea mays L.*). Tesis Ing. Agr. Catacamas, Olancho, Honduras. Universidad Nacional de Agricultura. 67 p.

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la Universidad Nacional de Agricultura con el objetivo de evaluar el uso de urea recubierta con el polímero Nutrisphere-N y su efecto en el comportamiento agronómico del cultivo de maíz (*Zea mays L.*). Se evaluaron cinco tratamientos distribuidos en un diseño de bloques completos al azar, los cuales consistieron en: Tratamiento T1(250 kg de N ha⁻¹+ 1,100 ml de Nutrisphere-N ha⁻¹), T2 (187.5 kg de N ha⁻¹+ 900 ml de Nutrisphere-N ha⁻¹), T3 (125 kg de N ha⁻¹+ 600 ml de Nutrisphere-N ha⁻¹), T4 (250 kg de N ha⁻¹ sin Nutrisphere-N) y T5 (sin fertilización). Se evaluó la altura de planta; diámetro de tallo; número de hojas verdes y secas; días a floración femenina y masculina; índice de clorofila; acame de raíz y de tallo; altura de mazorca; número de entrenudos; número de plantas cosechadas; número de mazorcas por planta; porcentaje de pudrición de mazorca; longitud de mazorca; diámetro de mazorca; número de hileras por mazorca; número de granos por hilera; peso de 100 granos; índice de cosecha y rendimiento. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza y en el caso del índice de clorofila y rendimiento se realizó un análisis de regresión lineal simple. Los tratamientos con la aplicación de nitrógeno como urea con recubrimiento de Nutrisphere-N mostraron los mayores rendimientos; estos correspondieron a 250 Kg de N ha⁻¹ con recubrimiento, 250 Kg de N ha⁻¹ sin recubrimiento; 187.5 Kg de N ha⁻¹ con recubrimiento y 125 Kg de N ha⁻¹ con recubrimiento para 9,409 Kg, 8,924 Kg, 8,711 Kg y 8,192 Kg ha⁻¹ respectivamente. La aplicación del equivalente a 125 Kg de N ha⁻¹ con Nutrisphere-N mostro la mejor relación beneficio costo parcial.

Palabras claves: Maíz, dosis, nitrógeno, Nutrisphere-N.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz al igual que el arroz y el trigo constituye uno de los principales alimentos cultivados a nivel mundial, representando en nuestro país el principal rubro de la producción de granos básicos, con una contribución de 5.4% del PIB agroalimentario y el 8.6% del PIB Agrícola, siendo el grano básico de mayor superficie sembrada y de mayor volumen de producción (SAG, 2008). Su uso también es parte fundamental de la alimentación animal, ya sea como un ingrediente único o como constituyente principal en la elaboración de raciones (Medina, 2010).

Ratto (1991), expresa que las capacidades de producción de las plantas cultivadas se aproximan al límite de sus posibilidades genéticas, teniendo el hombre que luchar continuamente para suplir las demandas nutritivas de los cultivos. El avance tecnológico y la búsqueda continua por superar objetivos productivos plantean en los últimos años la búsqueda de Mejores Prácticas de Manejo para los cultivos. En este sentido, la Industria de fertilizantes viene realizando importantes avances en el desarrollo de tecnologías como ser los fertilizantes estabilizados o de liberación controlada, cuyo objetivo es mejorar la Eficiencia del Uso de los Nutrientes (Petri y Toribio, 2009).

Los mayores esfuerzos se han centrado en el Nitrógeno (N), debido a su importancia en el manejo del cultivo para lograr rendimientos potenciales, a su menor eficiencia relativa, y la necesidad de lograr una agricultura sustentable, sin poner en riesgo el medio ambiente. La naturaleza dinámica del Nitrógeno (N) y la propensión a ser perdido del sistema suelo-planta, impiden el logro de elevada eficiencia en el uso del mismo.

En respuesta a la problemática derivada de las pérdidas de nitrógeno se hace necesario determinar el efecto del uso de urea recubierta con el polímero Nutrisphere-N sobre el comportamiento agronómico del cultivo de maíz, buscando dar más valor al nitrógeno al momento de nutrir el cultivo.

II. OBJETIVOS

2.1 General

Determinar el efecto del uso de urea recubierta con el polímero Nutrisphere-N sobre el comportamiento agronómico del cultivo de maíz (*Zea mays L.*).

2.2 Específicos

Determinar el efecto del polímero Nutrisphere-N sobre la producción de biomasa en el cultivo de maíz.

Evaluar la eficiencia del polímero Nutrisphere-N en cuanto a los componentes de rendimiento y características agronómicas del cultivo de maíz.

Determinar la dosis óptima de urea recubierta con Nutrisphere-N.

Identificar la mejor relación beneficio costo de los tratamientos evaluados.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 El nitrógeno en las plantas

De todos los minerales de las plantas, el nitrógeno es a la vez el más importante y el de más difícil manejo, tanto desde el punto de vista agrícola como ambiental. Amadeo (s.f), lo describe como un componente esencial de las células, actuando directamente en el metabolismo de la plantas, catalizando y dirigiendo dicho proceso.

El nitrógeno se ha encontrado en las plantas en forma orgánica, donde combinado con C, H, O y algunas veces, con S forman aminoácidos, aminoenzimas, ácidos nucleicos, clorofila, alcaloides y bases purínicas. De igual manera se puede encontrar en forma inorgánica, acumulándose en la planta primeramente en tallos y tejidos conductivos en forma de nitrato (NO_3^-), el nitrógeno orgánico predomina como proteínas de alto peso molecular (Jones, citado por Alvarado 2002).

Para Brady (1990), el nitrógeno es esencial en el metabolismo de los carbohidratos, estimula el crecimiento radicular y el desarrollo de las plantas así como la asimilación de otros nutrimentos. Así mismo Guerrero (1996), hace mención de la influencia del nitrógeno sobre el rendimiento y la calidad de las cosechas, puesto que de él depende el contenido de proteínas del grano.

3.2 Nitrógeno en el suelo

El nitrógeno que se halla en el suelo puede ser generalmente clasificado como inorgánico y orgánico, la mayor cantidad se encuentra en gran parte como integrante de los materiales orgánicos complejos del suelo.

Las formas inorgánicas del nitrógeno del suelo incluyen NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , N_2O , NO y nitrógeno elemental, que es inerte excepto para su utilización por *Rhizobia*. Desde el punto de vista de la fertilidad del suelo, las formas NH_4^+ y NO_3^- son de mayor importancia (Alvarado, 2002).

Las formas orgánicas del nitrógeno del suelo se hallan como aminoácidos y proteínas consolidadas, aminoácidos libres, aminoazúcares y otros generalmente complejos no identificados (Tisdale y Nelson, 1982).

Estudios realizados por el INTA (s.f), describen que al agregar urea en suelos con pH superior a 6.3, esta sufre un proceso de hidrólisis el cual es catalizado por una enzima denominada ureasa, generando como productos de la reacción amonio (NH_4^+) que al ser liberado queda en equilibrio dinámico con el amoníaco (NH_3) de la atmósfera y anión bicarbonato (HCO_3^-). La hidrólisis consume protones lo cual genera un incremento significativo en el pH alrededor del gránulo de urea, este incremento desplaza el equilibrio de amonio-amoníaco favoreciendo así la volatilización de amoníaco.

3.3 Movimiento del nitrógeno en el suelo

El nitrógeno en el suelo tiene gran movilidad horizontal o vertical, siendo menos móvil en los suelos pesados que en los arenosos (Amadeo, s.f). Las sales nitrogenadas se mueven hacia arriba y hacia abajo en la solución del suelo, dependiendo de la dirección del movimiento del agua. De los dos tipos generales de sales nitrogenadas, los nitratos se mueven más fácilmente, porque no se unen por sí mismos a las partículas del suelo. Por otra parte, el nitrógeno amoniacal es adsorbido por los coloides del suelo (Tisdale y Nelson, citado por Alvarado, 2002).

3.4 Formas utilizables de nitrógeno

Jones (1998), describe que las formas utilizables de nitrógeno para las plantas son los iones nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+), su absorción está en función del pH del suelo, la temperatura y la presencia de otros iones en la solución del suelo.

Ambas formas son asimilables por las plantas, pero la mayor parte del nitrógeno es absorbido en forma de nitrato (Serrano *et al* 2009).

3.5 Requerimientos de nitrógeno en maíz

Debido a la agricultura continua y al alto potencial de rendimiento de los híbridos actuales la fertilización con este nutriente ha aumentado considerablemente en los últimos años. La magnitud de su demanda y su baja disponibilidad en los suelos hacen que, a excepción de los suelos de pradera, se deba recurrir al uso de fertilizantes para optimizar el crecimiento del cultivo.

Sosa citado por Muños (2005), expone que la planta de maíz consume más nitrógeno que ningún otro elemento nutritivo proveniente del suelo. En el aire por encima de cada hectárea existen unas treinta toneladas de N, pero el maíz no puede asimilarlo.

El cultivo de maíz requiere alrededor de 20-25 kg/ha de N por cada tonelada de grano producida. Por ello, si se quiere producir 10,000 kg/ha de grano, el cultivo debería disponer de alrededor de 200-250 Kg de N, demanda requerida para este nivel de producción. El N en el suelo + N del fertilizante deberían satisfacer esa necesidad para mantener el sistema en equilibrio nutricional. Esta aproximación es lo que se conoce como criterio o modelo de balance (Duggan citado por Ferrufino, 2011).

3.6 Deficiencias de nitrógeno en maíz

Below (1995), describe lo complejo que es el metabolismo del nitrógeno, sin embargo hace mención del efecto que este tiene sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz, por lo cual lo resume en dos funciones generales como ser, el establecimiento y mantenimiento de la capacidad fotosintética y el desarrollo y crecimiento de los sumideros reproductivos.

Estudios realizados por la FAO (1986), determinaron que la deficiencia de nitrógeno provoca reducciones severas en el crecimiento del cultivo, básicamente por una menor tasa de crecimiento y expansión foliar que reducen la captación de la radiación fotosintéticamente activa, quedando evidenciada la clorosis (amarillamiento) en las hojas más viejas de la planta.

Según Uhart (1995), el nitrógeno (N) es el principal nutrimento que condiciona la productividad del maíz siendo, por lo tanto, el más requerido por este cultivo. Las deficiencias de N reducen el rendimiento en grano y sus componentes a través de la merma en la materia seca total y su partición hacia los granos. Esto afecta al número de granos/m² debido a las variaciones provocadas en la fijación de destinos reproductivos (fertilización y aborto de granos) que conllevan a variaciones importantes en el número de espiguillas o granos potenciales.

3.7 Principales pérdidas de nitrógeno

El nitrógeno (N) se pierde hacia el medio ambiente en forma de nitrato en las aguas de avenamiento y de escorrentía superficial y hacia la atmosfera como N y óxidos nitrogenados después de la desnitrificación del nitrato y como amónico volatilizado (FAO, 1986).

3.7.1 Lixiviación del nitrato

La lixiviación del nitrato (NO₃⁻) consiste en el movimiento de este anión por el agua gravitacional a través del perfil del suelo. Por lo tanto, es un proceso físico irreversible que implica la pérdida de N del sistema de producción sin posibilidad de que retorne a la zona de exploración de las raíces (Addiscott citado por Arévalo *et al*, 2007).

3.7.2 Desnitrificación

Foth citado por Cuadra y Raudez (2001), menciona que la desnitrificación consiste en la reducción del nitrato a N gaseoso y su escape del suelo, esto ocurre en condiciones anaeróbicas en suelos saturados de agua y puede ocurrir también en el interior de agregados de suelos húmedos considerados como bien drenados, efectuada por organismos anaeróbicos que utilizan nitrógeno en vez de oxígeno en la respiración.

3.7.3 Volatilización del amonio

Es la pérdida de gas amoníaco desde el suelo. Bajo condiciones alcalinas los iones amonio son convertidos a moléculas de amoníaco en solución las cuales después pueden ser liberadas a la atmósfera del suelo (Zagal, s.f.).

La pérdida de N por volatilización del gas amoníaco (NH_3) puede ser la principal causa de la baja eficiencia de algunos fertilizantes amoniacales en situaciones muy particulares como pueden ser suelos calizos cuando son aplicados superficialmente y del amoníaco anhidro cuando se inyecta de manera defectuosa. Dichas pérdidas son el resultado de numerosos procesos químicos, físicos y biológicos en los que intervienen numerosos factores (Salvagiotti, s.f.).

3.8 Fertilizantes nitrogenados

3.8.1 Urea

La urea, que es una amida de ácido carbónico, es el fertilizante sólido nitrogenado con mayor concentración de nitrógeno, 46 % en forma ureica. En este estado la planta no puede incorporar el nitrógeno, para ello debe sufrir un proceso de transformación en el cual pasa a forma amoniacal y después a forma nítrica (AGROPAL, s.f.).

Estudios realizados por DISAGRO (2011), caracterizan la urea como el fertilizante nitrogenado más utilizado mundialmente. Esto debido a su accesibilidad económica, su elevada concentración de nitrógeno por unidad de producto (46% N) y la alta solubilidad en la solución del suelo. Sin embargo, muchas veces se reduce la eficiencia de su utilización debido a la ocurrencia de pérdidas de nitrógeno por volatilización de amoníaco (NH_3) o por fototoxicidad provocada por el uso de dosis elevadas de este fertilizante junto con la semilla.

3.9 Uso eficiente de fertilizantes nitrogenados

La pérdida de Nitrógeno (N) por volatilización del gas amoníaco (NH_3) puede ser la principal causa de la baja eficiencia de algunos fertilizantes amoniacaes. Dichas pérdidas son el resultado de numerosos procesos químicos, físicos y biológicos, cuya magnitud es afectada por factores de ambiente, suelo y manejo (Ferraris y Couretot, s.f).

En términos generales, se estima que entre el 50% y el 80% del Nitrógeno (N) aplicado es aprovechado por el cultivo, lo que implica que entre 20% y 50% del Nitrógeno (N) se puede perder del sistema con un consecuente perjuicio económico y ambiental. Las pérdidas de Nitrógeno (N) se producen por diferentes vías de distinta magnitud e importancia (Quinteros y Boschetti, 2001).

3.9.1 Nutrisphere-N

Estudios realizados por la Universidad de Missouri en el 2012, muestran que Nutrisphere-N administrador de fertilizantes nitrogenados, fue capaz de reducir la volatilización acumulativa a largo plazo de nitrógeno, obteniendo valores de entre 50 a 100 ppm de nitrógeno amoniacal (NH_3) perdido, durante un periodo de prueba de 41 días, en comparación con la urea no tratada que llego a alcanzar valores desde los 150 hasta 350 ppm de nitrógeno amoniacal perdido, logrando una eficiencia 4 veces mayor a la urea no tratada (SFP, s.f).

Entre un 20% y 100% del nitrógeno destinado a la fertilización de la plantas, puede perderse por volatilización, lixiviación de nitratos y nitrificación, sumándose a la problemática la ureasa (Anexo 2), que es una enzima que facilita la descomposición de la urea en amonio y dióxido de carbono. Nutrisphere-N que trabaja a nivel molecular manteniendo las enzimas a raya, desactiva la ureasa atrapando el níquel +5 que la desarrolla, lo que permite que la urea no se hidrolice, al igual que atrapa al hierro (Fe) y el cobre (Cu), necesarios para la conversión del amonio en nitrato del otro lado del ciclo del nitrógeno, retrasando la volatilización (NH_4) del cultivo, permitiendo que éste aproveche todos los nutrientes del suelo en el tiempo justo (PERURURAL, s.f).

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1 Ubicación del ensayo

El estudio se realizó en la ciudad de Catacamas, Olancho, en el área correspondiente a la sección de Investigación Agrícola de la Universidad Nacional de Agricultura, localizada a una latitud de 14°50 N y una longitud de 85°53 O, con una temperatura promedio anual de 26° C, precipitación pluvial anual de 1,311 mm cuya distribución durante los meses del año es de mayo a diciembre, Humedad relativa de 74% y una altura de 350.7 msnm; Se realizó muestreo de suelo para describir las características de este (García, 2012).

4.2 Materiales y equipo

Para el establecimiento y desarrollo del ensayo se utilizó semilla de maíz de la variedad Pioneer P4082WHR, fertilizante químico, 12-24-12, 0-0-60 (KCL) y urea al 46 %, incluyendo como complemento foliar Liquid Feed Zinc y Liquid Feed Aminoácidos, así mismo se hizo uso de otros productos químicos necesarios para el control de plagas (Lambda cyalotrina, Terbufos, Zeta cipermetrina), enfermedades (Tebuconazol) y malezas (Glifosato). Se usó además el medidor de clorofila CCM-200 plus.

4.3 Diseño experimental y tratamientos

El diseño experimental usado fue el de bloques completos al azar en el cual se evaluaron cinco tratamientos incluyendo un testigo comercial y un testigo absoluto con cuatro repeticiones (Anexo 25). El área de cada parcela consistió de 16 m² con una longitud de 5.10 m y un total de cuatro surcos distanciados a 0.8 m, de los cuales los dos surcos centrales constituyeron el área útil de la parcela descartando las posturas frontales en cada uno de ellos, para un área total de 320 m².

Modelo Aditivo Lineal:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Y_{ij} = Valor correspondiente a la producción en Kg/ha

μ = Media general de las observaciones

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

B_j = Efecto del j-ésimo bloque

E_{ij} = Error experimental

4.4 Manejo del experimento

4.4.1 Preparación del terreno

Se inició con el trazo del área de la parcela experimental, sobre la cual se trabajó bajo un sistema de labranza mínima, en la que se realizaron labores de chapia y aplicación de herbicida previo a la siembra.

5.4.2 Siembra

Previo a la siembra se trató la semilla con Marshal 25 EC (Carbosulfan) a razón de 20 g por kg de semilla, posterior a ello se procedió a la siembra, la cual se realizó de forma manual, depositando una semilla por postura a un distanciamiento de 0.2 m x 0.80 m entre planta y surco respectivamente, con lo que se obtuvo una densidad de 62,500 plantas ha⁻¹.

4.4.3 Fertilización general

Se fertilizó a los 10 días después de la siembra, aplicando 100 kg de P₂O₅ por ha⁻¹, 80 kg de K₂O por ha⁻¹ y 50 kg de N contenidos en las formulas aplicadas, de las cuales se utilizaron como fuente; 12-24-12 (6.7 g/postura) y KCL (0.8 g/postura).

Como complemento de la fertilización se realizó la aplicación de dos foliares Liquid Feed Zinc (N total 4.74%, Zn 5.69) y Liquid Feed Aminoácidos (N total 6%, P Asimilable 8%, K Soluble 5%, Aminoácidos Libres 12%, Elementos Menores).

4.4.4 Fertilización y tratamientos

Los tratamientos fueron aplicados de manera fraccionada según las fechas en las que se presentaron las etapas V6 y V8 del cultivo, presenciándose esto a los 25 y 40 días después de la siembra respectivamente. La aplicación de cada uno de los tratamientos se realizó de manera simultánea con las dosis correspondientes a cada tratamiento (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de tratamientos evaluados en el experimento

Tratamientos	Descripción
T1	250 kg de N ha ⁻¹ + 1,100 ml de Nutrisphere-N ha ⁻¹ en dos aplicaciones.
T2	187.5 kg de N ha ⁻¹ + 900 ml de Nutrisphere-N ha ⁻¹ en dos aplicaciones.
T3	125 kg de N ha ⁻¹ + 600 ml de Nutrisphere-N ha ⁻¹ en dos aplicaciones.
Testigo Comercial (T4)	250 kg de N ha ⁻¹ sin Nutrisphere-N en 2 aplicaciones.
Testigo absoluto (T5)	Tratamiento sin fertilización alguna.

4.3.5 Control de malezas

Esta labor se inició previo a la siembra con la limpieza del área experimental mediante el uso de machete, posterior a ello se realizaron dos aplicaciones del herbicida Roundup (Glifosato) a razón de 150 cc por bomba de 20 litros, dichas aplicaciones tuvieron efecto hasta los 110 días después de sembrado el maíz, con lo consiguiente se continuo con un control manual generalizado para todos los tratamientos.

4.3.6 Control de plagas y enfermedades

Los momentos de aplicación de los productos se determinaron según la presencia de plagas y enfermedades (niveles críticos) observada durante los recorridos y muestreos realizados en la parcela, con lo que se determinó la presencia de gusano falso medidor (*Trichoplusia ni*) en las etapas V2 del cultivo. Por lo que se aplicaron 25 cc por bomba de 20 litros de Mustang Max 12 EC (Zeta cipermetrina); En la etapa V4 se detectó un alto porcentaje de daños provocados por gallina ciega (*Phyllophaga spp*), de modo que se aplicó 0.28 g/postura de Forater 10 G (Terbufos); Debido a una alta incidencia de pulgones (*Aphis spp*) en la etapa V12 se realizó una aplicación de 30 cc por bomba de 20 litros de Karate Zeon 55 CS (Lambda cyalotrina).

En cuanto a enfermedades se refiere, se realizó una aplicación preventiva para la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*) de Orius 25 EW (Tebuconazol), a una dosis de 25 cc por bomba de 20 litros.

4.3.6 Cosecha

Se realizó de forma manual, cuando el maíz alcanzó su madurez fisiológica (Estadio R6, mazorcas completamente desarrollas); 135 días después de la siembra se procedió a la cosecha.

4.5 Variables evaluadas

4.5.1 Altura de planta

La variable altura se determinó muestreando 10 plantas al azar del área útil previamente marcadas. Estos muestreos se dividieron en dos etapas; una vegetativa que se realizó recogiendo el grupo de hojas desde la base del tallo y extendiéndolas hacia arriba hasta tener la hoja más grande y midiendo con cinta métrica o regla graduada en cm, a los 30 y 60 días después de la siembra. La etapa reproductiva se tomó midiendo desde la base del tallo a la zona de nacimiento de la espiga o inflorescencia masculina, esto a los 90 días después de la siembra (Rodríguez, 2012).

4.5.2 Diámetro de tallo

Se realizaron muestreos a los 30, 60 y 90 días después de la siembra, tomando en consideración dentro del área útil de cada parcela 10 plantas seleccionadas en forma aleatoria y en competencia completa, las cuales fueron debidamente marcadas, midiendo a 15 cm del suelo con un vernier (pie de rey), expresado en cm (Alvarado, 2002).

4.5.3 Número de hojas verdes y secas

En el área útil se contaron el número de hojas verdes y secas que estaban agobiadas y no erectas de 10 plantas seleccionadas en forma aleatoria y en competencia completa, a los 30 y 60 días después de la siembra (Ferrufino, 2011).

4.5.5 Días a floración femenina

Se determinó el tiempo comprendido entre el momento de la siembra hasta que un 50% de la población nuestro flor femenina desarrollada (estigma visible).

4.5.6 Días a floración masculina

De igual manera que la variable anterior, se estimó el tiempo comprendido entre el momento de la siembra hasta que un 50% de la población mostro flor masculina derramando polen (antesis).

4.5.7 Índice de clorofila

Haciendo uso de un medidor de clorofila (clorofilometro) se tomó el tercio medio de la hoja que abraza la mazorca de 30 plantas seleccionas de forma aleatoria, con lo cual se obtuvo una lectura promedio de Unidades Spad.

4.5.8 Acame de raíz

En el área útil se contaron las plantas que presentaron tallos con una inclinación mayor de 30 grados con respecto a la perpendicular de la base dela planta, lo cual se realizó dos semanas previo a la cosecha (Rodríguez, 2012).

4.5.9 Acame de tallo

Se contaron las plantas en el área útil que presentaron tallos rotos por debajo de la mazorca, conteo que se realizó dos semanas antes de la cosecha tomando una inclinación 30 grados con respecto a la base de la planta (García, 2012).

4.5.10 Altura de mazorca

Se determinó muestreando 10 plantas seleccionadas en forma aleatoria y en competencia completa, en el área útil, midiendo con cinta métrica o regla graduada en cm, la altura que hay desde la base del tallo hasta la inserción de la mazorca principal (Castañeda, 2009).

4.5.4 Número de entrenudos

En el área útil se contaron el número de entrenudos presentes en la planta, desde la base del tallo hasta el nacimiento de la espiga en 10 plantas tomadas de forma aleatoria y en competencia completa, a los 120 días después de siembra.

4.5.11 Número de plantas cosechadas

Se contó el número de plantas cosechadas en el área útil de cada parcela.

5.5.12 Número de mazorcas por planta

Se calculó dividiendo el número de mazorcas totales del área útil de cada parcela, entre el número de plantas cosechadas por área (Muñoz, 2005).

4.5.13 Porcentaje de pudrición de mazorca

Se contó el número de mazorcas con un porcentaje de pudrición. Se considerara como una mazorca podrida la suma de los porcentajes de varias mazorcas.

4.5.14 Longitud de la mazorca

Extrayendo cinco mazorcas en el área útil de cada parcela al azar, se midió con cinta graduada en cm, la distancia desde la base de inserción de la mazorca hasta el ápice de la misma.

4.5.15 Diámetro de mazorca

Se tomaron cinco mazorcas utilizadas para la variable longitud de mazorca y se procedió a medir el diámetro de cada una utilizando un pie de rey expresado en cm.

4.5.16 Número de hileras por mazorca

Se seleccionaron cinco mazorcas del área útil tomadas al azar para cada tratamiento en las cuales se realizó un conteo del número de hileras existentes, calculando un promedio.

4.5.17 Número de granos por hilera

Esta variable se midió contando el número de granos por hilera de las mazorcas muestreadas al azar en la variable número de hileras por mazorca, calculando un promedio (Castañeda, 2009).

4.5.18 Peso de 100 granos

Se pesaron 100 granos de las cinco mazorcas seleccionadas al azar por cada tratamiento en el índice de desgrane, expresado en g (Rodríguez, 2012).

4.5.19 Índice de cosecha

Con los datos de peso de grano y el peso seco total de planta, de cinco plantas seleccionadas al azar y en competencia completa al momento de la cosecha, se obtuvo el índice de cosecha mediante la siguiente fórmula: $I.C. = \text{peso de grano} / \text{peso seco total de la planta}$. (Alvarado, 2002).

4.5.20 Rendimientos del maíz (Kg ha^{-1})

Se estimó pesando el maíz obtenido en el área útil de las parcelas, tomando en cuenta la humedad del grano en campo, para poder calcular dicha variable se hizo uso de la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento (Kg ha}^{-1}\text{)} = \text{ID} \left(\frac{\text{Peso total del grano}}{\text{Área útil (m}^2\text{)}} \right) * 10,000 \text{ m}^2 \left(\frac{100 - \% \text{ de H.G}}{100 - \% \text{ de H.A}} \right)$$

Dónde: ID = índice de desgrane

H.G = humedad del grano en campo

H.A = humedad del grano de almacenaje (13%)

ID = Peso del grano sin olote / peso del grano con olote

El contenido de humedad del grano se determinó de manera gravimétrica, mediante el uso de la fórmula: $\text{Peso inicial} - \text{Peso final} / \text{Peso inicial} * 100$, en donde se pesó una muestra de 15 granos que posteriormente se sometió a un proceso de secado durante 24 horas en horno a una temperatura de 104 °C, para obtener el peso final. (García, 2012).

4.6 Análisis económico

Se elaboró un análisis de relación beneficio costo, considerando únicamente los costos parciales que difieren entre los diferentes tratamientos.

Relación Beneficio / costo = Ingresos / Egresos (Nolasco, 2012)

4.7 Análisis Estadístico

Los datos obtenidos en el experimento se sometieron a un análisis de varianza al 5% de significancia. Para las comparaciones de las medias se aplicó la Diferencia Mínima significativa (Fisher), un análisis de regresión lineal simple entre el rendimiento y la dosis de nitrógeno y para la relación entre dosis de nitrógeno e índice de clorofila se realizó regresión lineal y cuadrática. Se realizó correlación lineal simple de Pearson entre rendimiento y sus componentes.

Puesto que las variables número de hojas (Secas) y porcentaje de pudrición de mazorca, presentaron un coeficiente de variación por encima del nivel de conformidad, se realizó transformación de datos (Raíz cuadrada) para ambos casos.

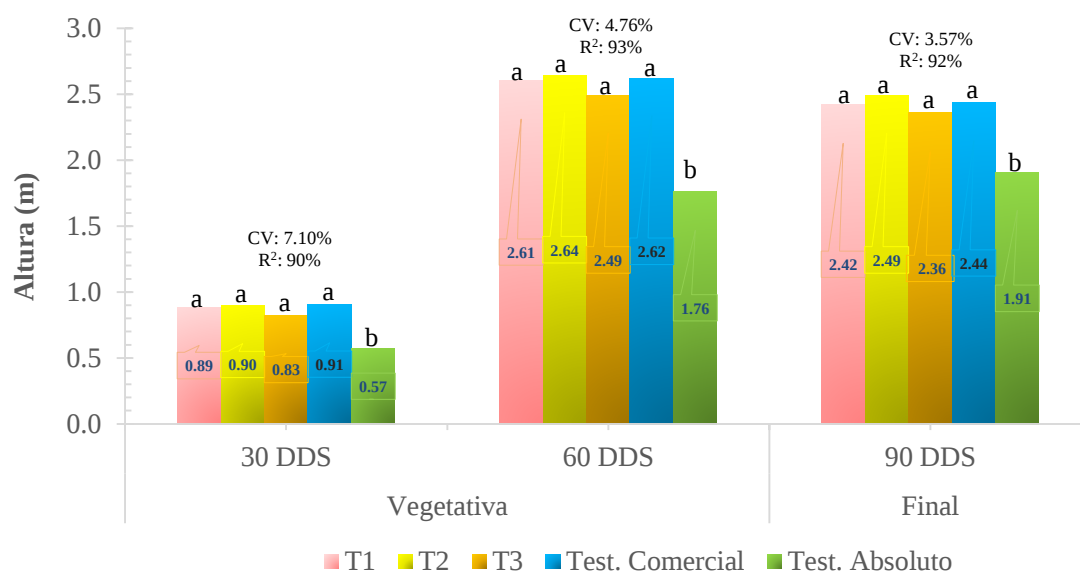
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Altura de planta

Para esta variable se consideró una primera etapa (Vegetativa) y una etapa final, encontrando para cada una de ellas diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre los niveles de nitrógeno como urea con o sin recubrimiento de Nutrisphere-N respecto al testigo absoluto (Anexo 3, 4 y 5). Estos resultados evidencian la necesidad de una apropiada fertilización al maíz para que exprese un óptimo desarrollo (Figura 1).

Resulta importante describir el comportamiento de la planta en sus diferentes etapas de desarrollo; esto en relación a los niveles de nitrógeno como urea que presentan el recubrimiento de Nutrisphere-N con respecto al testigo comercial (Fertilización convencional), observando un mayor desarrollo del testigo comercial en la etapa vegetativa inicial (30 días después de la siembra) que posteriormente fue superado y/o alcanzado en desarrollo por los niveles de nitrógeno como urea con recubrimiento de Nutrisphere-N, debido a que la liberación del nitrógeno se produce lentamente conforme el agua va atravesando el recubrimiento, liberando los nutrientes de forma progresiva que a su vez son absorbidos gradualmente por la planta (Anexo 26).

Lllanes y Valdés (2012), describen que con el fertilizante convencional, la disolución es más rápida, quedando los nutrientes disponibles en menor tiempo, provocando una baja asimilación, dado que la planta carece de tiempo suficiente para utilizar en gran medida los mismos. Con el fertilizante recubierto el nitrógeno se pone a disposición durante un período más prolongado, proporcionando una nutrición equilibrada y gradual, evitando así las posibles pérdidas por lixiviación y volatilización, ya que la planta dispone de un mayor tiempo para asimilarlo.



*Medias con letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). DMS (Fisher) $\alpha=0.05$.

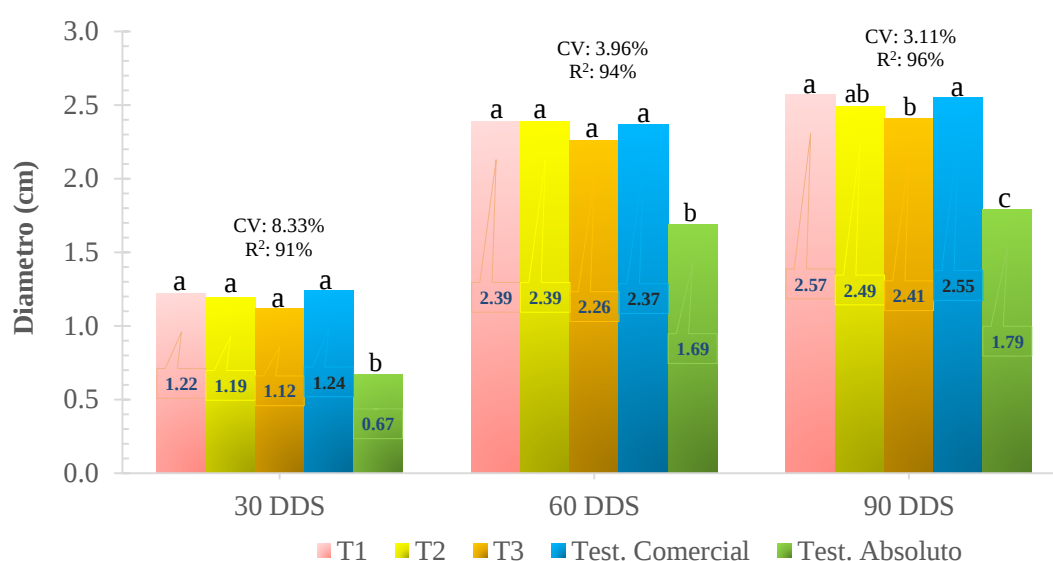
Figura 1. Resultados promedios para la variable altura de planta (Etapa vegetativa y final). Ciclo 2013-A.

A medida que disminuyo la dosis aplicada de nitrógeno como urea con recubrimiento de Nutrisphere-N, la altura se mantuvo estable en relación a la mayor dosis (T1, Testigo Comercial), probablemente debiéndose esta tendencia al efecto Nutrisphere-N, observándose mayores promedios en altura de planta para la dosis intermedia (T2). Sin embargo al presentar mayor altura, los rendimientos no son necesariamente mayores, pues una altura reducida de la planta y una menor área foliar son consideradas deseables en el maíz para el trópico, ya que las plantas que son de porte alto, tienen mucho follaje y un bajo índice de cosecha (FAO, s.f).

5.2 Diámetro de tallo

Hubo diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre las medias de diámetro de planta en cada uno de los muestreos realizados (30, 60 y 90 DDS) para cada nivel de nitrógeno como urea con o sin recubrimiento de Nutrisphere-N (Anexo 6, 7 y 8).

Se analizó la tendencia de crecimiento entre un muestreo y otro, observando un incremento significativo de crecimiento vegetativo entre el primer y segundo muestreo (30 y 60 DDS), tendencia que describe Rengel (2004) al explicar que la adecuada disponibilidad de nitrógeno en las etapas de mayor demanda (Inicio del ciclo vegetativo) genera un óptimo desarrollo atribuido al diámetro de tallo por parte de la planta. Por lo que esta tendencia no se presentó entre el segundo y tercer muestreo (90 DDS), ya que después de los 59 DDS (V12) la planta no presenta ningún incremento en crecimiento vegetativo, al presentar una menor demanda de nutrientes (Fallas et al. 2011).



*Medias con letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). DMS (Fisher) $\alpha=0.05$.

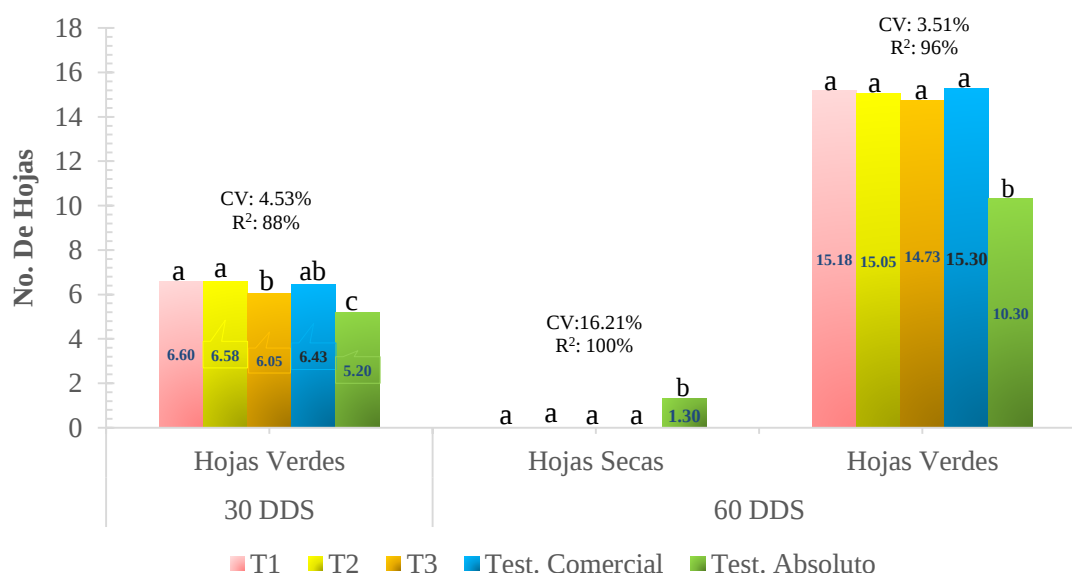
Figura 2. Resultados promedios para la variable diámetro de planta a los 30, 60 y 90 DDS. Ciclo 2013-A.

Las plantas sometidas a la aplicación de los niveles de nitrógeno como urea con o sin recubrimiento de Nutrisphere-N, mostraron mayor diámetro, implicando una mayor rigidez, evitando y/o reduciendo la incidencia de acame, mientras que sin aplicación alguna (testigo absoluto), se obtuvieron tallos muy delgados. Es probable que los niveles altos de calcio que presenta el suelo (Anexo 1), se acumulen en el tallo e incrementen el diámetro y la resistencia del mismo (Marschner, 2002).

5.3 Número de hojas verdes y secas

Se contó el número de hojas verdes y secas en los muestreos comprendidos a los 30 y 60 DDS. Se encontró diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) únicamente entre las medias del número de hojas verdes a los 30 DDS, debido a que en esta etapa ningún nivel de nitrógeno como urea aplicado presentó hojas secas por lo que no se hizo análisis estadístico. 60 DDS, se encontró diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) para las medias de número de hojas verdes y secas entre un nivel y otro de nitrógeno como urea con o sin recubrimiento de Nutrisphere-N (Anexo 9, 10 y 11).

El nitrógeno puede afectar las tasas de aparición y expansión del follaje modificando el área foliar y la interceptación de radiación solar por el cultivo (Andrade citado por García, 2012). El nivel de nitrógeno como urea que presentó menor número de hojas verdes y a su vez el único en presentar hojas secas durante desarrollo vegetativo fue el testigo sin fertilización (Figura 3).



*Medias con letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$). DMS (Fisher) $\alpha = 0.05$.

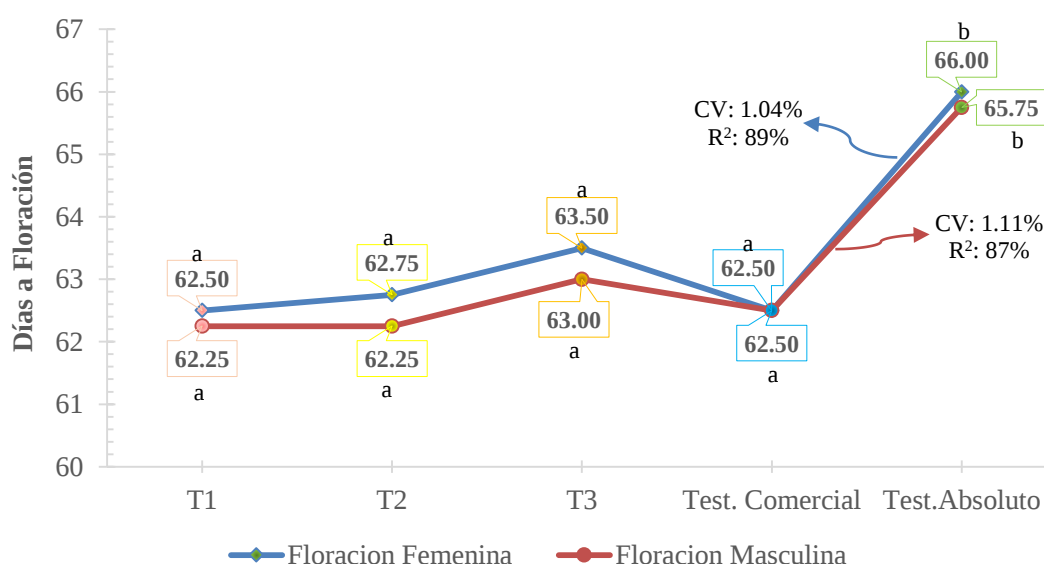
Figura 3. Promedios para la variable número de hojas (Secas y verdes) a los 30, y 60 DDS. Ciclo 2013-A.

Se encontró una reducción en el área foliar de hasta un 33% en relación al nivel de nitrógeno como urea con mayor número de hojas (Testigo comercial), puesto que cantidades bajas de nitrógeno conducen a un menor número de hojas por planta y la tasa de expansión foliar (Uhart y Andrade, 1995).

5.4 Días a floración femenina y masculina

En la Figura 4 se presentan las medias para las variables días a floración femenina y días a floración masculina según los niveles de nitrógeno como urea con o sin recubrimiento de Nutrisphere-N aplicados, encontrando diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) para ambos casos (Anexo 12 y 13).

Los valores promedios denotan una sincronía total para el testigo comercial, la cual se presentó a los 62.50 DDS; para los demás tratamientos la variación en la sincronía osciló en un rango de 0.25 (T1), 0.50 (T2 y T3) y 1.75 días, valor presentado por el testigo absoluto que a su vez fue el más tardío con 3.5 días de retraso en relación al tratamiento más precoz (T1) para cada tipo de floración.



*Medias con letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). DMS (Fisher) $\alpha = 0.05$.

Figura 4. Resultados promedio para la variable días a floración femenina y masculina.
Ciclo 2013-A.

La importancia de la sincronización radica en el desarrollo de una fecundación homogénea (Murillo citado por Rodríguez, 2012). Cuando existe un desfase entre la liberación de polen y la receptividad de los estigmas, se puede ver afectada la formación de granos, lo cual influye directamente en el rendimiento final (Andrade y Ramírez s.f). Se observó que el testigo absoluto en relación a los demás tratamientos, mostro una disminución marcada en cuanto a desarrollo vegetativo (Altura, diámetro y número de hojas), debido al deficiente aporte de nitrógeno ejercido por el sistema suelo (Anexo 1), ya que en los trópicos la deficiencia de nitrógeno es casi común, excepto en las tierras nuevas (FAO, s.f).

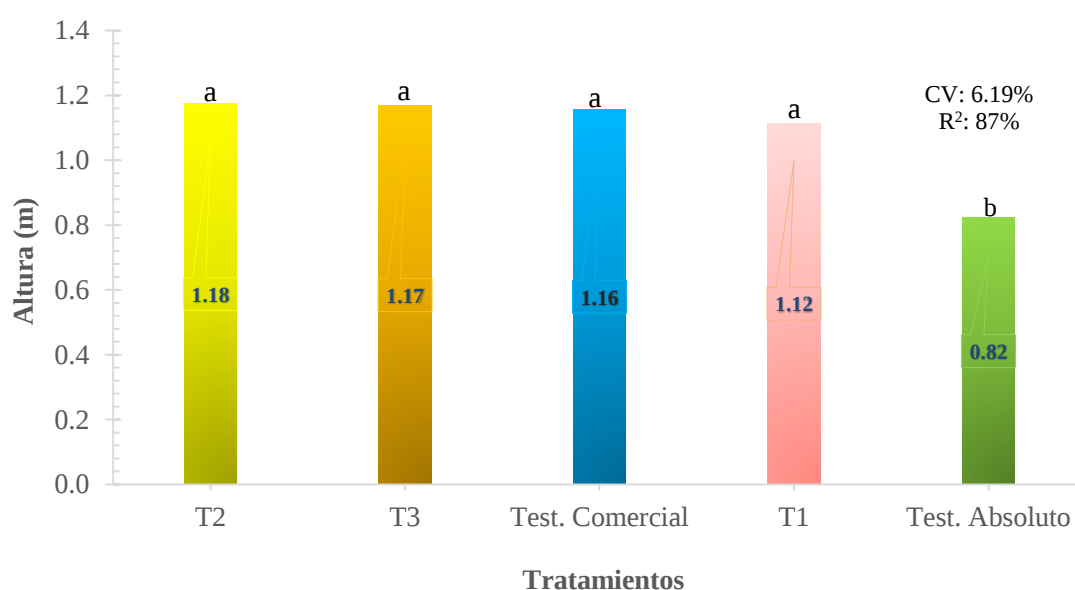
5.5 Acame de raíz y tallo

El maíz a menudo es afectado por el acame, ya sea de raíz o de tallo. Una planta se acama de raíz cuando la parte más baja del tallo forma un ángulo de 45° o menos con la superficie del suelo. Hay acame del tallo cuando éste se quiebra debajo de la mazorca y la porción quebrada forma un ángulo de 45° o menos con el suelo. Suele haber poca relación entre el acame de raíz y el de tallo; el primero tiende a asociarse con factores ambientales como lluvias intensas con viento, o con factores de manejo como la alta densidad o la mala distribución de plantas, mientras que la quebradura del tallo con frecuencia está estrechamente vinculada con características genéticas como la resistencia a enfermedades e insectos, la prolificidad y el tipo de senescencia (CIMMYT, s.f).

A pesar de las fuertes lluvias con viento que se presentaron durante el desarrollo del experimento; no se observó acame de raíz para ninguno de los tratamientos acreditando este comportamiento a un manejo adecuado de la densidad (62,500 plantas ha⁻¹) y a la correcta distribución de las plantas. De igual manera no se encontró ninguna planta quebrada por debajo de la mazorca, denotando de esta manera la buena genética del material utilizado y el adecuado manejo de plagas y enfermedades durante todo el ciclo del cultivo.

5.6 Altura de mazorca

En el Anexo 14 se observan los resultados del análisis de varianza para la variable altura de mazorca. Se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre un nivel y otro de nitrógeno como urea con o sin recubrimiento de Nutrisphere-N en relación al testigo absoluto, observando valores de 0.82 m de altura de mazorca, muy por debajo del tratamiento dos ($187.5 \text{ kg de N ha}^{-1} + 900 \text{ ml de Nutrisphere-N}$), que presentó la mayor altura de mazorca con 1.18 m (Figura 5).



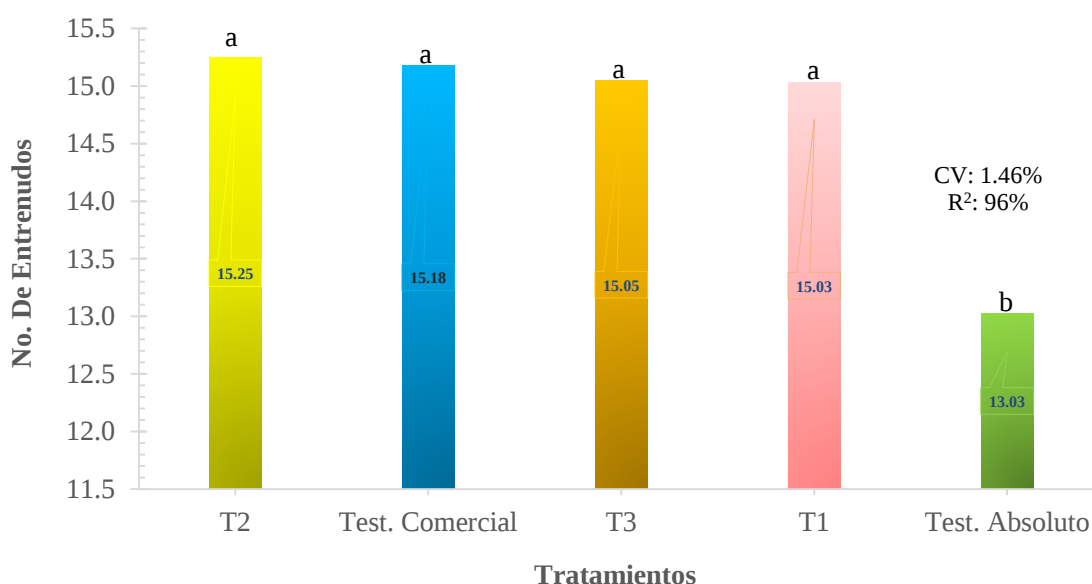
*Medias con letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$). DMS (Fisher) $\alpha = 0.05$.

Figura 5. Resultados promedio para la variable altura de mazorca. Ciclo 2013-A.

Se espera que a mayores contenidos de nitrógeno, mayor desarrollo vegetativo expresado en altura de mazorca. Rodríguez (2001), afirma que la altura de mazorca se ve influenciada por la mayor disponibilidad de nutrientes, presentando en su investigación los valores más bajos para el testigo absoluto (0.96 m), similar al valor observado para el testigo absoluto en esta investigación que fue de 0.86 m.

5.7 Número de entrenudos

Se presentó diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre las medias de número de entrenudos para cada nivel de nitrógeno como urea con o sin recubrimiento de Nutrisphere-N en relación al testigo absoluto (Anexo 15). En la Figura 6 se muestran los resultados promedios para número de entrenudos, observando una estrecha relación con la variable altura de planta (tasa de crecimiento), por lo que Rivas (1993) señala que el número de entrenudos influye en el rendimiento determinado por la elongación del tallo que acumula nutrientes durante la fotosíntesis y es transferido a los granos durante el llenado de los mismos.



*Medias con letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$). DMS (Fisher) $\alpha = 0.05$.

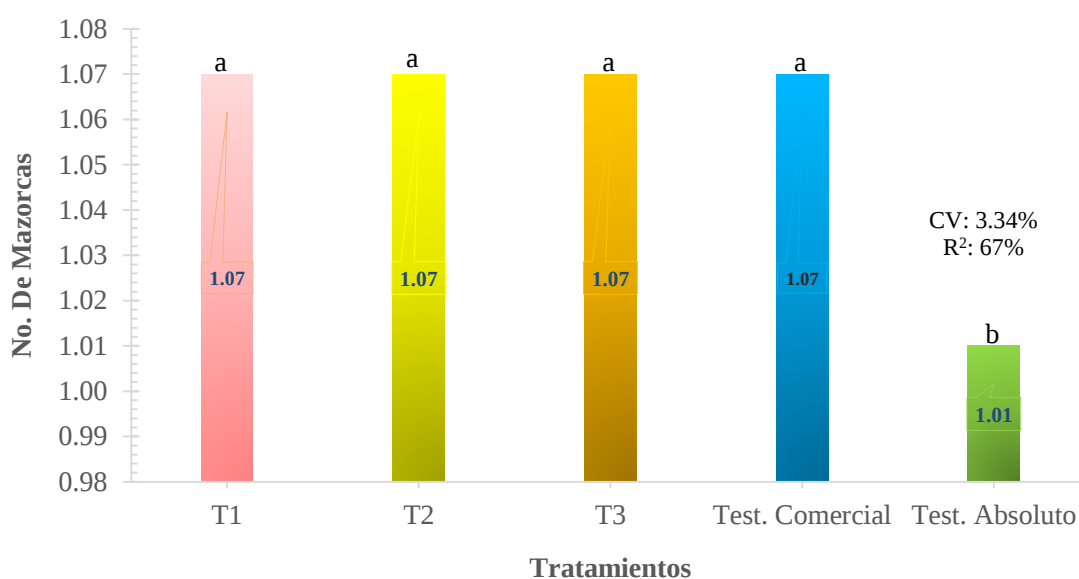
Figura 6. Resultados promedio para la variable número de entrenudos. Ciclo 2013-A.

5.8 Número de plantas cosechadas

A la cosecha se hizo un conteo de las plantas. Valor resultante o dependiente de la densidad de siembra, el índice de emergencia y del buen desarrollo de esas plantas emergidas que al final se traducirán en plantas cosechadas; siempre tomando en cuenta tanto factores bióticos como abióticos ya que estos pueden tener una influencia directa sobre el número de plantas cosechadas (Anexo 3).

5.9 Número de mazorcas por planta

Se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) para los valores promedios de la variable número de mazorcas por planta (Anexo 16). Los tratamientos con los niveles de nitrógeno como urea con o sin recubrimiento de Nutrisphere-N, presentaron como valor general 1.07 mazorcas por planta superando el promedio de 1.01 mazorcas por planta obtenido por el testigo absoluto (Figura 7).



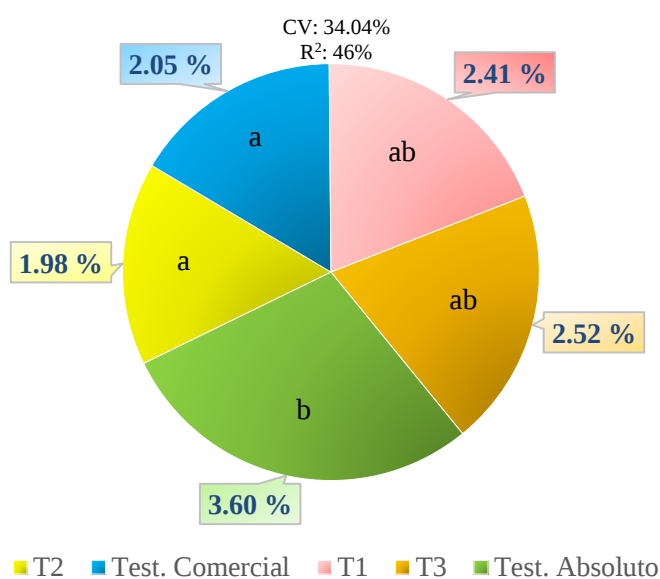
*Medias con letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). DMS (Fisher) $\alpha = 0.05$.

Figura 7. Resultados promedio para la variable número de mazorcas por planta. Ciclo 2013-A.

Camacho y Bonilla (1999), afirman que el mayor número de mazorcas por planta cosechadas, dependerá del nivel de nitrógeno más alto y de las densidades utilizadas. Lo cual supone que el suministro de nitrógeno fue el adecuado para cada uno de los tratamientos fertilizados; De igual manera destaca el efecto del polímero Nutrisphere-N sobre el recubrimiento de urea, haciendo pensar que con las dosis más bajas (T2 y T3), el aporte de nitrógeno fue igual a las mayores dosis, debido a que se redujeron las pérdidas por volatilización y lixiviación, permitiendo que el nitrógeno se mantuviera disponible en tiempo y requerimiento por parte de la planta.

5.10 Porcentaje de pudrición de mazorca

En la Figura 8 se presentan los valores promedios para la variable porcentaje de pudrición de mazorca, encontrando diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre un nivel y otro de nitrógeno como urea con o sin recubrimiento de Nutrisphera-N en base al testigo absoluto (Anexo 17).



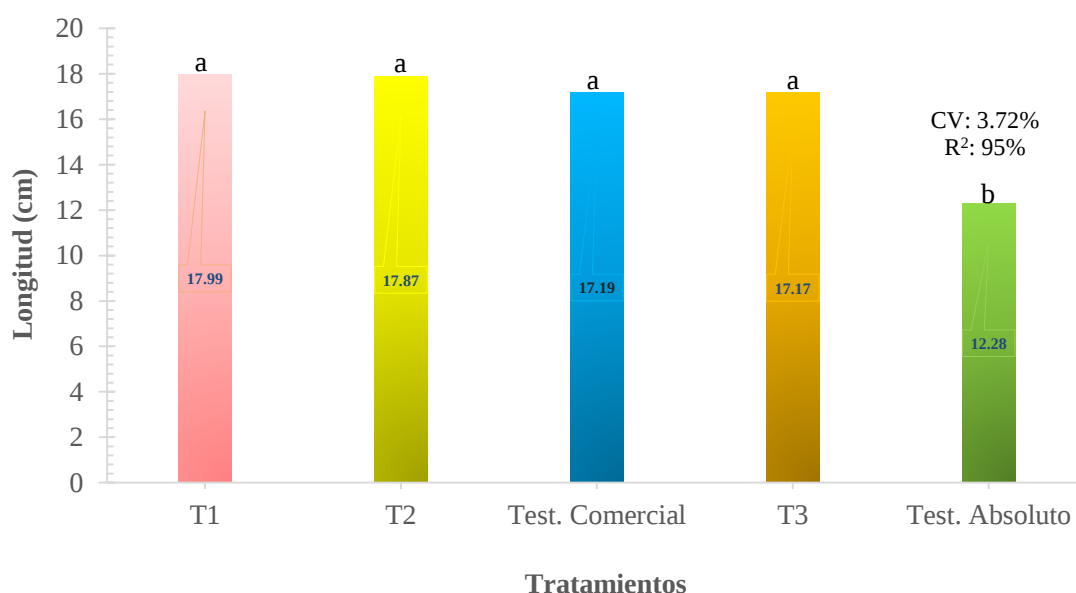
*Medias con letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). DMS (Fisher) $\alpha=0.05$.

Figura 8. Resultados promedio para la variable porcentaje de pudrición de mazorca.
Ciclo 2013-A.

Los tratamientos donde se aplicó nitrógeno como urea sea con o sin recubrimiento de Nutrisphera-N mostraron la menor incidencia de mazorcas podridas, siendo el tratamiento dos el menos afectado con un 1.98 % de pudrición; entre tanto el tratamiento en donde no se aplicó N mostro la mayor presencia de pudrición de mazorca (3.60 %). Lo anterior se puede atribuir a que en esta etapa de llenado de grano hubo mayor presencia de lluvia.

5.11 Longitud de mazorca

Hubo diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre las medias de longitud de mazorca para cada nivel de nitrógeno como urea con o sin recubrimiento de Nutrisphere-N en relación al testigo absoluto (Anexo 18). La Figura 9 muestra los valores promedios para longitud de mazorca, presentando mayor valor el tratamiento uno (T1) con 17.99 cm de longitud, muy similar a los mostrados por los tratamiento restantes con 17.87 cm (T2), 17.19 cm (T4), 17.17 cm (T3) y el menor valor obtenido por el testigo absoluto con 12.28 cm de longitud de mazorca.



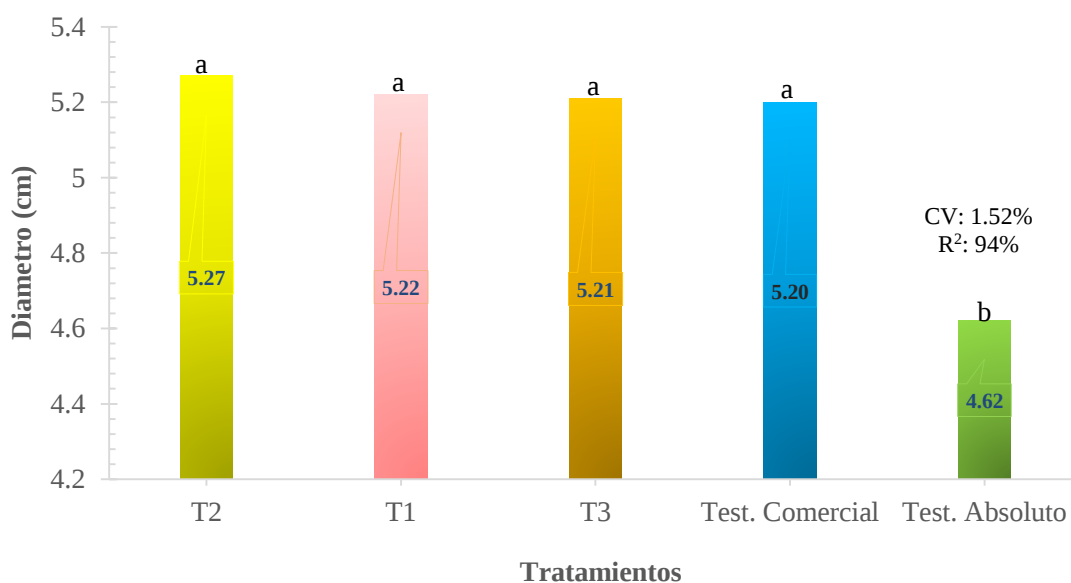
*Medias con letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$). DMS (Fisher) $\alpha = 0.05$.

Figura 9. Resultados promedio para la variable longitud de mazorca. Ciclo 2013-A.

Centeno y Casto (1993), citan que la longitud de la mazorca, está determinada por factores genéticos e influenciada por factores edáficos, nutricionales y ambientales, así mismo Adetiloye (1984), expresa que la máxima longitud de mazorca depende de la humedad del suelo, radiación solar y la adecuada disponibilidad de nitrógeno, lo que hace pensar que las pérdidas de nitrógeno con las menores dosis fueron mitigadas por el uso de Nutrisphere-N hasta el punto registrar promedios similares a las mayores dosis.

5.12 Diámetro de mazorca

El diámetro de mazorca es un parámetro fundamental para medir el rendimiento del cultivo y está directamente relacionado con la longitud de mazorca (Saldaña y Calero, 1991). En la Figura 10 se observan los valores promedios para el diámetro de mazorca encontrando diferencias significativas para los niveles de nitrógeno como urea sea con o sin recubrimiento de Nutrisphere-N en relación al testigo absoluto (Anexo 19).



*Medias con letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). DMS (Fisher) $\alpha=0.05$.

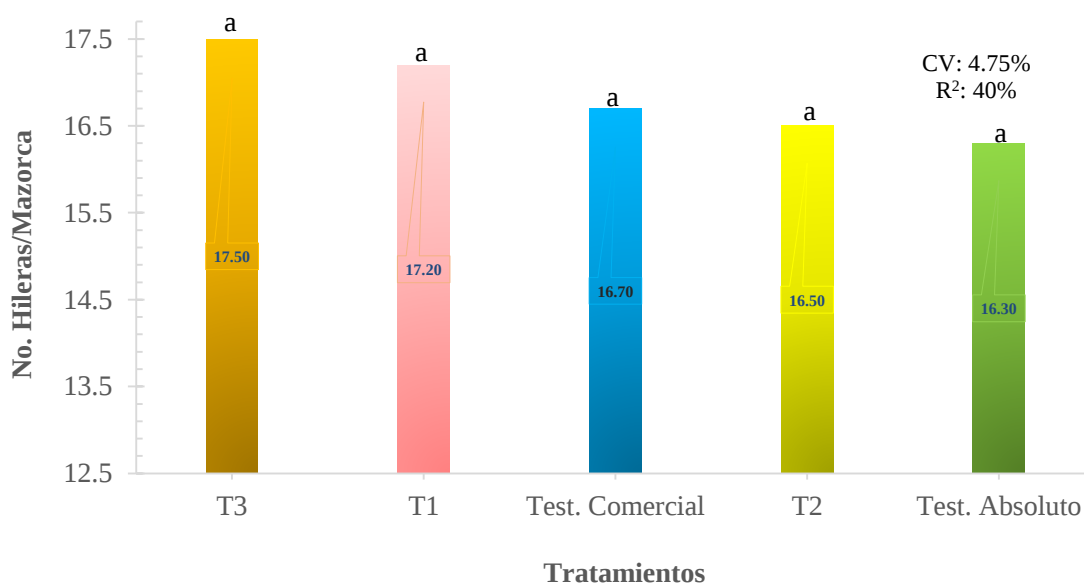
Figura 10. Resultados promedio para la variable diámetro de mazorca. Ciclo 2013-A.

Los mayores diámetros se presentaron con los niveles de nitrógeno como urea con recubrimiento de Nutrisphere-N, resultando valores de 5.27 cm (T1), 5.22 cm (T2) y 5.21 cm (T3). Castañeda (2009), evaluó el uso de urea + Agrotain (200 kg de N ha⁻¹) obteniendo valores de hasta 4.91 cm de diámetro de mazorca, muy por debajo de los 5.21 cm de diámetro obtenido por la menor dosis (T3: 125 kg de N ha⁻¹+ 600 ml de Nutrisphere-N), evidenciando un comportamiento más eficiente del uso de urea con recubrimiento del polímero Nutrisphere-N.

5.13 Número de hileras por mazorca

No se observaron diferencias significativas ($P>0.05$), entre los niveles de nitrógeno como urea con o sin recubrimiento de Nutrisphere-N (Anexo 20), debido a que número de hileras, es un parámetro influenciado por características propias del material utilizado, según lo citado por Tanaka y Yamaguchi (1984), que describen que el número de hileras es un carácter genético que no es afectado por las condiciones de ambiente y manejo del cultivo.

En un ensayo similar donde se evaluó el mismo parámetro de cultivo, Castañeda (2009), obtuvo resultados para los cuales no encontró diferencia estadística significativa, reportando valores generales de 15.05 hileras por mazorca; 1.79 hileras por debajo del promedio general, obtenido en este ensayo (Figura 11).



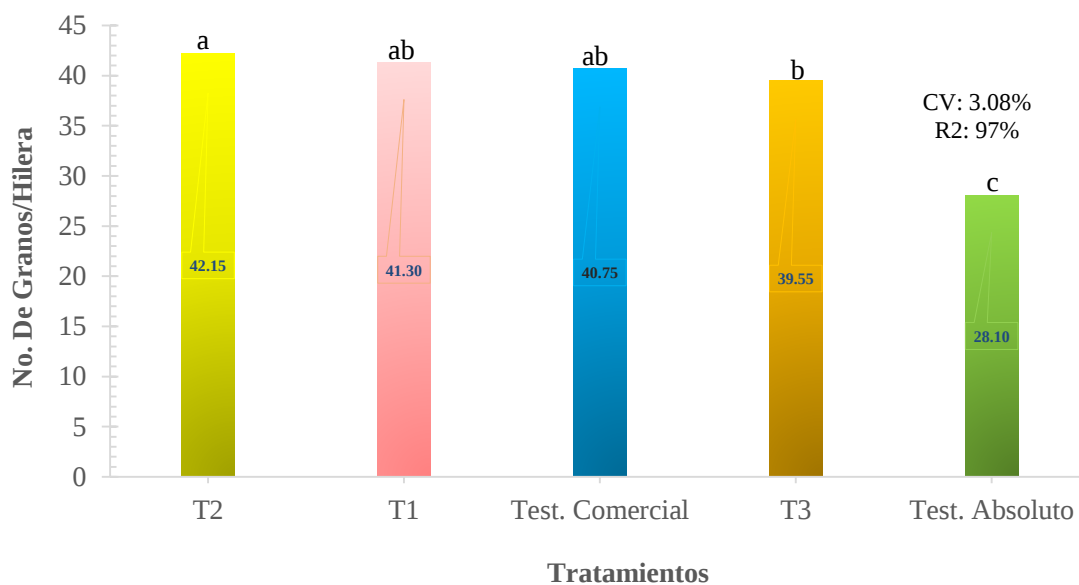
*Medias con letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$). DMS (Fisher) $\alpha=0.05$.

Figura 11. Resultados promedio para la variable número de hileras por mazorca. Ciclo 2013-A.

Todo híbrido normal tiene como característica 16 a 20 hileras potenciales (Aldrich y Leng citados por Rodríguez, 2012); por lo que los resultados obtenidos en el experimento cumplen con esta característica.

5.14 Número de granos por hilera

En la Figura 14 se presentan los valores promedios para la variable número de granos por hilera encontrándose diferencias significativas ($P < 0.05$), entre un nivel y otro de nitrógeno como urea con o sin recubrimiento de Nutrisphere-N (Anexo 21).



*Medias con letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). DMS (Fisher) $\alpha = 0.05$.

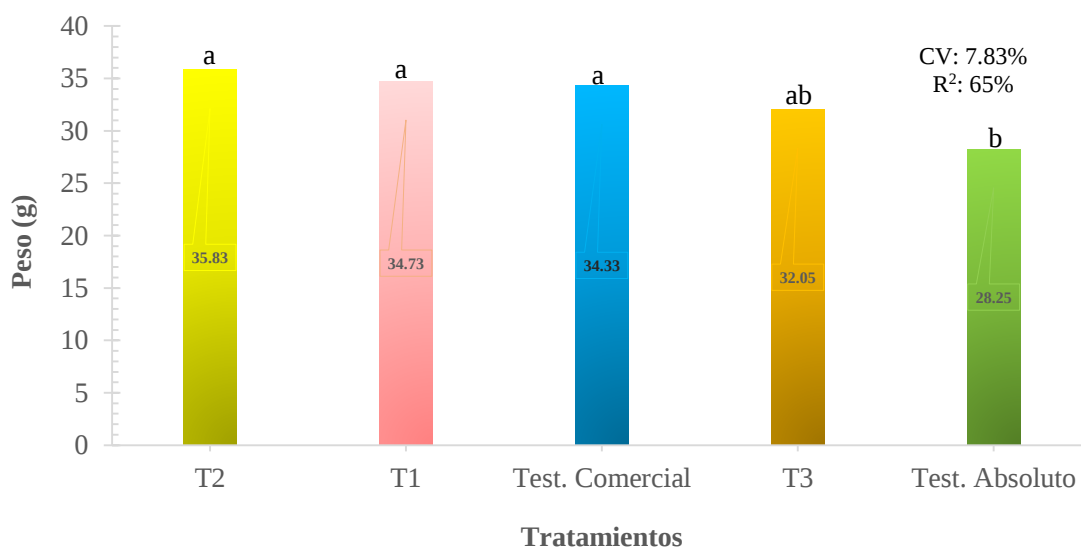
Figura 12. Resultados promedio para la variable número de granos por hilera. Ciclo 2013-A.

Debido a que la tasa de crecimiento comprendida entre la pre y posfloración se comportó de manera satisfactoria, esto en relación a los parámetros de crecimiento vegetativo observados anteriormente, siendo estos favorecidos por una adecuada disponibilidad de nitrógeno. Se obtuvieron valores desde los 39.55 granos por hilera (T3) hasta los 42.15 granos por hiera (T2) para los niveles de nitrógeno como urea sea con o sin recubrimiento de Nutrisphere-N. Uhart (1995), afirma que el número de granos está asociado a la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) en el momento de la floración y que esta puede ser modificada por la disponibilidad de nitrógeno, llegando a ser este un factor determinante en cuanto al número de granos por mazorca se refiere.

5.15 Peso de 100 granos

El rendimiento del maíz depende grandemente de la relación fuente-sumidero (capacidad de la planta para proveer asimilados a los granos / capacidad de los granos para acumular asimilados). Durante las dos semanas posteriores a la floración (fase de llenado) se acumula poco peso en el grano, pero se determina el peso potencial del mismo; un estrés en este período afectará tanto el número de granos como el peso potencial de los granos viables (PIONEER, s.f).

Debido al mayor potencial de rendimiento (más demanda), los híbridos modernos de maíz son más dependientes de buenas condiciones de fertilidad durante el llenado de granos (Echarte et al, 2006), lo que hace suponer que el mayor peso de 100 granos (Figura 13, T2) estuvo determinado por la adecuada disponibilidad de nutrientes en la fase de llenado, presentando diferencias estadísticas ($P < 0.05$), para cada de nitrógeno como urea con o sin recubrimiento de Nutrisphere-N en relación al testigo (Anexo 22).



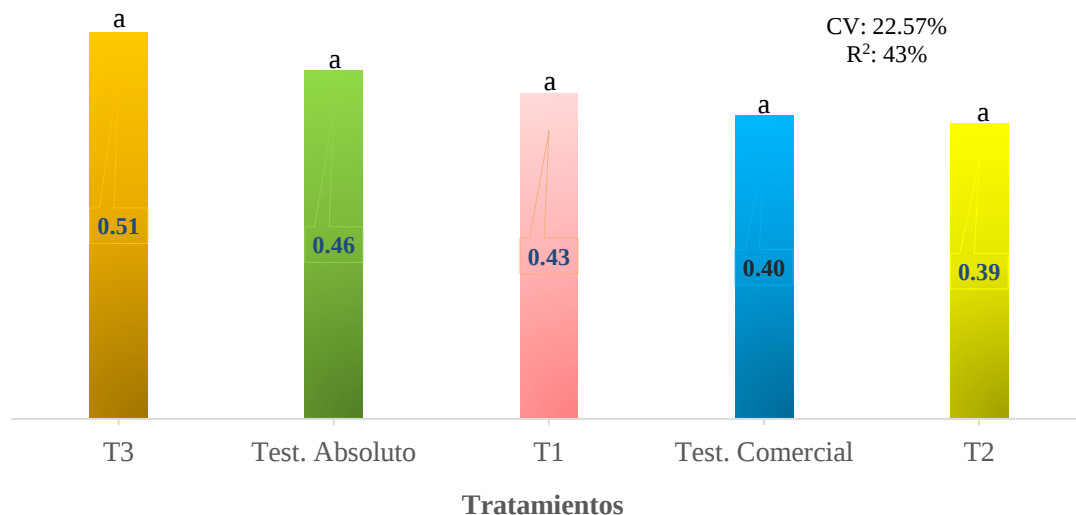
*Medias con letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). DMS (Fisher) $\alpha=0.05$.

Figura 13. Resultados promedio para la variable peso de 100 granos. Ciclo 2013-A.

5.16 Índice de cosecha

Uhart y Andrade (1995) describen que la dinámica de acumulación y removilización de nitrógeno en la planta se ve reflejada en el índice de cosecha de este nutriente. (Nitrógeno en grano / Nitrógeno en biomasa aérea), presentando valores que oscilan entre 0,36 y 0,57 de acuerdo a la relación fuente-sumidero y al híbrido considerado. Citando de igual manera que ante una buena disponibilidad de asimilados por grano durante el llenado se privilegia la absorción de nitrógeno disminuyendo la removilización, y aumenta la concentración de nitrógeno en grano. Cuando la fuente es limitante ocurre lo inverso.

No se encontraron diferencias significativas para los niveles de nitrógeno como urea con o sin recubrimiento de Nutrisphere-N, incluyendo el testigo absoluto (Anexo 23), presentando los mayores valores de índice de cosecha el T3 (0.51) y el testigo absoluto (0.46) mostrados en la Figura 14, lo que indica que entre el 49 y el 54 % del nitrógeno acumulado en la biomasa aérea permanece en el rastrojo, ya que se precisó una mayor removilización de nitrógeno por parte del grano.



*Medias con letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). DMS (Fisher) $\alpha=0.05$.

Figura 14. Resultados promedio para la variable índice de cosecha. Ciclo 2013-A.

5.17. Índice de clorofila

El nitrógeno es necesario para la síntesis de clorofila, y juega un papel importante en el proceso de fotosíntesis (Somarriba, s.f). El clorofilometro o medidor de clorofila según Schepers citado por Ríos (1998), refleja el estado de nitrógeno en el cultivo, y es un medio para cuantificar el verdor de la planta.

Camacho y Bonilla (1999), reportan diferencias significativas al aumentar la dosis de nitrógeno, señalando que las altas fertilizaciones con nitrógeno favorecen el contenido de clorofila en las hojas de la planta de maíz. El análisis de regresión lineal al igual que la cuadrática no presento efectos significativos en cuanto a la relación índice de clorofila vs dosis de nitrógeno como urea con recubrimiento de Nutrisphere-N (Anexo 24), presentando en la Figura 15 la gráfica (Cuadrática) que mejor explica la relación entre ambas variables.

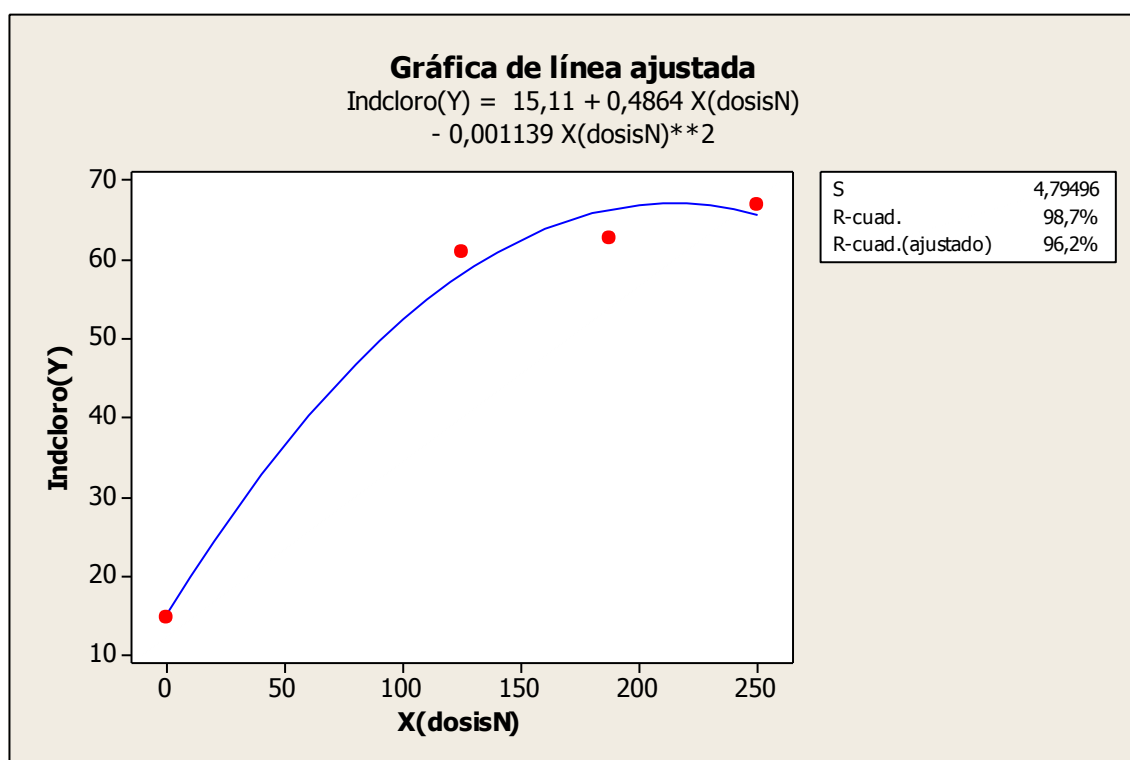


Figura 15. Grafica cuadrática de regresión para la variable índice de clorofila vs dosis de nitrógeno como urea con recubrimiento de Nutrisphere-N. Ciclo 2013-A

Esta tendencia hace suponer que aun con las dosis más bajas (T3 y T2) la disponibilidad de nitrógeno en relación al contenido de clorofila fue equivalente a la dosis más alta (T1), lo que indica que el recubrimiento de Nutrisphere-N tiene un efecto positivo en relación a la adecuada disponibilidad de nitrógeno para la síntesis de clorofila, tomando mayor importancia ya que este proceso se relaciona directamente con la fotosíntesis lo cual tiene un efecto muy marcado en el rendimiento del cultivo ya que de ello dependen muchos otros factores que determinan dicho componente.

5.18. Rendimiento

Se presentaron efectos significativos para el análisis de regresión lineal entre rendimiento vs dosis de nitrógeno como urea con recubrimiento de Nutrisphere-N (Anexo 25), puesto que los promedios de rendimiento obtenidos mostraron una relación ascensional a medida se aumentaron los niveles de nitrógeno (Figura 16).

Uhart & Andrade (1995), mencionan que con una menor cantidad de nitrógeno se reduce el rendimiento, por lo que el recubrimiento de urea con el polímero Nutrisphere-N fue muy eficiente ya que con el 50 % de la dosis total de nitrógeno como urea el rendimiento se vio disminuido en un 13 % esto en relación a la dosis total de nitrógeno como urea con recubrimiento de Nutrisphere-N, y al referirse a la dosis total de nitrógeno como urea sin recubrimiento de Nutrisphere-N el rendimiento solo se vio disminuido en un 9 % , implicando un ahorro significativo en cuanto a gasto de fertilizante se refiere.

El mayor rendimiento obtenido hace pensar que las plantas pueden producir mayor cantidad de fotoasimilados, debido a la adecuada disponibilidad de nitrógeno en cada una de las etapas de crecimiento vegetativo y reproductivo (componentes de rendimiento) de las plantas. Efecto que se ve mayormente favorecido por la presencia de Nutrisphere-N.

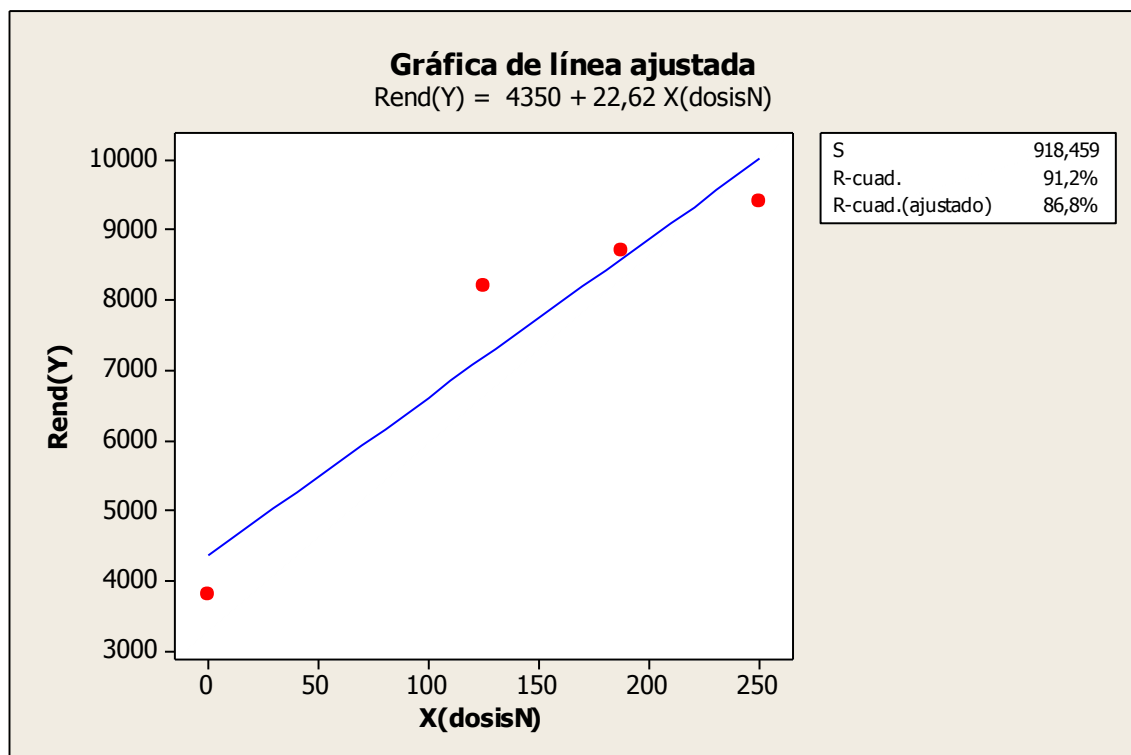


Figura 16. Grafica lineal de regresión para la variable rendimiento vs dosis de nitrógeno como urea con recubrimiento de Nutrisphere-N. Ciclo 2013-A

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de las correlaciones lineales de Pearson. Se observa que hubo una correlación lineal positiva y altamente significativa entre índice de clorofila, diámetro de tallo, número de hojas verdes, y el rendimiento. Se presume que a mayores niveles de clorofila se esperan mayores rendimientos en el cultivo de igual manera a mayor diámetro de tallo y a mayor número de hojas verdes (área fotosintética), sobre esto Uhart & Andrade (1995), sostienen que con una adecuada disponibilidad de nitrógeno se verán favorecidos los rendimientos.

Cuadro 2. Resultados de las correlaciones lineales de Pearson entre las variables bajo estudio.

Variables	Rendimiento	
	Significancia	Valor de r
Índice de Clorofila	0.005**	0.995
Altura de planta	0.024*	0.976
Diámetro de tallo	0.000**	1.00
Número de hojas verdes	0.008**	0.992
Altura de mazorca	0.036*	0.964
Número de entrenudos	0.027*	0.973
Peso de 100 granos	0.039*	0.961
Porcentaje de pudrición de mazorca	0.073ns	-0.927
Índice de cosecha	0.724ns	-0.276
Número de mazorcas por planta	0.020*	0.98
Diámetro de mazorca	0.022*	0.978
Número de hileras por mazorca	0.369ns	0.631

5.19 Análisis económico

En el cuadro dos se presentan los resultados del análisis económico, denotando un marcado efecto positivo del uso de urea recubierta con Nutrisphere-N acreditado a la relación beneficio costo parcial observada para cada tratamiento.

Los mayores ingresos son observados en el T1 y T4 sin embargo representan un mayor costo de producción, presentando una relación beneficio costo parcial muy por debajo de las obtenidas por el T2 (15.30 Lps) y T3 (21.27 Lps). La mayor relación beneficio costo parcial (T3: 21.27 Lps), supone que con la menor dosis de nitrógeno como urea haciendo uso del recubrimiento de Nutrisphere-N, se obtendrán las mayores ganancias en relación al capital invertido.

Cuadro 3. Análisis económico relación beneficio costo parcial para cada tratamiento.

Tratamientos	Costos (Lps)	Ingresos (Lps)	RBC
250 kg de N ha ⁻¹ + 1,100 ml de Nutrisphere-N ha ⁻¹	6,829.12	83,631.91	12.25
187.5 kg de N ha ⁻¹ + 900 ml de Nutrisphere-N ha ⁻¹	5,059.65	77,434.12	15.30
125 kg de N ha ⁻¹ + 600 ml de Nutrisphere-N ha ⁻¹	3,423.10	72,816.33	21.27
250 kg de N ha ⁻¹ sin Nutrisphere-N	6,641.30	79,323.67	11.94

VI. CONCLUSIONES

Las variables de crecimiento vegetativo (Altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, floración F/M, número de entrenudos, altura de mazorca) del maíz no mostraron diferencias marcadas en relación a las dosis de nitrógeno como urea sea con o sin recubrimiento de Nutrisphere-N, únicamente se encontraron diferencias significativas en base al testigo absoluto. De modo que el uso de urea con recubrimiento del polímero Nutrisphere-N tiene un efecto positivo sobre la tasa de crecimiento vegetativo de las plantas de maíz.

La aplicación de urea con recubrimiento de Nutrisphere-N mostro efectos significativos con relación a los componentes de rendimiento de maíz (Longitud de mazorca, diámetro de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera y rendimiento). Todos los tratamientos con nitrógeno recubiertos o no con Nutrisphere-N mostraron los mayores rendimientos similares entre sí pero diferentes al testigo (sin fertilizante), cuyos valores oscilaron entre 9,409 y 8,192 Kg ha⁻¹.

El T3 (125 Kg de N ha⁻¹ con Nutrisphere-N) mostro la mejor relación beneficio costo.

VII. RECOMENDACIONES

Realizar estudios en los cuales se compare la eficiencia de Nutrisphere-N en relación a otras tecnologías de fertilización (Reguladores de procesos químicos y biológicos) regidas bajo el mismo principio de liberación controlada.

Conducir un estudio en el que se puedan establecer los tiempos de aplicación adecuados para hacer más eficiente su uso tanto en aplicación como en disponibilidad para la planta.

Establecer en parcelas de validación los mejores tratamientos del presente ensayo.

Aprovechar las características de Nutrisphere-N cuyo objetivo es mejorar la eficiencia del uso de los fertilizantes, lo que se traduce un ahorro del mismo, reflejado en una mayor rentabilidad de la producción obtenida.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Adetiloye, O. 1984. Response maize and ear shoot characters growth. Factors in southern Nigeria. Field Crops Research on International Journal. US. 265- 277 p.

AGROPAL. s.f. Fertilizantes nitrogenados solidos (en línea). Consultado 26 mayo. 2013. Disponible en http://www.agropalsc.com/productos_agricultura_des.shtml.

Alvarado, LC. 2002. Respuesta del maíz (*Zea mays L.*) a la fertilización con nitrógeno, fosforo, potasio y zinc en suelos del norte de Tamaulipas. Tesis M.Sc. Nuevo León, MX, Universidad Autónoma De Nuevo León. 78 p.

Amadeo, CA. s.f. Fertilización nitrogenada (en línea). Consultado 29 mayo. 2013. Disponible en <http://www.elsitioagricola.com>.

Andrade, L y Ramírez, R. (s.f.). Influencia de la polinización sobre el llenado de la punta de la mazorca del maíz y otros caracteres. (En línea). Consultado 5 nov. 2013. Disponible en: <http://www.redpav.avepagro.org>.

Arévalo, G; Hernández, T; Salcedo, E; Galvis, A. 2007. Aplicación de fertilizantes sintéticos o abonos verdes y su efecto sobre la cantidad de nitrato residual en el suelo. Chapingo. Serie de ciencias forestales y del ambiente, vol. 13, no 002, 85-90 p.

Below, FE. 1995. Nitrogen metabolism and crop productivity (en línea). Consultado 1 jun. 2013. Disponible en <http://www.ipni.net>.

Brady, NC. 1990. The Nature and Properties of Soils. Ed. M Millan. 8 ed. New York, US. s.e. 639 p.

Camacho, J; Bonilla, R. 1999. Efecto de tres niveles de nitrógeno y tres densidades poblacionales sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de maíz (*Zea mays L.*). Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, NIC. 57 p.

Castañeda, R. 2009. Aplicación de cuatro fuentes de nitrógeno en el cultivo de maíz y su respuesta en el comportamiento agronómico y de rendimiento. Tesis Ing. Agr. Catacamas, Olancho, HN. UNA. 50 p.

Centeno, Y; Castro, J. 1993. Influencia de cultivos antecedentes y métodos de control de malezas sobre la cenosis de las malezas y el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos de maíz (*Zea mays L.*) y sorgo (*Sorghum bicolor L.*). Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, NIC. 54 p.

CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). s.f. Acame: Síntomas primarios (en línea). Consultado 4 nov. 2013. Disponible en: <http://maizedoctor.cimmyt.org>.

Cuadra, WA; Raudez, MJ. (2001). Evaluación del efecto residual de cuatro tipos de rastrojos bajo tres niveles de nitrógeno aplicados al cultivo de maíz (*Zea mays, L.*) Centro Nacional de Investigación Agropecuaria (CNIA), 1998. Desnitrificación. Tesis Ing. Agr. Managua, Nicaragua, Universidad Nacional Agraria. 11 p.

DISAGRO. 2011. Mayor aprovechamiento de nitrógeno (en línea). Consultado 1 jun. 2013. Disponible en www.caneros.org.mx.

Fallas, R; F. Bertsch; C. Echandi; C. Henríquez. 2011. Caracterización del desarrollo y absorción de nutrimentos del híbrido de maíz HC-57 (en línea). Consultado 15 nov. 2013. Disponible en: <http://www.scielo.sa.cr>.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1986. Guía de fertilizantes y nutrición vegetal. Interacción de los nutrientes y sus deficiencias Ed. Rev. Roma. 9 p.

_____. s.f. Estréses abióticos que afectan el maíz: Estrés de baja fertilidad (en línea). Consultado 15 nov. 2013. Disponible en: <http://www.fao.org>.

_____. s.f. Fisiología del maíz tropical: Distribución de los materiales asimilados (en línea). Consultado 15 nov. 2013. Disponible en: <http://www.fao.org>.

Ferraris, Gn; Couretot, LA. s.f. Pérdidas de nitrógeno por volatilización y su implicación en el rendimiento del cultivo de maíz: Efecto de la fuente, dosis y uso de inhibidores (en línea). Consultado 29 abr. 2013. Disponible en <http://www.profertilnutrientes.com>

Ferrufino, B. 2011. Evaluación de fuentes de nitrógeno y su efecto en el comportamiento agronómico y rendimiento del cultivo de maíz (*zea mays*). Tesis Ing. Agr. Catacamas, Olancho, HN. UNA. 38 p.

García, EA. 2012. Evaluación de fuentes foliares de zinc y su efecto en el comportamiento agronómico y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*). Tesis Ing. Agr. Catacamas, Olancho, HN. UNA. 56 p.

Guerrero, GA. 1996. El Suelo, los Abonos y la Fertilización de los Cultivos. Bilbao, ES Mundi-Prensa. 121 p.

INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). s.f. Reacción de los fertilizantes en el suelo: Volatilización de amónico a partir de la urea (en línea). Consultado 1 jun. 2013. Disponible en <http://www.slideshare.net/Fertil2009/volatilizacin>.

Jones, JB. 1998. Plant Nutrition. CRC Press. Florida, US. 140 p.

Lllanes, M; Valdés, R. 2012. Tecnología avanzada en fertilizantes: Nitrógenos de lenta entrega (en línea). Consultado 23 nov. 2013. Disponible en: http://www.asp-chile.cl/wp/wp-content/themes/primo-wp/_layout/images/info_tecnica/boletin05.pdf.

MARSCHNER, H. 2002. Mineral nutrition of higher plants. 2ª Ed. Academic Press (London). 889p.

Medina, P. (2010). Evaluación del comportamiento agronómico del híbrido de maíz (*Zea mays L.*) DK 7088 (En línea). Consultado 14 de abril del 2013. Disponible en: <http://www.monografias.com>.

Muños, R. 2005. Respuesta de cinco variedades comerciales de maíz (*Zea mays L.*) a tres niveles niveles de fertilización nitrogenada. Tesis Ing. Agr. Catacamas, Olancho, HN. UNA. 42 p.

Nolasco, RA. 2012. Evaluación de biofertilizantes, caldo sulfocálcico en la actividad biológica del suelo y en las características agronómicas del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*). Tesis Ing. Agr. Catacamas, Olancho, HN. UNA. 67 p.

PERURURAL. s.f. Cómo aprovechar nutrientes del suelo en cantidad y tiempo justo (en línea). Consultado 29 mayo. 2013. Disponible en <http://www.perurural.org>.

Petri, J y Tribio, M. 2009. Investigación y desarrollo: Fertilización ampliada (en línea). Consultado 1 jun. 2013. Disponible en www.profertilnutrientes.com.

PIONEER. s.f. Rendimiento del grano de maíz en relación al estrés durante las distintas etapas de desarrollo (en línea). Consultado 22 nov. 2013. Disponible en: http://www.pioneer.com/CMRoot/International/Argentina/productos_y_servicios/Boletin_Rendimiento_Maiz_en_relacion_a_stress.pdf.

Quinteros, CE; Boschetti, GN. 2001. Eficiencia de Uso del Nitrógeno en Trigo y Maíz en la Región Pampeana Argentina. Facultad de Ciencias Agropecuarias – UNER.

Ratto, S. 1991. Respuesta al maíz al agregado de zinc en ensayo de invernáculo. XII Congreso argentino de la ciencia del suelo.

Rengel, M. 2004. Crecimiento y dinámica de acumulación de nutrientes en maíz (en línea). Consultado el 05 de oct de 2013. Disponible en <http://www.ipni.net>.

Rios, G. 1998. Evaluación de la concentración y extracción de nutrientes por el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) y las malezas bajo diferentes sistemas de labranza. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, NIC. 67 p.

Rivas, S. 1993. Influencia de cultivos antecesores y métodos de control sobre cenosis de las malezas, crecimiento, desarrollo y rendimiento de maíz (*Zea mays L.*). Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, NIC. 53 p.

Rodriguez, S. 2012. Evaluación del comportamiento agronómico y rendimiento de tres híbridos de maíz (*Zea mays L.*) bajo riego por goteo, en playitas, departamento de Comayagua. Tesis Ing. Agr. Catacamas, Olancho, HN. UNA. 67 p.

SAG (Secretaria de Agricultura y Ganaderia). 2007. Honduras número uno en producción de maíz. HN. Consultado el 13 de abril del 2012. Disponible en: <http://www.sag.gob.hn>.

Saldaña, F; Calero, M. 1991. Efecto de rotación de cultivos y control de malezas sobre la cenosis de malezas en los cultivos de maíz (*Zea mays L.*), sorgo (*Sorghum bicolor*) y pepino (*Cucumis sativus.*). Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, NIC. 63 p.

Salvagiotti, F. s.f. Cuantificación de las pérdidas de nitrógeno por volatilización y su efecto en el rendimiento del cultivo de maíz (en línea). Consultado 10 de mayo del 2013. Disponible en: www.profertil.com.

Serrano, PG; Lucena, J; Ruano, S; Nogales, M. comps. 2009. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España: El suelo, los nutrientes, los fertilizantes y la fertilización (en línea). Consultado 26 abr. 2013. Disponible en <http://frutales.files.wordpress.com>.

Somarriba, A. s.f. Granos básicos (en línea). Consultado 23 nov. 2013. Disponible en: <http://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea34s/ch027.htm>.

SPF. s.f. NutriSphere-N Nitrogen Fertilizer Manager: New University Research Shows NutriSphere-N Significantly Reduces Nitrogen Loss (en línea). Consultado 26 mayo. 2013. Disponible en <http://sfp.com/our-products/nutrisphere-n/>.

Tanaka, J; Yamaguchi, J. 1984. Produccion de materia seca: Componentes del maiz. Colegio Post grado. Chapingo. MX. 37 p.

Tisdale, LS; Nelson, WL. comps. 1982. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. MX. UTHEA. 760 p.

Torres, M. S.f. Fertilización nitrogenada del cultivo de maíz (en línea). Consultado el 26 de oct del 2013. Disponible en: <http://www.fertilizando.com>.

Uhart, SA. 1995. Efecto de la disponibilidad de nitrógeno y carbono sobre la determinación del número de granos y del rendimiento en maíz. Tesis Ph.D. Buenos Aires, AR, Universidad Nacional De Mar del Plata. 110 p.

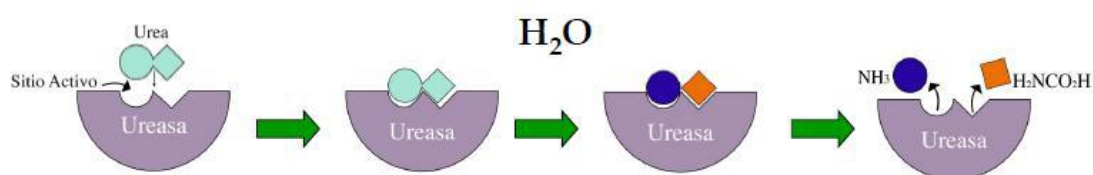
Zagal, E. s.f. El ciclo del nitrógeno en el suelo (en línea). Consultado 23 de mayo. Disponible en www.ciencia-ahora.cl

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo.

Ident	pH	%		Mg/L	Cmol(+) /L				Mg/L				
		M.O	N	P	K	Ca	Mg	Al	S	Cu	Fe	Mn	Zn
Nivel	7.4	1.02	0.051	48.33	0.15	13.58	1.15	0.03	13.65	3.08	36.03	22.3	1.71
	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Adecuado	Bajo	Adecuado	Adecuado	Alto	Alto	Alto	Adecuado

Anexo 2. Esquema simplificado de la acción de la enzima ureasa.



Anexo 3. Número de plantas cosechadas.

Tratamientos	N° de Plantas Cosechadas
T1	44.50
T2	43.75
T3	43.00
T4	43.50
T5	39.25

Anexo 4. Análisis de varianza para la variable altura de planta a los 30 DDS.

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Bloque	0.03	3	0.01	2.85	0.0821	ns
Tratamiento	0.32	4	0.08	23.96	0.0001	**
Error	0.04	12	3.4E-03			
Total	0.39	19				
CV= 7.10				R ² = 0.90		

Anexo 5. Análisis de varianza para la variable altura de planta a los 60 DDS.

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Bloque	0.03	3	0.01	0.73	0.5537	ns
Tratamiento	2.26	4	0.56	42.30	0.0001	**
Error	0.16	12	0.01			
Total	2.44	19				
CV= 4.76				R ² = 0.93		

Anexo 6. Análisis de varianza para la variable altura de planta a los 90 DDS.

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Bloque	0.03	3	0.01	1.22	0.3436	ns
Tratamiento	0.91	4	0.23	33.01	0.0001	**
Error	0.08	12	0.01			
Total	1.01	19				
CV= 3.57				R²= 0.92		

Anexo 7. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo a los 30 DDS.

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Bloque	0.04	3	0.01	1.82	0.1977	ns
Tratamiento	0.90	4	0.23	27.36	0.0001	**
Error	0.10	12	0.01			
Total	1.04	19				
CV= 8.33				R²= 0.91		

Anexo 8. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo a los 60 DDS.

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Bloque	0.06	3	0.02	2.45	0.1140	ns
Tratamiento	1.42	4	0.35	46.21	0.0001	**
Error	0.09	12	0.01			
Total	1.57	19				
CV= 3.96				R²= 0.94		

Anexo 9. Análisis de la varianza para la variable diámetro de tallo a los 90 DDS.

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Bloque	0.06	3	0.02	3.46	0.0511	ns
Tratamiento	1.68	4	0.42	77.64	0.0001	**
Error	0.06	12	0.01			
Total	1.80	19				
CV= 3.11				R²= 0.96		

Anexo 10. Análisis de varianza para la variable número de hojas verdes a los 30 DDS.

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Bloque	1.39	3	0.46	5.90	0.0103	*
Tratamiento	5.48	4	1.37	17.50	0.0001	**
Error	0.94	12	0.08			
Total	7.80	19				
CV= 5.53				R²= 0.88		

Anexo 11. Análisis de varianza para la variable número de hojas verdes a los 60 DDS.

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Bloque	0.46	3	0.15	0.62	0.6144	ns
Tratamiento	73.31	4	18.33	74.63	0.0001	**
Error	2.95	12	0.25			
Total	76.72	19				
CV= 3.51				R²= 0.96		

Anexo 12. Análisis de varianza para la variable número de hojas secas a los 60 DDS.

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Bloque	0.01	3	1.8E-03	1.00	0.4262	ns
Tratamiento	5.42	4	1.35	760.87	0.0001	**
Error	0.02	12	1.8E-03			
Total	5.45	19				
CV= 16.21				R²= 1.00		

Anexo 13. Análisis de varianza para la variable días a floración femenina.

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Bloque	6.55	3	2.18	5.04	0.0173	*
Tratamiento	35.20	4	8.80	20.31	0.0001	**
Error	5.20	12	0.43			
Total	46.95	19				
CV= 1.04				R²= 0.89		

Anexo 14. Análisis de varianza para la variable días a floración masculina.

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Bloque	3.35	3	1.12	2.27	0.1325	ns
Tratamiento	35.30	4	8.83	17.95	0.0001	**
Error	5.90	12	0.49			
Total	44.55	19				
CV= 1.11			R²= 0.87			

Anexo 15. Análisis de varianza para la variable altura de mazorca.

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Bloque	0.02	3	0.01	1.43	0.2831	ns
Tratamiento	0.33	4	0.08	18.82	0.0001	**
Error	0.05	12	4.4E-03			
Total	0.41	19				
CV= 6.19			R²= 0.87			

Anexo 16. Análisis de varianza para la variable número de entrenudos.

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Bloque	0.39	3	0.13	2.82	0.0841	ns
Tratamiento	14.25	4	3.56	77.29	0.0001	**
Error	0.55	12	0.05			
Total	15.19	19				
CV= 1.46			R²= 0.96			

Anexo 17. Análisis de varianza para la variable número de mazorcas por planta.

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Bloque	0.02	3	0.01	4.70	0.0215	*
Tratamiento	0.01	4	3.2E-03	2.60	0.0001	**
Error	0.01	12	1.2E-03			
Total	0.05	19				
CV= 3.34			R²= 0.67			

Anexo 18. Análisis de varianza para la variable porcentaje de pudrición de mazorca.

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Bloque	0.80	3	0.27	0.35	0.7917	ns
Tratamiento	7.11	4	1.78	2.32	0.1164	ns
Error	9.20	12	0.77			
Total	17.11	19				
CV= 34.04				R²= 0.46		

Anexo 19. Análisis de varianza para la variable longitud de mazorca.

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Bloque	1.06	3	0.35	0.94	0.4537	ns
Tratamiento	91.38	4	22.84	60.68	0.0001	**
Error	4.52	12	0.38			
Total	96.95	19				
CV= 3.72				R²= 0.95		

Anexo 20. Análisis de varianza para la variable diámetro de mazorca.

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Bloque	0.03	3	0.01	1.48	0.2704	ns
Tratamiento	1.17	4	0.29	48.62	0.0001	**
Error	0.07	12	0.01			
Total	1.27	19				
CV= 1.52				R²= 0.94		

Anexo 21. Análisis de varianza para la variable número de hileras por mazorca.

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Bloque	1.12	3	0.37	0.58	0.6372	ns
Tratamiento	3.97	4	0.99	1.55	0.2501	ns
Error	7.68	12	0.64			
Total	12.77	19				
CV= 4.75				R²= 0.40		

Anexo 22. Análisis de varianza para la variable número de granos por hilera.

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Bloque	2.42	3	0.81	0.58	0.6410	ns
Tratamiento	541.61	4	135.40	96.79	0.0001	**
Error	16.79	12	1.40			
Total	560.82	19				
CV= 3.08			R²= 0.97			

Anexo 23. Análisis de varianza para la variable peso de 100 granos.

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Bloque	5.28	3	1.76	0.26	0.8505	ns
Tratamiento	144.68	4	36.17	5.41	0.0100	*
Error	80.24	12	6.69			
Total	230.21	19				
CV= 7.83			R²=0.65			

Anexo 24. Análisis de varianza para la variable índice de cosecha.

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Bloque	0.05	3	0.02	1.84	0.1930	ns
Tratamiento	0.03	4	0.01	0.89	0.5010	ns
Error	0.12	12	0.01			
Total	0.20	19				
CV= 22.57			R²=0.43			

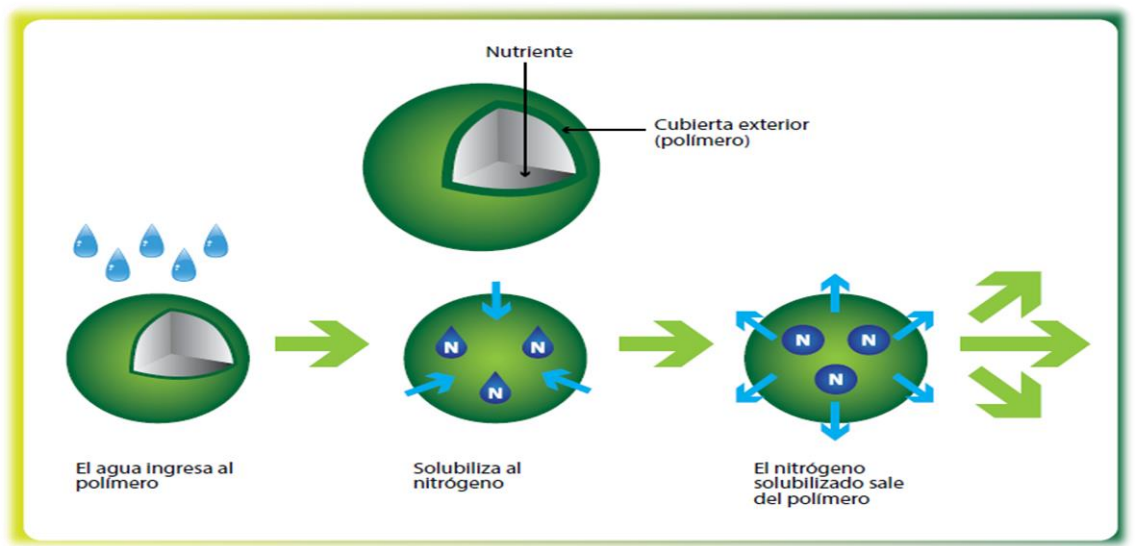
Anexo 25. Análisis de la varianza para la regresión índice de clorofila vs dosis de nitrógeno como urea recubierto con Nutrisphere-n.

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Regresión	1532.93	1	1532.93	11.28	0.078	ns
Lineal	1532.93	1	1532.93	11.28	0.078	ns
Cuadrática	248.92	1	248.92	10.83	0.188	ns
Error	271.91	2	135.96			
Total	1804.84	3				

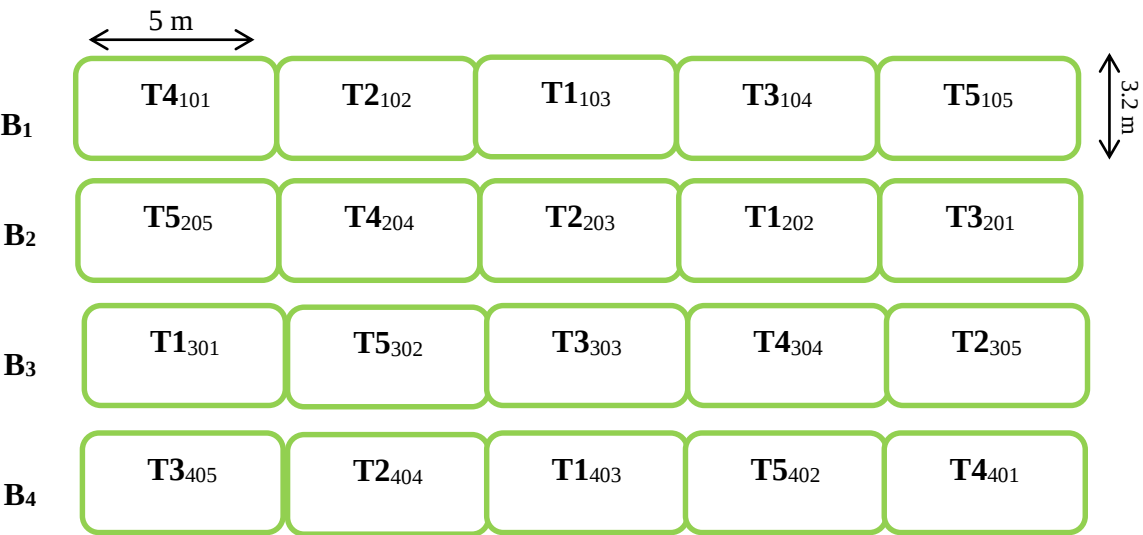
Anexo 26. Análisis de la varianza para la regresión rendimiento vs dosis de nitrógeno como urea recubierta con Nutrisphere-n.

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	Significancia
Regresión	17492594	1	17492594	20.74	0.045	*
Lineal	17492594	1	17492594	20.74	0.045	*
Cuadrática	1550418	1	1550418	11.34	0.184	ns
Error	1687135	2	843567			
Total	19179729	3				

Anexo 27. Esquema de liberación del polímero Nutrisphere-N



Anexo 28. Croquis de campo



Anexo 29. Cronograma de actividades.

Nº	Actividad	Meses asignados para la realización del proyecto de tesis																			
		Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre			
1	Preparación del terreno																				
2	Siembra de maíz																				
3	Fertilización																				
4	Toma de datos																				
5	Cosecha																				
6	Tabulación de datos																				
7	Elaboración de reporte																				