

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**MEJORANDO LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE
MAÍZ (*Zea mays*), MEDIANTE EL USO DEL MEDIDOR DE CLOROFILA (CCM-
200 PLUS), CON PEQUEÑOS PRODUCTORES DE LA COMUNIDAD NUEVA
ESPERANZA, CATACAMAS.**

POR:

JOSÉ ALEJANDRO GUERRERO HERNÁNDEZ

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGRÓNOMO**



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A

DICIENMBRE 2013

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**MEJORANDO LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE
MAÍZ (*Zea mays*), MEDIANTE EL USO DEL MEDIDOR DE CLOROFILA (CCM-
200 PLUS), CON PEQUEÑOS PRODUCTORES DE LA COMUNIDAD NUEVA
ESPERANZA, CATACAMAS.**

POR:

JOSÉ ALEJANDRO GUERRERO HERNÁNDEZ

JOSÉ TRINIDAD REYES SANDOVAL, M. Sc.

ASESOR PRINCIPAL

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, CA

DICIEMBRE 2013

DEDICATORIA

A **Dios** por darme el privilegio de gozar de la vida, la oportunidad de haber cursado por esta institución y estar a mi lado en cada una de las situaciones difíciles de mi vida, brindando sabiduría y fortaleza en esos momentos de angustia.

A mi madre **Irma Sagrario Hernández Flores**, por ser lo más valioso que Dios me ha regalado, y por su amor y apoyo incondicional en todo momento de mi vida.

A mi padre **José Darío Guerrero Ramos**, a pesar de las circunstancias de la vida, nunca me ha negado su apoyo incondicional en todo momento de mi vida.

A mis abuelos **María Trinidad Flores y José Alberto Hernández**, por la formación que me han dado tanto espiritual como moralmente, brindándome sus sabios conocimientos en el diario vivir.

A mis tíos (as), en especial a **Elsy Xiomara Hernández y Luis Adolfo Hernández**, por su apoyo incondicional y motivación brindándome consejos que me han ayudado en mi formación profesional, así como también a primos (as) y demás familiares.

AGRADECIMIENTO

A **Dios** por permitirme concluir mi trabajo de tesis y darme la fortaleza para poder terminar mi carrera profesional.

A **mis padres** porque de no ser por su apoyo no hubiera sido posible y tantos sacrificios vividos, por brindarme confianza y seguridad.

A mis tías, primos y demás familiares

A mi novia **Paola Mercedes Zuniga Zuniga**, por su apoyo incondicional en todo momento, en estos 4 años que curse en esta institución.

A mis asesores; **M Sc José Trinidad Reyes Sandoval** que más que una asesor es un amigo, por brindarme parte de sus conocimientos como docente y como persona, por su valiosa colaboración y sabios consejos que ayudo en mi proceso de formación, **M Sc Gustavo López**, por la dirección y supervisión de este trabajo. Gracias por su dedicación, profesionalidad, paciencia y disponibilidad.

A **LA ORGANIZACION RDS-HN** (Red de Desarrollo Sostenible) por la oportunidad de a ver financiado mi investigación y por brindarme todo su apoyo en todo momento, por los consejos y las capacitaciones impartidas durante la ejecución del proyecto TIC-SAN

A los compañeros de la **CLASE KAYROS** con los que pase buenos y malos momentos para recordar siempre, **ÉXITO** amigos.

A MIS AMIGOS INCONDICIONALES QUE SIEMPRE ESTUVIERON CONMIGO: Ever Josué Inestroza, Darwin Joel Garcia, Edgar Fernando Guevara, Hever Iban Guevar, Silas Moises Henriques, Alex Manuel Hernández, Orlin Ariel Gonzales, Nerlin flores, Nora lizeth Godoy, por estar con migo en las buenas y en las malas, no como amigos si no como hermanos.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA por ser mi casa de estudios y por darme la oportunidad de optar a una beca completa, **UNA** siempre estarás en mi mente.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN.....	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general:	3
2.2. Objetivos específicos:	3
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
4.1. Nitrógeno.....	4
4.1.1. Funciones del nitrógeno en las plantas.....	4
4.1.2. Formas de nitrógeno en el suelo.....	5
4.1.3. Formas utilizables de nitrógeno.	5
4.1.4. Movimientos de nitrógeno en el suelo.	6
4.1.5. Forma de aplicación del nitrógeno.	6
4.2. Fertilización nitrogenada en maíz.	6
4.3. Importancia del nitrógeno en la nutrición del maíz.....	7
4.3.1. Requerimiento de nutrientes por el cultivo de maíz.....	7
4.4. Clorofila	8
4.4.1. Relación clorofila nitrógeno.....	9
4.5. Pérdidas de nitrógeno	9
4.5.1. Pérdidas por volatilización	10
4.5.2. Pérdidas por lixiviación.....	10
4.5.3. Pérdidas por nitrificación	11
4.5.4. Pérdidas por desnitrificación	11
4.6. Deficiencia de nitrógeno en la planta.	11
4.7. Balance de nitrógeno.....	12

4.8. Etapas fenológica del maíz.....	12
4.9. Periodo crítico de la necesidad de N del maíz.....	16
4.10. Manejo de la fertilización nitrogenada.....	16
4.11. Fertilizantes nitrogenados	16
4.11.1. Urea.....	17
4.11.2. Nitrato de amonio.....	17
4.12. Medidores de clorofila	18
4.12.1. Modo de utilizar los medidores de clorofila (ccm-200 plus).	20
4.12.2. Funcionamiento del medidor de clorofila (ccm-200 plus).	20
4.12.3. Utilización del medidor de clorofila (ccm-200 plus).	21
V. MATERIALES Y METODO.....	22
5.1. Descripción del sitio del experimento.....	22
5.2. Materiales y equipo.....	22
5.3. Manejo del experimento.....	22
5.3.5. Descripción de tratamiento y material experimental.....	23
5.4. Diseño experimental.....	24
5.5. Variables evaluadas.....	25
5.5.1. Índice de contenido de clorofila.....	25
5.5.2. Altura de planta.....	25
5.5.3. Dias a floración masculina.....	26
5.5.4. Dias a floración femenina.....	26
5.5.5. Número de mazorcas por planta.....	26
5.5.6. Altura de la mazorca.....	26
5.5.7. Longitud de mazorca.....	26
5.5.8. Diámetro de mazorca.....	27
5.5.9. Hilera por mazorca.....	27
5.5.10. Número de granos por hilera.....	27
5.5.11. Peso de 100 granos.....	27
5.5.12. Peso de mazorca con tuza.....	27
5.5.13. Peso de mazorca.....	28
5.5.14. Peso de tuza.....	28
5.5.15. Biomasa foliar.....	28

5.5.16 Peso de olote.....	28
5.5.17 Diámetro de tallo.....	28
5.5.18 Porcentaje de pudrición de mazorca.....	29
5.5.19. Rendimiento de maíz (kg/ha).	29
5.6. Análisis estadístico de la información.....	29
5.7. Análisis económico.	30
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
6.1 Índice de contenido de clorofila.....	31
6.2 Altura de planta de maíz.....	34
6.3 Dias a floración masculina y femenina.	35
6.4 Numero de mazorcas por planta.....	37
6.5 Altura de mazorca	38
6.6 Longitud y diámetro de mazorca.....	39
6.7 Hileras y granos por mazorca.....	41
6.8 Peso de 100 granos.....	43
6.9 Peso de mazorca con tuza, mazorca sin tuza, tusa y olote	44
6.10 Biomasa foliar	48
6.11 Diámetro de tallo.....	49
6.12 Porcentaje de pudrición de mazorca.....	50
6.13 Rendimiento de maíz.....	51
6.14 Análisis económico	53
6.15 Otras actividades complementarias.....	54
6.15.1 Capacitaciones los productores sobre el uso del medidor de clorofila.....	54
VII. CONCLUSIONES	56
VIII. RECOMENDACIONES.....	57
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	58
ANEXOS.....	64

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos.....	23
Cuadro 2. Dias a floración masculina y femenina bajo niveles creciente de N.	37
Cuadro 3. Análisis económico marginal relación beneficio costo parcial por cada tratamiento.	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Relación entre el índice de contenido de clorofila en V3 y el rendimiento del cultivo de maíz.	31
Figura 2. Relación entre el índice de contenido de clorofila en V6 y el rendimiento del cultivo de maíz.	32
Figura 3. Relación entre el índice de contenido de clorofila en V9 y el rendimiento del cultivo de maíz.	33
Figura 4. Relación entre el índice de contenido de clorofila en R5 y el rendimiento del cultivo de maíz.	34
Figura 5. Promedios de altura de planta bajo niveles crecientes de N.	35
Figura 6. Promedios de mazorcas por planta bajo niveles crecientes de N.....	38
Figura 7. Promedios de altura de mazorca bajo niveles crecientes de N.....	39
Figura 8. Promedios de longitud y diámetro de mazorca bajo niveles crecientes de N.	40
Figura 9. Promedios de hileras y granos por hilera bajo niveles crecientes de N.	43
Figura 10. Promedios de peso de 100 granos bajo niveles crecientes de N.	44
Figura 11. Promedios de peso de mazorcas con tuza, sin tuza, tuza y olote bajo niveles crecientes de N.....	46
Figura 12. Promedios de biomasa bajo niveles crecientes de N.....	49
Figura 13. Promedios de diámetro de tallo bajo niveles crecientes de N.	50
Figura 14. Promedios de porcentaje de pudrición de mazorca bajo niveles crecientes de N.	51
Figura 15. Promedios de rendimiento bajo niveles crecientes de N.....	52

LISTA DE ANEXOS

Anexo. 1. Análisis de varianza para el nivel de clorofila total, haciendo uso del medidor de clorofila primera medición en la comunidad de nueva esperanza.	65
Anexo. 2. Análisis de varianza para el nivel de clorofila total, haciendo uso del medidor de clorofila segunda medición en la comunidad de nueva esperanza.	65
Anexo. 3. Análisis de varianza para el nivel de clorofila total, haciendo uso del medidor de clorofila tercera medición en la comunidad de nueva esperanza.	65
Anexo. 4. Análisis de varianza para el nivel de clorofila total, haciendo uso del medidor de clorofila cuarta medición en la comunidad de nueva esperanza.	66
Anexo. 5. Análisis de varianza para la variable altura de plantas en la comunidad de nueva esperanza.	66
Anexo. 6. Análisis de varianza para la variable días a floración masculina en la comunidad de nueva esperanza.	66
Anexo. 7. Análisis de varianza para la variable días a floración femenina en la comunidad de nueva esperanza.	67
Anexo. 8. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo en la comunidad de nueva esperanza.	67
Anexo. 9. Análisis de varianza para la variable altura de mazorca en la comunidad de nueva esperanza.	67
Anexo. 10. Análisis de varianza para la variable mazorca por planta en la comunidad de nueva esperanza.	68
Anexo. 11. Análisis de varianza para la variable porcentaje de pudrición de mazorca en la comunidad de nueva esperanza.	68
Anexo. 12. Análisis de varianza para la variable longitud de mazorca en la comunidad de nueva esperanza.	68

Anexo. 13. Análisis de varianza para la variable diámetro de mazorca en la comunidad de nueva esperanza.....	69
Anexo. 14. Análisis de varianza para la variable hilera por mazorca en la comunidad de nueva esperanza.....	69
Anexo. 15. Análisis de varianza para la variable granos por hilera en la comunidad de nueva esperanza.....	69
Anexo. 16. Análisis de varianza para la variable peso de 100 granos en la comunidad de nueva esperanza.....	70
Anexo. 17. Análisis de varianza para la variable biomasa en la comunidad de nueva esperanza.	70
Anexo. 18. Análisis de varianza para la variable peso de mazorca con tuza en la comunidad de nueva esperanza.	70
Anexo. 19. Análisis de varianza para la variable peso de mazorca sin tuza en la comunidad de nueva esperanza.	71
Anexo. 20. Análisis de varianza para la variable peso de la tuza en la comunidad de nueva esperanza.	71
Anexo. 21. Análisis de varianza para la variable peso de olote en la comunidad de nueva esperanza.	71
Anexo. 22. Análisis de varianza para la variable rendimiento en la comunidad de nueva esperanza.	72

Guerrero Hernández, JA. 2013. Mejorando la fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz (*Zea maíz*), mediante el medidor de clorofila (ccm-200 plus), con pequeños productores de la comunidad Nueva Esperanza, Catacamas, Tesis Ing. Agr. Catacamas, Honduras. Universidad Nacional de Agricultura. 83 p.

RESUMEN

El experimento se realizó en la comunidad de La Nueva Esperanza del municipio de Catacamas, Olancho entre los meses de julio y noviembre, coincidiendo con las épocas de lluvia de la zona. El objetivo de evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de maíz mediante diferentes dosis de aplicación de nitrógeno (*Zea mays*). Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones (20 unidades experimentales). Las unidades experimentales estaban formadas de cinco surcos de cinco metros de longitud y cuatro metros de ancho, con un distanciamiento entre surco de 0.80 m. y 0.25 m entre plantas. El área de cada tratamiento comprendió de 20 m². El área total del experimento fue de 400.00 m², con una densidad de siembra de 50,000 plantas/ha. Los tratamientos evaluados fueron tratamiento cero (T0) aporte 0 kg/ha, el (T1) aporte 60 kg/ha, el (T2) aporte 120 kg/ha, el (T3) aporte 180 kg/ha y el (T4) aporte 240 kg/ha. Las variables evaluadas fueron días a floración masculina y femenina, altura de planta y de mazorca, número de mazorcas totales, porcentaje de mazorcas podridas, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, diámetro de tallo, hileras por mazorca, número de granos por hilera, peso de 100 granos, peso de mazorca con tuza, peso de la tuza, peso de mazorca sin tuza, peso de olote, peso de maíz y rendimiento de maíz. De acuerdo con los análisis de varianza y la prueba de tukey los resultados del tratamiento cuatro (240 kg/ha), obtuvo los promedios mayores en todas las variable a excepción de la variable porcentaje de mazorca podrida que obtuvo mayor promedio el tratamiento cero (0 kg/ha). El mayor promedio en la variable rendimiento fue de 3,339.10 alcanzado por el tratamiento cuatro (240 kg/ha), y el promedio más bajo fue de 1,512.60 kg/ha alcanzado por el tratamiento cero (0 kg/ha).

Palabras claves: nitrógeno, maíz, tratamiento, formula 12-24-12, urea (46%) y (ccm-200 plus).

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*, L.) en Honduras tiene gran importancia ya que es el grano básico fundamental en la alimentación de la población y en la industria de concentrados para la alimentación animal (PRIAG 1999). El maíz es el grano básico de los pueblos y culturas del continente americano. Las más antiguas civilizaciones de América desde los olmecas y teotihuacanos en Mesoamérica, hasta los incas y quechuas en la región andina de Sudamérica estuvieron acompañadas en su desarrollo por esta planta.

Existen en Honduras alrededor de 500,000 familias de pequeños agricultores, que cultivan maíz. Los pequeños productores se encuentran dispersos, lo que limita su integración productiva y comercial; además trabajan explotaciones de subsistencia, con tecnología predominantemente manual debido a que cultivan sobre laderas, y casi siempre sin usar semillas mejoradas (IICA, 2007). El 57.4% del número de las extensiones sembradas con maíz usan el sistema tradicional, el cual no es competitivo, el 32.6% el sistema semi-tecnificado y el 10% utiliza el sistema tecnificado. Por otro lado, los rendimientos en el sistema tradicional son de 20 qq/ha, en el sistema semi-tecnificado son de 40.5 qq/ha y 75 qq/ha en el tecnificado (SAG, 2007).

El nitrógeno es un nutriente esencial para los seres vivos, ya que es uno de los constituyentes principales de compuestos vitales como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos, así como también las paredes celulares y clorofila en los vegetales como el maíz. (Perdomo, et al, s.f).

El medidor de clorofila (ccm-200 plus) es un método rápido y fácil de utilizar, que permite realizar muestreos frecuentes de la variabilidad que puede haber en cuanto a la aplicación de fertilizantes nitrogenados en un sitio comparado con otros métodos que determinan el nitrógeno en la planta. Numerosos estudios han demostrado variaciones del índice de verdor generadas por distintos genotipos de una misma especie, entre estados de crecimiento, independientemente de la aplicación de N, y por la disponibilidad hídrica (García y Daverede s.f).

El uso del medidor de clorofila (ccm-200 plus), al monitorear el cultivo de maíz, se puede observar el estado nutricional de la planta, y el contenido de nitrógeno que esta tiene. A través de constantes monitoreo con el medidor de clorofila (ccm-200 plus), se estará detectando las necesidades de fertilización nitrogenada para poder corregir las deficiencias de N a tiempo para que estas no repercutan en el rendimiento del cultivo.

A través del medidor de clorofila (ccm-200 plus), se puede reducir los costos en fertilizante principalmente de aquellos con alto contenido de nitrógeno, ya que a través de este podemos determinar y analizar el porcentaje de nitrógeno que la planta tiene o si esta deficiente en este elemento, por consiguiente se podrá tomar una medida para solventar dicho problema. Si la planta no presenta deficiencia de nitrógeno, el productor podrá darse cuenta a través del medidor de clorofila (ccm-200 plus), que no hay necesidad de aplicar nitrógeno al cultivo, así los pequeños productores reducirán los costos en la producción.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general:

Optimizar el uso de fertilizantes nitrogenados mediante el monitoreo del estado nutricional del cultivo de maíz utilizando el medidor de clorofila.

2.2. Objetivos específicos:

1. Capacitar a los agricultores mediante TIC (Tecnologías de Investigación y Comunicación) en el uso del medidor de clorofila (ccm-200 plus).
2. Describir el estado nutricional de las plantas mediante mediciones del contenido de clorofila realizadas con el medidor de clorofila (ccm-200 plus).
3. Evaluar la respuesta de las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados de acuerdo con las mediciones del sensor de nitrógeno.
4. Validación del medidor de clorofila como una herramienta de diagnóstico para determinar el nivel de nitrógeno del maíz y evaluar su capacidad para predecir el rendimiento.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Nitrógeno

El porcentaje de nitrógeno de la atmósfera es de un 78%, sin embargo, dicho elemento se encuentra en la atmósfera como N_2 y éste es poco reactivo en la mayoría de condiciones naturales, solo pudiendo pasar a formas aprovechables por las plantas (amonio o nitrato) mediante la fijación de N_2 .

Las principales salidas de N del suelo son la extracción por parte de la planta y las pérdidas por volatilización de amoníaco, escorrentía, lixiviación de nitrato y en forma gaseosa por nitrificación y/o desnitrificación.

4.1.1. Funciones del nitrógeno en las plantas.

El nitrógeno se ha encontrado en las plantas tanto en forma orgánica como en forma inorgánica, combinado con C, H, O y algunas veces, con S formando aminoácidos, aminoenzimas, ácidos nucleicos, clorofila, alcaloides y bases purínicas, mientras que el nitrógeno inorgánico puede acumularse 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, 1998).

El nitrógeno influye en el rendimiento y también en la calidad de las cosechas, pues de él depende el contenido de proteínas del grano. Cuando la planta presenta deficiencias de nitrógeno disminuye el vigor, las hojas son pequeñas, las puntas de las hojas toman un

color amarillo, que poco a poco se va extendiendo a lo largo de la nervadura central dando lugar a una especie de dibujo en forma de V (Guerrero, 1996).

El nitrógeno es esencial para el metabolismo de los carbohidratos, estimula el crecimiento radicular y el desarrollo de las plantas así como la asimilación de otros nutrientes (Brady, 1990).

4.1.2. Formas de 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.

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

4.1.3. Formas utilizables de nitrógeno.

Las formas de nitrógeno que utilizan 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. El NH_4^+ participa en el intercambio catiónico dentro del suelo. El nitrito (NO_2) puede estar presente en la solución del suelo bajo condiciones anaeróbicas y es tóxico para las plantas a muy bajos niveles (Jones, 1998).

4.1.4. Movimientos de nitrógeno en el suelo.

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, 1982).

4.1.5. Forma de aplicación del nitrógeno.

Los fertilizantes se deben aplicar o colocar de tal manera que puedan ser alcanzados por las raíces de las plantas. Si el fertilizante nitrogenado se aplica al momento de la siembra, nunca debe estar en contacto con la semilla; debe colocarse de 5 a 10 cm a un lado y debajo de la semilla (Cooke, 1979).

4.2. Fertilización nitrogenada en maíz.

En las últimas décadas, la selección y adopción de materiales genéticos con mayor potencial de rendimiento y el uso de diferentes tecnologías, han incrementado el rendimiento y la calidad del cultivo de maíz. Sin embargo, la producción de granos de este cultivo está principalmente limitada por el uso de fertilizantes nitrogenados y la disponibilidad de agua en el suelo (Pedrol H.M et al. 2003).

Según García, (2006), es importante destacar que la tecnología empleada en la agricultura moderna de alta producción en la actualidad, incrementa continuamente los rendimientos de los cultivos y con ello la tasa de extracción de nutrientes del suelo por parte de los cultivos y pérdidas que se dan por erosión de los suelos. Las estimaciones actuales indican que casi todo el maíz recibe fertilización, pero que las dosis de fertilizante utilizadas serían del 75%

de las consideradas necesarias para cubrir las extracciones de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S).

4.3. Importancia del nitrógeno en la nutrición del maíz

Uno de los macronutrientes que limita la producción del cultivo de maíz es el nitrógeno que desempeña un papel muy importante participando en la síntesis de proteínas y por ello es vital para todos los procesos metabólicos de la planta (Andrade et al, 1996).

La deficiencia de nitrógeno en la planta provoca reducciones severas en el crecimiento de la planta, por lo que se verá afectada la producción, debido a una baja tasa de crecimiento foliar que reduce la captación de la radiación fotosintética de la planta, la cual es la fuente para la producción de energía.

La deficiencia de nitrógeno se observa en la planta de maíz por presentar un color amarillento en las hojas, especialmente en las hojas más viejas, así como también provoca una mala formación de la mazorca mostrándose con un tamaño pequeño y sin llenar de granos en la punta de la mazorca. Por lo tanto, las dosis y el momento de aplicación de los fertilizantes nitrogenados son dos factores que se deben tomar muy en cuenta para una buena eficiencia del nitrógeno, para obtener buenas producciones (Jokela y Randall, 1998).

4.3.1. Requerimiento de nutrientes por el cultivo de maíz

La extracción en grano de los nutrientes esenciales para producir una tonelada de grano de maíz. Debe tenerse en cuenta que esta información resulta de numerosas referencias nacionales e internacionales y que existe una marcada variabilidad según ambiente y manejo del cultivo. Un cultivo de maíz de 12000 kg/ha de rendimiento necesita absorber aproximadamente 264, 48 y 48 kg/ha de nitrógeno (N), fósforo (P) azufre (S), respectivamente.

El cultivo de maíz es muy exigente en la demanda de nutrientes por lo cual se mencionan los nutrientes que el cultivo necesita para su desarrollo:

Nitrógeno requerimiento kg/ton es de 22 obteniendo un índice de cosecha de 0.66 y una extracción de 14.5. Fosforo requerimiento kg/ton es de 4 obteniendo un índice de cosecha de 0.75 y una extracción de 3.0. Potasio requerimiento kg/ton es de 19 obteniendo un índice de cosecha de 0.21 y una extracción de 4. Calcio requerimiento kg/ton es de 3 obteniendo un índice de cosecha de 0.07 y una extracción de 0.2.

Magnesio requerimiento kg/ton es de 3 obteniendo un índice de cosecha de 0.28 y una extracción de 0.8. Azufre requerimiento kg/ton es de 4 obteniendo un índice de cosecha de 0.45 y una extracción de 1.8. Boro requerimiento g/ton es de 20 obteniendo un índice de cosecha de 0.25 y una extracción de 5. Cloro requerimiento g/ton es de 444 obteniendo un índice de cosecha de 0.06 y una extracción de 27. Cobre requerimiento g/ton es de 13 obteniendo un índice de cosecha de 0.29 y una extracción de 4.

Hierro requerimiento g/ton es de 125 obteniendo un índice de cosecha de 0.36 y una extracción de 45. Manganeso requerimiento g/ton es de 189 obteniendo un índice de cosecha de 0.17 y una extracción de 32. Molibdeno requerimiento g/ton es de 1 obteniendo un índice de cosecha de 0.63 y una extracción de 1.0, Sinc requerimiento g/ton es de 53 obteniendo un índice de cosecha de 0.50 y una extracción de 27.

4.4. Clorofila

La clorofila es un pigmento fotosintético primario de la planta que junto con el nitrógeno foliar varía con la radiación solar (Lohry y Schepers, citado por Mendoza et al. 1988).

López, B.L citado por Mendoza, M. et al. (1990). la deficiencia de nitrógeno altera la concentración y funcionalidad de la clorofila en la planta de maíz así como también la eficiencia en la utilización de la luz solar en la fotosíntesis problema que se corregiría con la fertilización química.

En las plantas de maíz, el contenido de N foliar y el contenido de clorofila medido mediante el clorofilómetro están positivamente correlacionadas, excepto en los estados iniciales de desarrollo del maíz. En situaciones en que la disponibilidad de N es grande, las lecturas del contenido de clorofila con el clorofilómetro y el N foliar son poco correlacionadas, porque el potencial del sistema fotosintético ya se encuentra convirtiendo la energía lumínica en energía química y el excedente de N se encuentra formando parte de otros compuestos de reserva (Argenta *et al.*, 2001, Bullock y Anderson, 1998, Zotarelli *et al.*, 2003).

4.4.1. Relación clorofila nitrógeno

La clorofila en la hoja está estrechamente relacionada con la concentración de N y por lo tanto, refleja el estado nutricional de la planta con respecto a este importante nutriente. El N es necesario para la síntesis de la clorofila y como parte de esta molécula, está involucrado en el proceso de la fotosíntesis. Cantidades adecuadas de N en la planta, producen hojas de color verde oscuro debido a que estas tienen alta concentración de clorofila. El pigmento verde de la clorofila absorbe la energía de la luz necesaria para iniciar la fotosíntesis y obtener la energía necesaria para sus procesos fisiológicos (Salisbury y Ross, 1992; Potash and Phosphate Institute, 1997).

4.5. Pérdidas de nitrógeno

La eficiencia y el uso de N de distintas fuentes nitrogenadas son similares cuando los fertilizantes son incorporados. Aplicaciones superficiales de N pueden resultar con pérdidas por volatilización, lixiviación, desnitrificación, de amoníaco cuando se utiliza urea o fuentes que contengan urea (García *et al.*, 1999; Sainz Rozas *et al.*, 1999; Urricarri *et al.*, 2000).

4.5.1. Pérdidas por volatilización

La pérdida de nitrógeno (N) por volatilización del gas amoníaco (NH_3) puede ser la principal causa de la baja eficiencia de algunos fertilizantes amoniacales. Dichas pérdidas son el resultado de numerosos procesos químicos, físicos y biológicos, cuya magnitud es afectada por factores de ambiente, suelo y manejo tales como temperatura, pH del suelo, capacidad de intercambio catiónico (CIC), materia orgánica, cobertura y calidad de residuos en superficie, viento, tensión de vapor superficial y la dosis y localización del fertilizante. En los últimos años, se han desarrollado inhibidores de la enzima ureasa, que cataliza la hidrólisis de la urea, para reducir las pérdidas por volatilización y mejorar la eficiencia de uso del N aplicado.

4.5.2. Pérdidas por lixiviación

La lixiviación es otra de la más importante forma que el nitrógeno se pierde, la lixiviación de NO_3 , ocurre por lo tanto con el agua de drenaje cuando el suelo está saturado de agua y la entrada de agua supera la pérdida de la misma por evapotranspiración. Numerosos estudios indican que la aplicación de cantidades mayores de fertilizante nitrogenado que la dosis óptima hace incrementar notablemente el nitrato lixiviado en las aguas de drenaje ya que se rebasa la capacidad del cultivo de aprovechar el N aplicado (Chaney, 1990; Richards et al., 1996; Kjellerup y Dam Kofoed, 1983; Lord y Mitchell, 1998).

De acuerdo a Addiscott (1990) la lixiviación de NO_3 consiste en el movimiento de este anión por el agua gravitacional a través del perfil del suelo. El cual es un proceso irreversible que implica la pérdida de N del sistema de producción sin posibilidad de que retorne a la zona de explotación de las raíces.

4.5.3. Pérdidas por nitrificación

La nitrificación es un proceso aeróbico microbiano relativamente constante en los ecosistemas. En él, el amonio se oxida primero a nitrito y posteriormente a nitrato. En este proceso de oxidación de amonio a nitrito se puede producir y liberar N_2O a la atmósfera (Wrage et al., 2001).

Por lo tanto, la disponibilidad de amonio (NH_4^+) y oxígeno son los factores más importantes que controlan la nitrificación del suelo (Firestone y Davidson, 1989).

4.5.4. Pérdidas por desnitrificación

La desnitrificación es un proceso anaeróbico en el que el carbono orgánico se utiliza como fuente de energía y el nitrato como oxidante, reduciéndose a los compuestos gaseosos nitrogenados finales N_2O y N_2 . Así, los principales factores que controlan la desnitrificación biológica son la presencia de oxígeno, la disponibilidad de carbono y la de nitrato y otros óxidos de nitrógeno (Tiedje, 1988).

Sin embargo, la desnitrificación sólo será favorable dependiendo del gas obtenido como producto final. Si el gas producido es N_2 no hay riesgo desde el punto de vista ambiental. Sin embargo, si la reducción de nitrato produce como producto final N_2O , la situación cambia ya que el N_2O contribuye al calentamiento global y también participa de forma indirecta en la reducción de la capa de ozono (Gasteiz V, 2007).

4.6. Deficiencia de nitrógeno en la planta.

Cuando las plantas presentan deficiencias de nitrógeno se vuelven raquílicas y amarillas. Este amarillamiento o clorosis aparece primeramente en las hojas inferiores mientras las hojas superiores permanecen verdes. En caso de grave deficiencia de nitrógeno las hojas se

vuelven color marrón y mueren. La tendencia de las hojas superiores a permanecer verdes mientras las inferiores amarillas mueren indica la movilidad del nitrógeno en la planta (Tisdale y Nelson, 1982).

4.7. Balance de nitrógeno

Los balances de N se basan en la aplicación del principio de conservación de masa a los sistemas de cultivo. Así, la variación en la cantidad de N almacenado en un sistema será igual a la diferencia entre las entradas y salidas del sistema (Meisinger y Randall, 1991).

El N amónico y nítrico en el suelo (N_{min}) es el que utilizan las plantas para su crecimiento y es muy frecuente realizar el balance de N considerando las entradas y salidas respecto al N_{min} .

4.8. Etapas fenológica del maíz.

El conocimiento de la etapa fenológica del ciclo biológico del maíz es importante para entender sus necesidades en las diferentes etapas del crecimiento y desarrollo, especialmente en sus periodos críticos. La duración de las etapas fenológicas depende de la variedad, así como la temperatura, la que a su vez está determinada por la altura sobre el nivel del mar y el fotoperiodo. A continuación se presenta un modelo fenológico ampliamente aceptado por los especialistas en el cultivo:

VE: coleóptero emerge de la superficie del suelo. El meristemo apical debajo de la superficie del suelo, y el crecimiento de las raíces seminales decrece y comienza el desarrollo de raíces nodales en los nudos inferiores. Se debe realizar la preparación del suelo para garantizar una buena emergencia, con humedad y temperatura adecuada. Las plántulas son muy sensitivas al microambiente y la absorción de nutrientes solo se da con las raíces seminales.

V3: Tres hojas completamente desarrolladas. Meristemos apicales debajo de la superficie del suelo. El crecimiento de las raíces seminales cesa y se acentúa el de las raíces nodales. Temperatura superficial crítica para las plántulas. Los daños al follaje no afectan el meristemo apical, que está bajo el suelo. El buen establecimiento de la planta es vital para su establecimiento.

V6: Seis hojas completamente desarrolladas. Meristemos apicales sobre la superficie del suelo. Meristemos se convierten en flores masculinas incipientes. Todas las hojas se encuentran iniciadas, pero no visibles. Tallo inicia fase de elongación rápida. Raíces no (alrededor de 40%) y absorción de nutrientes. Raíces nodales exploran un volumen extenso de suelo. Respuesta a la fertilización con nitrógeno.

V9: Nueve hojas completamente desarrolladas. Flor masculina en rápido crecimiento. Conversión de meristemos laterales en mazorca. Crecimiento rápido del cultivo; expansión del follaje y captura cada vez mayor de la radiación disponible. Desarrollo de raíces nodales en nudos adicionales. Tasa de crecimiento aun mayor debido a mayor intercepción de radiación (60%). Expansión rápida del follaje y absorción de nutrientes. Iniciación de óvulos en la mazorca incipientes (número por hilera). Fertilización adicional.

V12-V15: Doce a quince hojas completamente desarrolladas. Mazorcas en fase de iniciación de óvulos. Espiga en rápido crecimiento y en competencia por recursos con las mazorcas. Follaje y cultivo con rápida expansión. Captura casi total de radiación disponible. Mazorcas inferiores abortan. La acumulación de biomasa entra en la fase lineal. Estrés ambiental reduce el número de óvulos y mazorcas por plantas. Alta demanda de humedad y nutrientes.

V18-V22: Dieciocho a veintidós hojas completamente desarrolladas. Espiga a punto de emergencia. Rápido crecimiento de óvulos en mazorcas iniciadas. Expansión del follaje casi cesa y la cobertura del suelo es casi completa. Se absorben raíces adventicias. Desarrollo de mazorcas muy sensitiva a estrés ambiental. Altos requerimientos de

nutrientes y humedad. Estrés afecta más a la floración femenina, retardando la emisión de los estigmas y reduciendo el rendimiento en grano.

VT: Visible ultima rama de la espiga, pero los estigmas aún no han emergido. Espiga totalmente expuesta. Derramamiento de polen por unas dos semanas. Altura y número final de hojas establecidas. El rendimiento es muy susceptible a estrés ambiental. Óvulos en estado de crecimiento rápido. Follaje intercepta el 90% de la radiación.

R1: Emisión de los estigmas. Estigmas emergen para ser polinizados. El grano de polen toma 24 horas para fertilizar el ovulo.

R2: Etapa de ampolla, diez a doce días después de la fertilización. El endospermo este lleno de líquido claro y el grano parece una ampolla. Se observa el embrión; este tiene los meristemas apicales y la primera hoja formada. Estigmas se oscurecen y degeneran. Comienza la fase lineal de acumulación en grano. El almidón comienza a acumularse en los granos. Redistribución del nitrógeno y fosforo de otras partes de la planta hacia el grano. Senescencia de hojas inferiores. Grano con 85% de humedad.

R3: Etapa de leche, 18 días después de la floración. Líquido claro lechoso en el endospermo. Concentración alta de azúcares. El embrión comienza a crecer rápidamente y termina la división celular. Estigmas muertos.

R4: Etapa de masa, 24-28 días después de la floración. Grano se llena con sustancia blanca pastosa. Embrión tiene 4 hojas y ha crecido mucho con respecto a la R3. Acumulación de almidón en endospermo. Almidón seco o endurecido se deposita de la corona hacia la base del grano formando la línea de leche. Desarrollo de línea de leche indicador del estadio fisiológico. Re movilización de nutrientes de la planta hacia los granos. Senescencia rápida de las hojas. Número final de grano determinado. Granos con 70% de humedad.

R5: Etapa de dentado, 35-42 días después de la floración. La parte superior del grano se llena con almidón seco. Movilización de nutrientes de la planta hacia los granos. Senescencia más rápida de las hojas. Granos con 50-60% de humedad.

R6: Madurez fisiológica, 55-65 días después de la floración. Los granos alcanzan su peso máximo. La línea de almidón seco ha avanzado hasta la base, formando la capa negra y esta es visible. La planta seca. Final del cultivo. Grano con 30-35% de humedad. Pérdida adicional de humedad depende del clima.

Se considera también que no todas las plantas de un campo llegan al mismo tiempo a una etapa fisiológica; por lo tanto se considera que una plantación ha llegado a una etapa cuando el 50% de las plantas han alcanzado la misma. Además las hojas se consideran completamente desarrolladas cuando se pueden observar el cuello de la hoja, o sea la unión de la vaina con el limbo (Bolaños y Edmeades 1993).

4.8.1. Demanda de nitrógeno según su etapa de crecimiento del cultivo de maíz

El cultivo de maíz es el más exigente en los requerimientos de N, es por ello que surge la necesidad de diagnosticar la disponibilidad de N para el cultivo desde el estadio de seis hojas (V6) (aproximadamente 15 días antes del comienzo del período crítico) hasta estadios productivos avanzados como el de grano lechoso (R3) (15a 20 días luego de la floración) (Roza H.S y Echeverría H.E, 1996).

Los valores del clorofilómetro al estadio V6 están relacionados con el estado nitrogenado de las plantas (Piekielek & Fox, 1992; Jemison & Lytle, 1996).

La determinación del contenido de N-NO_3^- en el suelo y en la base de los tallos de la planta de maíz al estadio V6 son métodos apropiados para diagnosticar las necesidades de fertilización nitrogenada (Fox et al., 1989; Mesinger et al., 1992; Sims et al., 1995).

4.9. Periodo crítico de la necesidad de N del maíz

Cuando otros factores no limitan el crecimiento del cultivo, la carencia de N durante el período crítico de determinación del rendimiento (período comprendido entre los 15 días antes hasta los 15 días después de la floración), reduce la tasa de crecimiento, afectando el número de granos por unidad de superficie (Uhart & Andrade, 1995).

4.10. Manejo de la fertilización nitrogenada.

La fertilización nitrogenada es una práctica ampliamente utilizada y adoptada por los productores en el cultivo de maíz. En la planificación de la fertilización, se identifica la deficiencia que presenta el cultivo y se establecen las dosis a utilizar de N. (Ferrufino, B, 2011).

La demanda de N del cultivo de maíz aumenta marcadamente a partir del estado de 5-6 hojas desarrolladas (30-50 días después de la emergencia). Por esta razón, la aplicación en este estado del cultivo o inmediatamente previa ha sido reportada como la de mayor eficiencia de uso de N (Sainz Rozas et al., 1999).

La eficiencia de las aplicaciones tempranas depende de la cantidad y frecuencia de precipitaciones entre la aplicación y la absorción de N del cultivo que pueden originar pérdidas por lavado y desnitrificación.

4.11. Fertilizantes nitrogenados

El uso del nitrógeno por la planta de maíz es un tema complejo ya que participan numerosos componentes fisiológicos tales como absorción, translocación, asimilación, y redistribución, donde cada componente tiene una curva de respuesta a factores ambientales

(temperatura, estrés de humedad, luz, etc.) y a prácticas culturales (densidad de siembra, distancia entre surcos, etc.) (Gardner *et al.*, 1990).

4.11.1. Urea.

La urea con su fórmula química NH_2CONH_2 , que tiene un peso molecular de 60.06 g/mol es de color blanca con una solubilidad de 110 g/100 ml de agua (15°C) y una humedad crítica relativa de 30°C- 70°C (Ferrufino, B. 2011).

La urea ha pasado a ser la principal forma de fertilizante nitrogenado en el mundo esto se debe a su accesibilidad económica, su alto contenido por unidad productiva (46% de N). La urea es un compuesto que se encuentra en la naturaleza, pero también puede ser manufacturado reaccionando como dióxido de carbono (CO_2) con amonio (NH_4) a altas temperaturas y presión.

La urea también conocida como carbamida, es el nombre del ácido carbónico de la diamida, cuya fórmula química es $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. Es una sustancia nitrogenada producida por algunos seres vivos como medio de eliminación del amoníaco. La urea es convertida en nitrato (NO_3^-) o iones de amonio (NH_4^+), ya sea químicamente o por la enzima ureasa la cual se encuentra en el suelo producto de las bacterias descomponedores (Haro 1998).

4.11.2. Nitrato de amonio

El nitrato de amonio o nitrato amónico es una sal formada por iones de nitrato y de amonio. Su fórmula es NH_4NO_3 . Se trata de un compuesto incoloro e higroscópico, altamente soluble en el agua. El nitrato de amonio tiene un peso molecular de 80.04 g/mol es de color blanco amarillento con una solubilidad de 200 g/100 ml de agua (20°C) y una humedad relativa (HCR) a 30°C con una incompatibilidad con la urea de un 59%.

El nitrato de amonio se utiliza sobre todo como fertilizante por su buen contenido en nitrógeno. El nitrato es aprovechado directamente por las plantas mientras que el amonio es oxidado por los microorganismos presentes en el suelo a nitrito o nitrato y sirve de abono de más larga duración. (Ferrufino, B, 2011).

4.12. Medidores de clorofila

Los medidores de clorofilas más usados son el N-Tester (Hydro-Agri) y el SPAD-502 (Minolta). Ambos medidores son portátiles y miden la luz transmitida por una hoja de una planta a dos longitudes de onda (650 nm y 949 nm), el registro de esta medida y el registro cuando no existe muestra es procesado por el equipo para dar un valor que es el que se debe interpretar. Este valor es diferente según se utilice un equipo u otro pero existen experimentos previos que los relacionan con una alta correlación.

Trabajos realizados utilizando el n-tester, se llevó acabo lo siguiente: el ensayo fue conducido durante el ciclo 2008/2009 en la localidad de Wheel Wright, departamento general López en el sur de santa fe, sobre un suelo serie Hughes, argiudol típico, clase de uso 1 de muy buena productividad. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones y seis tratamientos.

Todos los tratamientos fueron fertilizados con 20 kg/ha de fosforo (P), en el T1 con superfosfato triple de calcio (SPT, 0-20-0) y en los tratamientos T2 a T5 nitrocomplex (20-20-0). Además se agregó azufre (S), a la dosis de 18 kg/ha como sulfato de calcio (0-0-185). Como fuente de nitrógeno para alcanzar el objetivo de los tratamientos se usó nitro doble (27-0-0).

Paralelo a este ensayo, se sembraron franjas de los cultivares nidera ax 878 mg, nidera ax 892 mg, Monsanto dk 670 mg, monsanto dk 747mg rr, monsanto aw 190 mg rr, syngenta nk 910 td max, la tijereta lt622 mg y pionner 2053y, los cuales fueron fertilizados con una

dosis similar al tratamiento T4, para monitorear en ellos la evolución del índice verde y así extrapolar la relación entre el rendimiento y el valor del n-tester.

El rendimiento del ensayo de fertilización nitrogenada se evaluó mediante cosecha manual, con trilla estacionaria de las muestras. Las franjas de cultivares se cosecharon en forma completa, por medio de cosecha mecánica. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de varianza, comparaciones de media y análisis de regresión entre las variables estudiadas.

El medidor de clorofila n-tester fue sensible a cambios de intensidad de verdor originada por variaciones en la dosis de nitrógeno, o diferencias varietales. Se observó una clara relación entre el rendimiento y la lectura del n-tester, en todos los estadios del cultivo. Es decir, ya desde un estado tan temprano como v5 diferencias en la dosis de nitrógeno se manifestaron en la intensidad del verdor y pudieron ser detectadas por las lecturas del n-tester.

Observaron altos niveles de rendimiento a pesar de registrarse un severo estrés hídrico. Se verificó una considerable respuesta a fertilización nitrogenada, alcanzando un rango de 2251 a 5683 kg/ha, entre 31 a 77% sobre el rendimiento del testigo. El tratamiento T4 (N20 a la siembra + N100 en V6) fue de mínima dosis que no se diferenció del máximo rendimiento. Las lecturas del n-tester fueron sensibles a diferencias en la intensidad de verdor, y correlacionaron en forma significativa y con buen ajuste con los rendimientos y la respuesta a N.

Para el ensayo de dosis realizado en esta investigación y el híbrido dk 670 mg, se alcanzaron $r = 0.95$ con lecturas de n-tester de 735, 680, 750 y 700 unidades, para estadios V5, V7, V10, R1, respectivamente. De manera indirecta, umbrales de referencia fueron establecidos para otros materiales genéticos ampliamente difundidos (Ferraris y Couretot, 2010).

4.12.1. Modo de utilizar los medidores de clorofila (ccm-200 plus).

- 1.- Se realiza una calibración del equipo con la pinza de muestreo vacía.
- 2.- Se selecciona una planta y se coloca en la pinza la hoja inferior de la misma totalmente expandida, registrándose un pitido. Así se deben realizar las medidas a evaluar en distintas plantas.
- 3.- Tras los muestreos, el equipo da un valor en una pantalla digital que es lo que llamaremos **lectura absoluta** del medidor de clorofilas.

Aunque los ensayos seleccionados para establecer pautas de uso de los medidores de clorofilas se limitan a unas zonas climáticas y a un cultivo (maíz) en concreto, la variabilidad de resultados es alta y únicamente se consigue conclusiones satisfactorias cuando se analizan datos procedentes de muchos ensayos.

Los valores de rendimiento relativo entre 90 y 100 podría considerarse como techo productivo, mientras que valores inferiores estarían indicando rendimientos menores del potencial de esa parcela para las condiciones de una campaña determinada.

4.12.2. Funcionamiento del medidor de clorofila (ccm-200 plus).

Se ha probado que las lecturas de los medidores de clorofila se correlacionan bien con la concentración de clorofila en hoja y/o la concentración de N en muchos cereales tales como cebada (*Hordeum vulgare L.*) (Wienhold y Krupinsky, 1999), maíz (*Zea mays L.*) (Schepers *etal.*, 1992), arroz (*Oryza sativa L.*) (Peng *et al.*, 1993) y trigo (*Triticum aestivum L.*) (Follett y Follett, 1992; Peltonen *et al.*, 1995).

El aparato mide la transmisión de luz de la hoja en el rojo (650 nm, alrededor de la absorción máxima de la clorofila) y el rojo cercano (NIR, 960 nm). Mediante la medición simultánea de ambas longitudes de onda se puede corregir la lectura respecto a las

diferencias del grosor de la hoja. Así el N-Tester calcula un valor numérico y adimensional que es proporcional a la cantidad de clorofila presente en la hoja (Neukirchen y Lammel, 2002).

4.12.3. Utilización del medidor de clorofila (ccm-200 plus).

La utilidad básica del medidor de clorofila (ccm-200 plus) es el proporcionar información sobre el estado nutricional nitrogenado de la planta para su aplicación en la fertilización nitrogenada por medio del contenido de clorofila en las hojas de las plantas. Sin embargo, y dado que el estado nutricional nitrogenado del maíz a lo largo de su desarrollo tiene un efecto claro sobre la producción, muchos autores han estudiado la relación entre las lecturas de los medidores de clorofila en diferentes estadíos para determinar cuál es el estado fenológico donde la planta de maíz aprovechara al máximo la fuente de nitrógeno suministrada, para incrementar los rendimientos (Follett y Follett, 1992; Fox *et al.*, 1994; López-Bellido *et al.*, 2004).

Follett y Follett (1992) describieron que la relación entre las lecturas del medidor de clorofila y la concentración de N en hoja o la del rendimiento en diferentes localizaciones era escasa, lo que condujo a la conclusión que era necesario investigar los efectos de localidad, humedad del suelo, prácticas de cultivo y diferencias entre cultivos.

V. MATERIALES Y METODO

5.1. Descripción del sitio del experimento.

El ensayo se realizó en la aldea de Nueva Esperanza, Catacamas departamento de Olancho, Honduras. En la propiedad del señor Augusto Oliva, con una temperatura de 26 °C, precipitación promedia anual de 1,311 mm, y una altitud de 350.4 msnm.

5.2. Materiales y equipo.

En el desarrollo del experimento se utilizó semilla de maíz del híbrido CRISTIANI. Fuentes de fertilizantes como 46-0-0 (urea), 12-24-12 (formula), azadón, machete, también de productos químicos para el control de plagas, entre algunos herbicidas como Atrazina y pendimetalina, cinta métrica, chuzo, regla, bomba de mochila para la aplicación de los producto químicos, pie de rey, libreta de campo, lápiz, balanza, también se utilizó el medidor de clorofila (ccm-200 plus).

5.3. Manejo del experimento.

La preparación del terreno consiste en darle las condiciones favorable a la semilla para que pueda emerger sin ningún problema, en este caso se utilizó cero labranza, se realizó aplicación de herbicidas atrazina (gesaprim 2 kg por ha) y pendimetalina (prowl 2 kg por ha⁻¹) para el control de malezas, luego se realizó la siembra haciendo uso del chuzo, utilizando el híbrido CRISTIANI, también se necesitó agroquímicos en el momento de la siembra (Semevin 35-FS 20-30 ml/ kg de semilla) para el control de plagas y enfermedades

tanto del suelo como foliares haciendo uso de Lambdacihalotrina (karate 0.43 lts/ha⁻¹), y Deltamethrin, Triazophos (rienda 0.71 lts/ha⁻¹), en presencia de las plagas.

Con respecto a la siembra esta se realizó de forma manual, con el chuzo depositando dos semillas por postura a una distancia de 0.80 m entre surco y 0.25 entre planta, obteniendo una densidad total de 50,000 plantas por ha. Se realizó un raleo de planta en estadio V3 para obtener una densidad de 100 plantas por parcela.

El control de malezas llevó a cabo mediante el uso de herbicidas, como Atrazina (gesaprim 2 kg/ha), pendimetalina (prowl 2 kg por ha), y en conjunto un control manual y mecánico donde se utilizó machete y azadón.

Para el manejo y control de plagas realizó constantes monitoreo para determinar los niveles críticos de la plaga que está atacando el cultivo de maíz. Estas plagas fueron manejadas a base de productos químicos como; karate 0.43 lts/ha⁻¹ y rienda 0.71 lts/ha⁻¹).

5.3.5. Descripción de tratamiento y material experimental.

El experimento se desarrolló cinco tratamientos con diferente dosis de fertilizante nitrogenado, cada tratamiento con cuatro repeticiones haciendo un total de 20 unidades experimentales. Las cuales se describirán a continuación.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos evaluados en el experimento.

Tratamientos	Requerimiento de N (kg/ha)	N-Aportado	Requerimiento de N (kg/ha)	Primera aplicación	Requerimiento de N (kg/ha)	Segunda aplicación	Niveles de N (kg/ha)
	12-24-12		Urea	N-Aportado	Urea	N-Aportado	
T0	0	0	0	0	0	0	0
T1	45	8	45	31	111	74	60
T2	89	16	90	62	222	68	120
T3	133	24	133	92	335	103	180
T4	183	33	178	123	443	136	240

Los tratamientos consistieron en niveles frecuentes de fertilización nitrogenada que se describen a continuación el tratamiento testigo (T0), con un nivel de N de (0 kg/ha). El tratamiento uno (T1) con (60 kg/ha) de nitrógeno, el cual fue aplicado de manera fraccionado en tres fertilizaciones, la primera se realizó al momento de la siembra utilizando (45 kg/ha) de 12-24-12, (formula). La segunda aplicación se realizó cuando el cultivo de maíz alcanzo el estado V6, se aplicando (45 kg/ha) de urea (46-0-0), y la tercer aplicación se realizó en V12 con (111 kg/ha) de 46-0-0 (urea).

El tratamiento dos (T2) con un nivel de N de (120 kg/ha), el cual se aplicó en tres fertilizaciones fraccionadas, la primera fertilización con 89 kg/ha de 12-24-12 a la siembra, la segunda fertilización con 90 kg/ha de urea (46-0-0) en el estadio V6, la tercera fertilización con 222 kg/ha de urea (46-0-0) en V12.

Al igual el tratamiento tres (T3) con un nivel total de (180 kg/ha), siendo aplicado en tres fertilizaciones fraccionadas de N, la primera fertilización se realizó con (133 kg/ha) de 12-24-12 (formula) que fue realizada al momento de la siembra, la segunda fertilización se realizó en el estadio V6 con (133 kg/ha) de urea (46-0-0), y la tercera con 335 kg/ha de urea (46-0-0) realizada en V12.

El tratamiento cuatro (T4) con un nivel de (240 kg/ha) de nitrógeno, el cual fue aplicado de manera fraccionado en tres fertilizaciones respectivamente, la primera fertilización se realizó en la siembra utilizando (183 kg/ha) de 12-24-12, (formula). Una segunda fertilización se realizó en el estadio V6 aplicando (178 kg/ha) de 46-0-0 (urea), y la tercer y ultima aplicación de fertilizante se realizó estadio V12, con un nivel de (240 kg/ha) de 46-0-0 (urea).

5.4. Diseño experimental.

El diseño experimental que utilizó es diseño en bloques completos al azar, con evaluaron cinco tratamientos incluyendo un testigo absoluto, y cuatro repeticiones para un total de 20

parcelas con cinco surcos cada una las cuáles fueron las unidades experimentales. Se realizó un análisis de varianza utilizando el programa estadístico SAS versión 9.1 y realizaremos un proceso de regresión que nos permitirá hacer comparaciones del contenido de clorofila y el rendimiento del cultivo de maíz. Se eliminó el efecto de borda descartando los dos surcos de la orilla de cada unidad experimental y se eliminó el efecto de cabecera descartando las dos plantas al inicio y final de cada surco, los que no se tomaran en cuenta para la toma de datos. En total quedaron 16 plantas en cada uno de los surcos centrales que correspondieron al área útil del experimento.

5.5. Variables evaluadas.

5.5.1. Índice de contenido de clorofila.

Esto se realizó a través de varias tomas de muestras mediante monitoreo realizado con el medidor de clorofila (ccm-200 plus), en los estadios (V3, V6; V9, R5). Se tomaron 30 muestras de cada parcela, en el momento que se tomaron las muestras el medidor de clorofila daba un promedio del contenido de clorofila de la parcela. La toma de las muestras se realizó en la parte central de la tercer hoja verdadera de cada planta muestreada, esta toma de muestras se realizaron después de cada fertilización dando un tiempo de 10 días para que las plantas puedan asimilar el fertilizante nitrogenado, de esta manera se expresó si los niveles de clorofila con que la planta de maíz cuenta son los que requiere para su proceso de fotosíntesis.

5.5.2. Altura de planta.

La variable altura se determinó muestreando 10 plantas al azar del área útil previamente marcadas, la altura se midió en centímetros desde el punto de la inserción de las raíces hasta donde comienza a dividirse la panícula, la medición se realizó cuando las plantas tengan la panícula totalmente desplegada, se utilizó cinta métrica para la medición.

5.5.3. Días a floración masculina.

Se estimó el tiempo comprendido en el área útil desde la emergencia de la planta hasta que un 50% de la población muestre flor masculina emitiendo polen (antesis).

5.5.4. Días a floración femenina.

De igual manera que la variable anterior se determinó en el área útil el tiempo comprendido entre el momento de la emergencia hasta que un 50% de la población muestre flor femenina desarrollada (estigma visible).

5.5.5. Número de mazorcas por planta.

Se calculó dividiendo el número de mazorcas totales de cada área útil entre el número de plantas cosechadas por área.

5.5.6. Altura de la mazorca.

Se seleccionaron diez plantas en el área útil de cada parcela, se midió con cinta métrica, la distancia desde la inserción de la primera mazorca hasta la base del suelo.

5.5.7. Longitud de mazorca.

Se extrajo diez mazorcas en el área útil de cada parcela, se midió con regla graduada en cm, la distancia desde la base de inserción de la mazorca hasta el ápice de la misma.

5.5.8. Diámetro de mazorca.

Se tomaron las diez mazorcas utilizadas para la variable longitud de mazorca y se procedió a medir la parte central de cada mazorca utilizando un pie de rey expresado en cm.

5.5.9. Hilera por mazorca.

Se seleccionaron diez mazorcas del área útil tomadas al azar para cada tratamiento en las cuales se realizó un conteo del número de hileras por mazorca existentes para obtener un dato promedio.

5.5.10. 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 para obtener un dato promedio.

5.5.11. Peso de 100 granos.

Se pesaron 100 granos de las diez mazorcas seleccionadas al azar por cada tratamiento, se tomó en cuenta la humedad del grano, estos datos se tomaron cuando el grano de maíz estaba listo para la cosecha en el campo.

5.5.12 Peso de mazorca con tuza.

Esta variable se midió, tomando las mazorcas del área útil y pesarlas en una balanza en libras, este procedimiento se realizó para cada tratamiento

5.5.13 Peso de mazorca

Las mazorcas utilizadas para peso de la mazorca fueron destuzadas igual para cada tratamiento, seguidamente se pesaron las mazorcas sin tuza en una balanza en libra.

5.5.14 Peso de tuza.

Esta variable se midió pesando la tuza de cada tratamiento utilizando las mazorcas del área útil de cada tratamiento, que se utilizaron en la variable peso de mazorca con tuza

5.5.15 Biomasa foliar.

Se pesó con una balanza en libras todas las plantas del área útil de cada tratamiento de esta manera obtuvimos la biomasa para cada tratamiento.

5.5.16 Peso de olote.

Se desgrano las mazorcas de la variable peso de mazorca, posteriormente se pesó los olotes de cada área útil de los tratamientos.

5.5.17 Diámetro de tallo.

Esta variable fue evaluada midiendo el diámetro de la base del tallo de diez plantas tomadas al azar, se utilizó un pie de rey expresado en cm.

5.5.18 Porcentaje de pudrición de mazorca.

Se realizó tomando 10 mazorcas de cada área útil de las parcelas y se contaron los granos podridos dando un promedio a la cantidad mazorca.

5.5.19. Rendimiento de maíz (kg/ha).

$$\text{Rendimiento (Kg ha}^{-1}\text{)} = \text{ID} \left[\frac{\text{Peso total del grano bueno}}{\text{Área útil (m}^2\text{)}} \right] * 10000 \text{ m}^2 \left[\frac{100 - \% \text{ de H.G}}{100 - \% \text{ de H.A}} \right]$$

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 utilizando un medidor de humedad (García, 2012).

5.6. Análisis estadístico de la información.

Modelo estadístico lineal.

Morales, M.F. (2011).

$$X_{ij} = \mu + B_i + T_j + E_{ij}$$

Dónde:

- X_{ij} = Variable aleatoria observable.
- μ = Media general.
- B_i = Efecto de j – esimo tratamiento.
- T_j = Efecto del i -esimo tratamiento.
- E_{ij} = Error experimental, distribución normalmente, con promedio cero, varianza y no correlacionados.

5.7. Análisis económico.

Se realizó un análisis de relación beneficio costo por tratamiento considerando únicamente los costos que difieren entre los diferentes tratamientos.

Relación Beneficio / costo = Ingreso/Costo por tratamiento (Ferrufino, B. 2011).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Índice de contenido de clorofila

En la primer medición realizada con el medidor de clorofila (ccm-200) el análisis de varianza para la variable índice de contenido de clorofila que se realizó en el estadio V3 se encontró diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para la regresión (Anexo 1). En la figura 1 se observa que cuando no hay clorofila el rendimiento de cultivo de maíz es de $972.61 \text{ kg/ha}^{-1}$, pero cuando aplicamos N los niveles de clorofila aumentan incrementando el rendimiento en $117.36 \text{ kg/ha}^{-1}$, por cada unidad de incremento en el nivel de clorofila en las plantas. Se puede observar que a índices bajos de contenido de clorofila los rendimientos son bajos $1,559.41 \text{ kg/ha}^{-1}$ y al tener altos índices de contenido de clorofila los rendimientos son altos $3,906.61 \text{ kg/ha}^{-1}$.

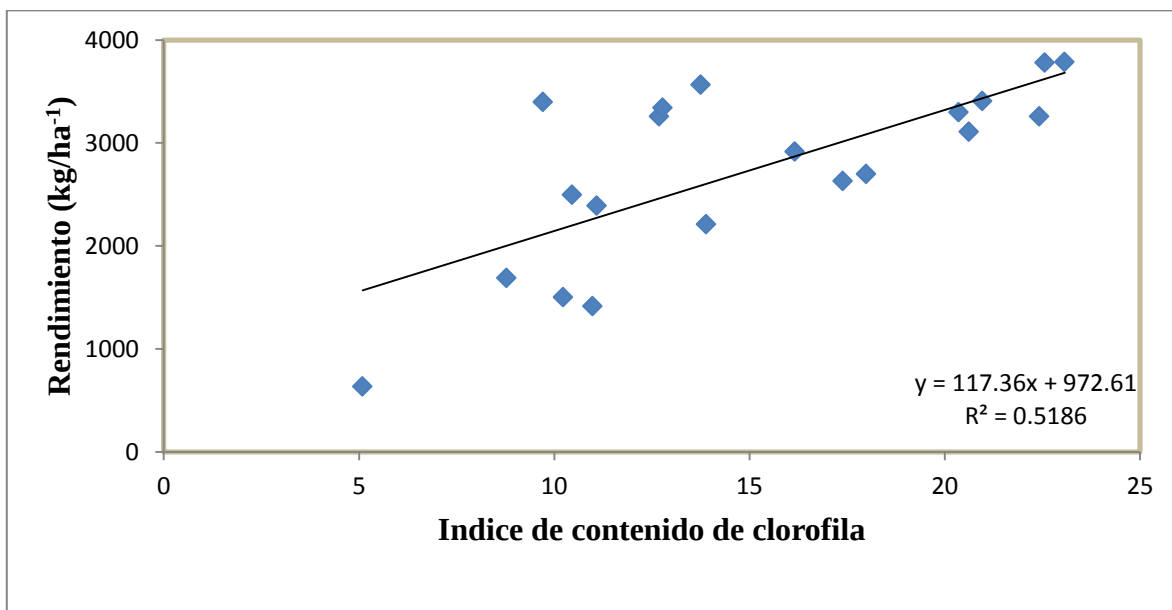


Figura 1. Relación entre el índice de contenido de clorofila en V3 y el rendimiento del cultivo de maíz.

En la segunda medición realizada en el estadio V6 con el medidor de clorofila (ccm-200 plus) el análisis de varianza para el índice de contenido de clorofila se encontró diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para las regresión (Anexo 2). En la figura 2 se observa una relación lineal entre el índice de contenido de clorofila y el rendimiento del cultivo. La ecuación de regresión indica que cuando el índice de contenido de clorofila es igual a cero el rendimiento de cultivo de maíz es de $455.46 \text{ kg/ha}^{-1}$, este rendimiento se incrementa en $84.336 \text{ kg/ha}^{-1}$, por cada unidad de incremento en el índice de contenido de clorofila. Con índices de contenido de clorofila bajos se obtiene rendimientos bajos $1,720.5 \text{ kg/ha}^{-1}$, pero con un índice de contenido de clorofila es alto se tiene altos rendimientos de $3,491.55 \text{ kg/ha}^{-1}$.

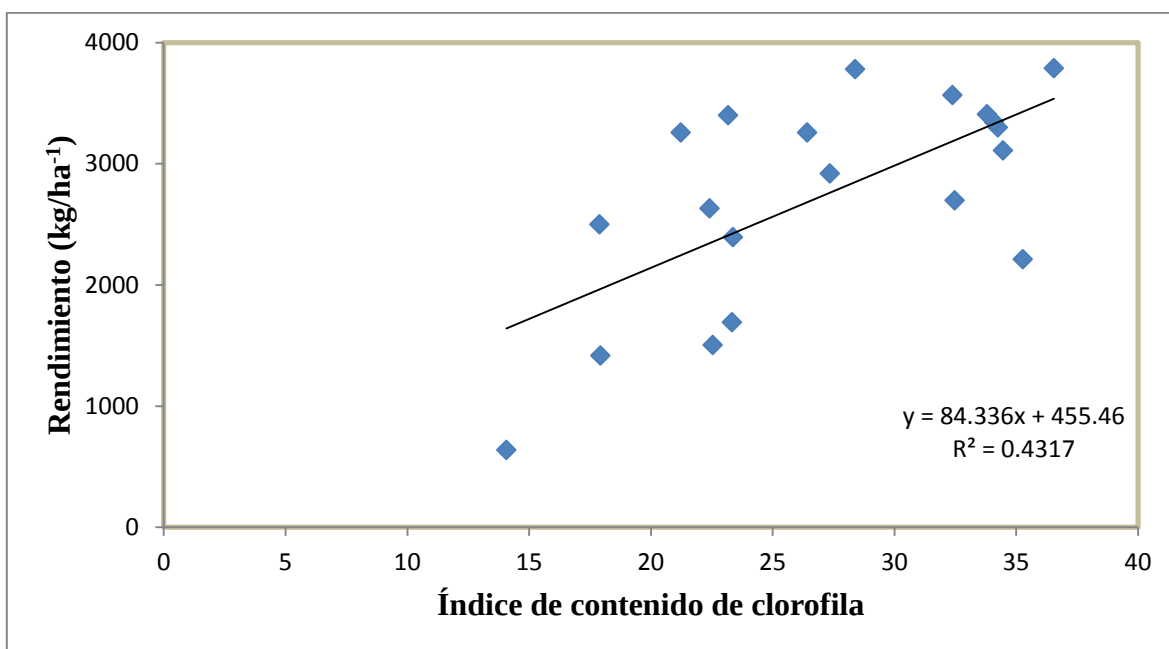


Figura 2. Relación entre el índice de contenido de clorofila en V6 y el rendimiento del cultivo de maíz.

En la tercera medición realizada en estadio V9 con el medidor de clorofila (ccm-200 plus) el análisis de varianza para la variable índice de contenido de clorofila se encontró diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para la regresión (Anexo 3). En la figura 3 se observa una relación lineal entre el índice de contenido de clorofila y el rendimiento del cultivo, la frecuencia de regresión indica que cuando el índice de contenido de clorofila es igual a cero el rendimiento de cultivo de maíz es de $204.33 \text{ kg/ha}^{-1}$, este rendimiento se

incrementó en 64.19 kg/ha^{-1} , por cada nivel de incremento en el índice de contenido de clorofila el rendimiento de cultivo de maíz

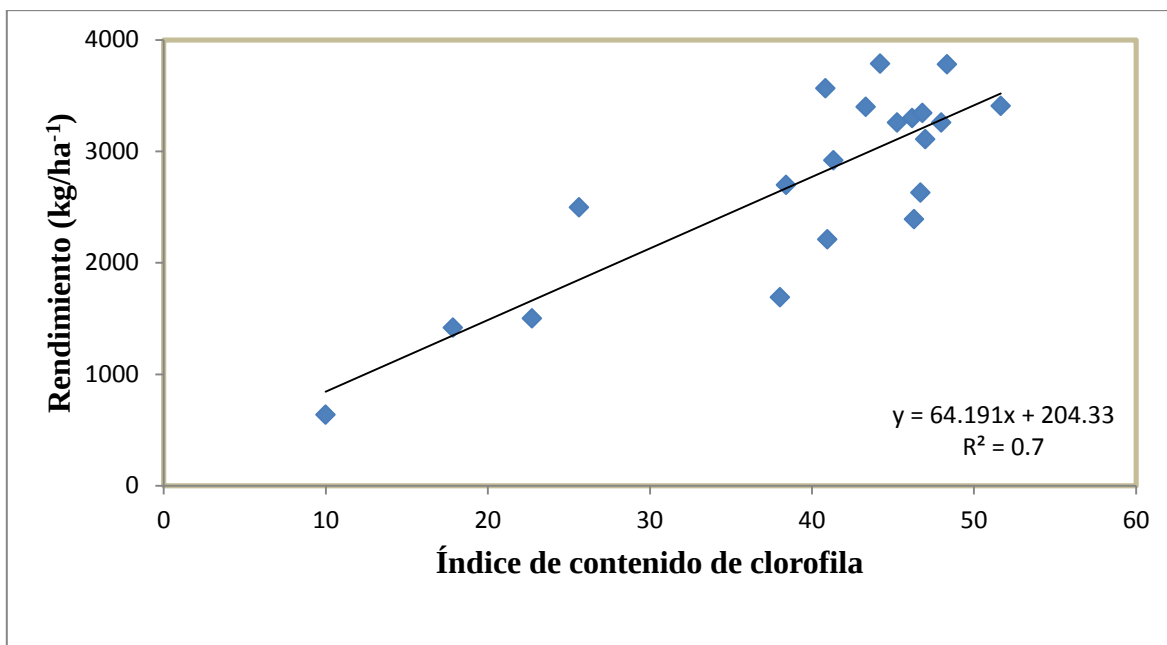


Figura 3. Relación entre el índice de contenido de clorofila en V9 y el rendimiento del cultivo de maíz.

En la cuarta medición realizada en estadio R5 con el medidor de clorofila (ccm-200 plus), el análisis de varianza para la variable índice de contenido de clorofila se encontró diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para la regresión (Anexo 4). En la figura 4 se observa hay una relación directa entre el índice de contenido de clorofila y el rendimiento del cultivo y el coeficiente de determinación explica que hay un 71% de variabilidad observada. La ecuación de regresión indica que el rendimiento de cultivo de maíz es de 62.62 kg/ha^{-1} , cuando el índice de contenido de clorofila es cero en las plantas, el cual se incrementa en $79.725 \text{ kg/ha}^{-1}$, por cada unidad de incremento en el índice de contenido de clorofila el rendimiento de cultivo de maíz. Esta ecuación de regresión obtenida en la cuarta medición con el medidor de clorofila (ccm-200 plus) es la que mejor se ajusta y predice el rendimiento del cultivo por ende puede utilizarse para validación de resultados en próximas investigaciones.

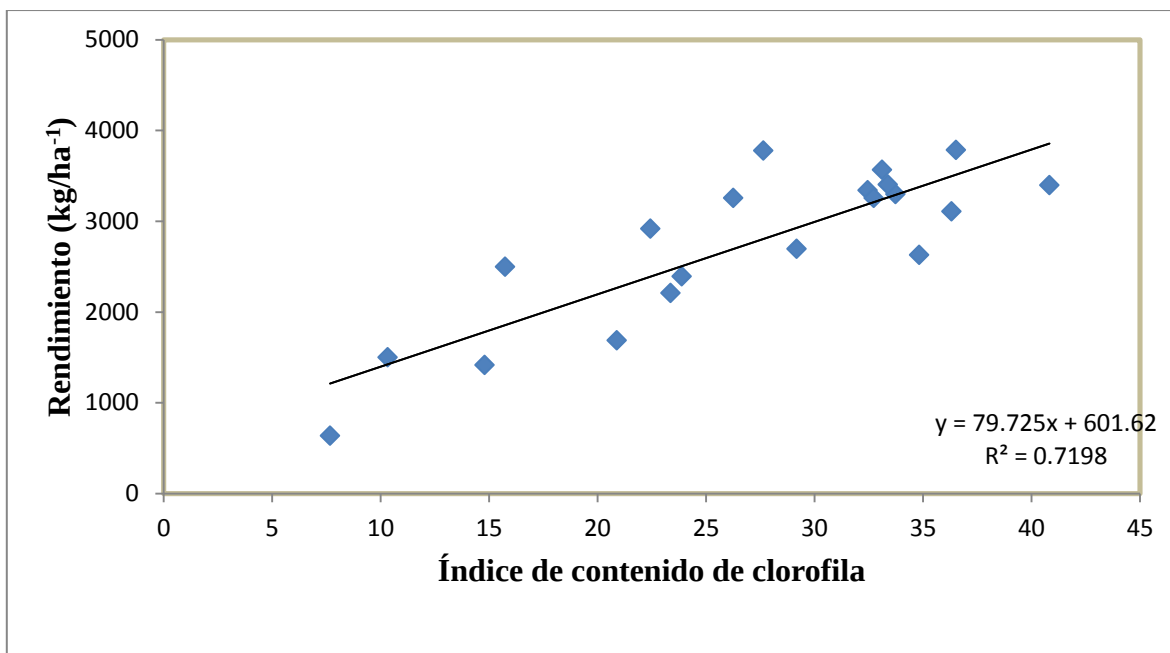


Figura 4. Relación entre el índice de contenido de clorofila en R5 y el rendimiento del cultivo de maíz.

6.2 Altura de planta de maíz.

En el análisis de varianza para la variable altura de planta se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) para los promedios de nivel de clorofila (anexo 5). En la figura 5 se observa que los datos varían en un promedio de 2.19 y 2.58 m de altura, siendo la media general de 2.46 m. según la prueba de tukey, el tratamiento cero o testigo (0 kg/ha^{-1}) fue el que alcanzó la menor altura con un promedio de 2.19 m existiendo una diferencia de 39 cm entre este y el que alcanzó la mayor altura que fue el tratamiento cuatro (240 kg/ha^{-1}) con un promedio de 2.58 m el cual estadísticamente no difiere de los promedios alcanzados por los tratamientos tres, dos y uno (180 , 120 y 60 kg/ha^{-1}) que sus promedios fueron de 2.57, 2.55 y 2.41 m, respectivamente.

La diferencia entre los tratamientos cuatro y cero donde la dosis de nitrógeno aplicada fue de 240 kg/ha^{-1} y 0 kg/ha^{-1} , se debe al nivel de fertilizante utilizado principalmente para el tratamiento cuatro ya que para este tratamiento el nivel utilizado fue más alta de nitrógeno

en las tres fertilizaciones que se realizó en cada tratamiento, lo cual presenta la mayor altura ya que el nitrógeno proporciona un mayor desarrollo vegetativo en la planta. Para el tratamiento cero (0 kg/ha^{-1}) no se le aplicó nitrógeno por lo tanto el crecimiento vegetativo de la planta fue el más bajo, lo que nos demuestra las diferencias en los tratamientos.

Los resultados encontrados para la altura de planta en tratamientos resultaron similares al experimento de híbridos evaluados por Carrasco (2006), con promedio de 2.71 m respectivamente. Esta variable es de mucha importancia ya que si las plantas son muy altas, se ven expuestas a factores externos, como el viento, los cuales pueden provocar el acame así disminuir la producción.

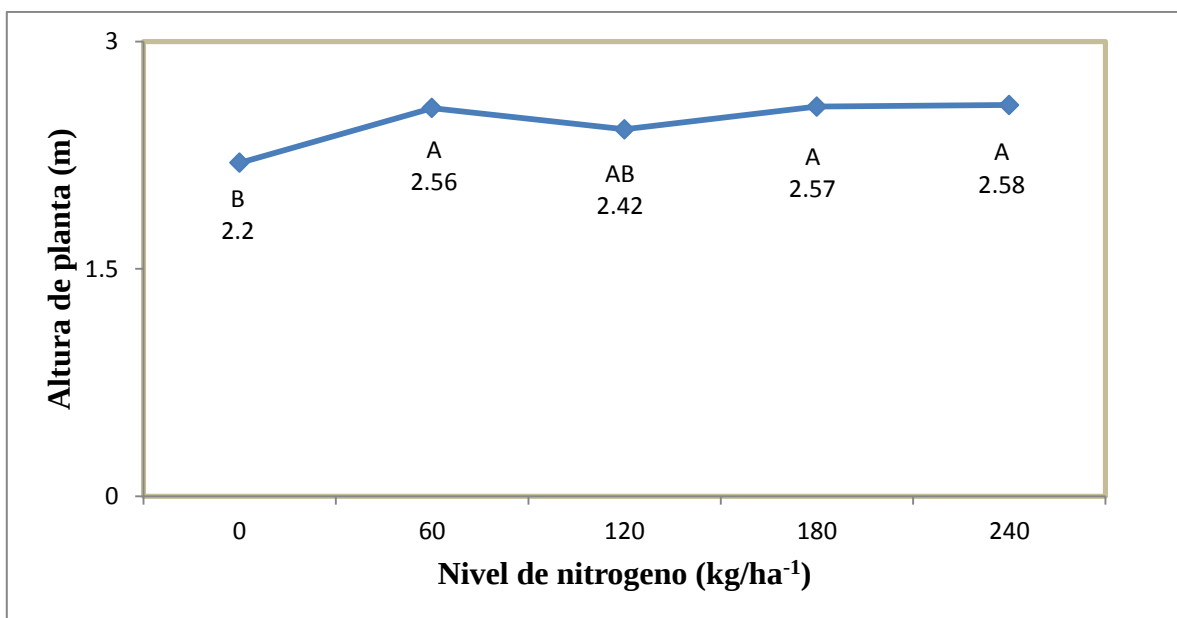


Figura 5. Promedios de altura de planta bajo niveles crecientes de N.

6.3 Días a floración masculina y femenina.

En el análisis de varianza para la variable días a floración masculina se encontró diferencias no significativas ($p > 0.05$) entre niveles de N (Anexo 6). En el cuadro 2 se obtuvo que el tratamiento cero (0 kg/ha^{-1}) de N, alcanzó un promedio de 54.25 días a floración, indicando

que la ausencia de N retrasa el proceso de floración masculina, estadísticamente el tratamiento cero (T0) es diferente a los demás tratamientos. Los tratamientos uno, dos, tres, cuatro (60, 120, 180, 240 kg/ha⁻¹) de N, alcanzaron promedios de 51.25, 51.5, 50.75, 51.50, días a floración respectivamente, siendo estadísticamente similares.

Se encontró que el tratamiento cero (0 kg/ha⁻¹ de N), presento similitud con la investigación de Ferrufino, B. (2011) que en su evaluación de varias fuentes de N encontró un promedio de 54 días a floración masculina con la aplicación de urea en el híbrido P6043w.

Respecto el análisis estadístico (Anexo 7) realizado para la variable días a floración femenina se encontró que no hay significancia ($p>0.05$) entre los tratamientos, lo que nos indica una homogeneidad en los tratamientos, por lo tanto los promedios de días a floración para todos los niveles creciente de N son similares.

En el cuadro 2 se muestran los promedios obtenidos de la variable días a floración femenina, donde se puede observar que no hay mucha diferencia entre los tratamientos, el tratamiento cero (0 kg/ha⁻¹ de N), fue el que presento un promedio mayor de días a 59.5 para llegar a su proceso fenológico de floración femenina, lo que nos indica que al no aplicar N o a la ausencia de este elemento hay un periodo de tiempo más largo para que la planta de maíz pueda desarrollar la flor femenina. En cambio los tratamientos tres y cuatro (180 y 240 kg/ha⁻¹ de N), pudieron alcanzar en menos días la floración femenina teniendo promedios de 56.5 y 55.75 días a floración respectivamente, estos promedios fueron alcanzados debido a que el N acelera el proceso de desarrollo vegetativo de la planta de maíz por lo que habrá un desarrollo temprano de la flor femenina.

Se encontraron resultados similares en estudios realizados con diferentes dosis y fuentes de N en el trabajo de investigación de Ferrufino, B. (2011), en el que encontró un promedio de 55 días a floración femenina con la aplicación de urea para el híbrido P6043w.

Hay una diferencia de 3 y 3.75 días entre los tratamientos cuatro y tres (240 y 180 kg/ha⁻¹ de N), y el tratamiento cero (0 kg/ha⁻¹), esta diferencia es debido a las aplicaciones de fertilizante nitrogenado correspondiente a los tratamientos cuatro y tres (240 kg/ha⁻¹ y 180 kg/ha⁻¹) el cual tiene un impacto muy grande en el desarrollo vegetativo de la planta, proporcionándole una mayor absorción de nutrientes para alcanzar sus procesos fisiológico en menor tiempo, en el caso del tratamiento cero (0 kg/ha⁻¹ de N) no se le aplico fertilizante nitrogenado por lo tanto presentó floración femenina en mayor tiempo. Sin embargo esta diferenciación observada estadísticamente no son significativos por tanto los promedios de días a floración femenina son similares.

Cuadro 2. Días a floración masculina y femenina bajo niveles creciente de N.

Nivel de nitrógeno kg/ha	Días a floración	
	Masculina	Femenina
0	54.25 A	59.25 A
60	51.25 B	56.75 A
120	51.50 B	58.50 A
180	50.75 B	55.75 A
240	51.50 B	56.50 A

Nota: Promedios con igual letra no son estadísticamente diferentes según prueba de tukey.

6.4 Numero de mazorcas por planta

En el análisis de varianza para la variable mazorca por planta resulto no significativo ($p>0.05$), (Anexo 10). En la figura 6 se observa que los tratamientos uno y dos de los nivel (60 y 120 kg/ha⁻¹) alcanzaron mayores promedios de 1.11 mazorcas por planta, el cual estadísticamente son similares a los tratamientos tres y cuatro (180 y 240 kg/ha⁻¹), mostrando promedios similares, 1.04 y 1.07 mazorcas por planta. El menor promedio fue obtenido por el tratamiento cero (0 kg/ha⁻¹ de N), con promedio de 0.81 mazorca por planta,

estadísticamente obtuvo un comportamiento similar a los demás tratamientos, respecto a la media general que fue de 1.02 mazorcas por planta.

Se encontraron resultados similares en estudios realizados en la investigación de García, E. (2012), en el que encontró una media de 0.87 mazorcas por planta en la aplicación de fuentes foliares de zinc en el cultivo de maíz, los promedios son similares ya que García utilizó el híbrido Dicta Ladera y Decalb 357, ya que estos tienen igual comportamiento agronómico que el híbrido Cristiani.

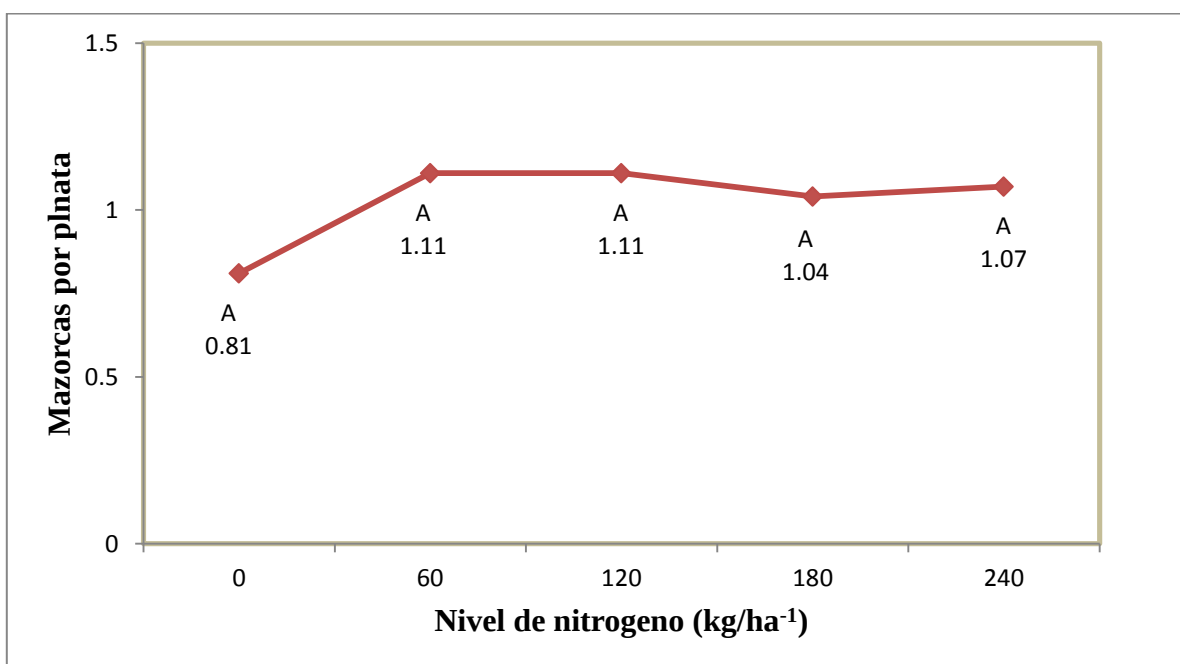


Figura 6. Promedios de mazorcas por planta bajo niveles crecientes de N.

6.5 Altura de mazorca

En el análisis de varianza para la variable altura de mazorca se encontró diferencias no significativas entre niveles crecientes de N ($p > 0.05$), (Anexo 9) En la Figura 7 se observa que el tratamiento cero (0 kg/ha⁻¹), fue el que alcanzó menor altura de mazorca con un promedio 0.75 m, debido a que la planta solo utilizó el nitrógeno y demás elementos que la planta pudo obtener del suelo ya que no se le aplicó N, teniendo una diferencia de 25.03 cm

del tratamiento tres (180 kg/ha⁻¹) el que alcanzó la mayor altura de la mazorca con un promedio de 1.04 m, debido al nivel de nitrógeno aplicado el cual fue suministrado en tres fracciones.

Estadísticamente las diferencias no son significativas por lo tanto los promedios son iguales, los tratamientos uno, dos y cuatro (60, 120 y 240 kg/ha⁻¹) con promedios de 1.03, 0.99 y 0.95 m. Debido que todos tenían un nivel de N por lo cual la planta pudo alcanzar un buen desarrollo, caso contrario con el tratamiento cero (0 kg/ha⁻¹) que obtuvo un crecimiento raquítrico debido a la deficiencia de N.

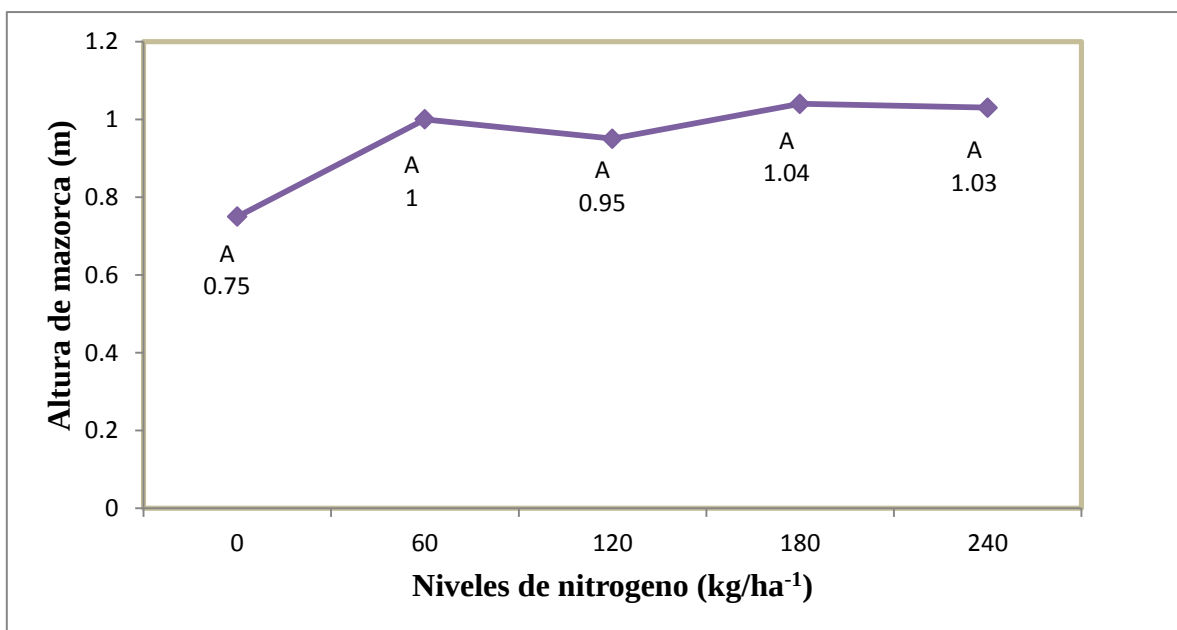


Figura 7. Promedios de altura de mazorca bajo niveles crecientes de N.

6.6 Longitud y diámetro de mazorca

Los resultados del análisis de varianza para la variable longitud de mazorca se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) (Anexo 12). En la figura 8, se observa el promedio del tratamiento cuatro (240 kg/ha⁻¹) que fue el que obtuvo las mazorcas de mayor longitud con 17.90 cm el cual estadísticamente no difiere de los tratamientos uno y tres (60 y 180 kg/ha⁻¹) con promedios de 16.47 y 16.48 cm, respectivamente. De acuerdo con estos

promedios se puede interpretar que al suministrar un nivel o cantidad de N las plantas desarrollaron mazorcas con mayor diámetro.

Se encontró diferencia entre los promedios de los tratamientos dos (120 kg/ha^{-1}) con promedio de 15.54 cm el cual estadísticamente es similar a los tratamientos cuatro, tres y uno ya que tienen un longitud aceptable con respecto a la media general que fue de 15.94 cm , en comparación con el tratamiento cero (0 kg/ha^{-1}) el cual difiere de los demás tratamientos siendo el que alcanzó el menor promedio de 13.40 , teniendo una diferencia con el tratamiento cuatro (240 kg/ha^{-1}) de 4.5 cm . Esta variable es importante porque de ella depende el rendimiento de la planta, lógicamente si se tiene mayor longitud de la mazorca se obtendrán mayor número de granos por mazorca resultando en mayores rendimientos. Se encontraron resultados similares en estudios realizados con diferentes fuentes de N en el trabajo de investigación de Ferrufino, B. (2011), en el que encontró una media de 16.85 cm , ya que el cultivo de maíz se manejó de igual manera en las investigaciones utilizando N como fuente de fertilización del cultivo.

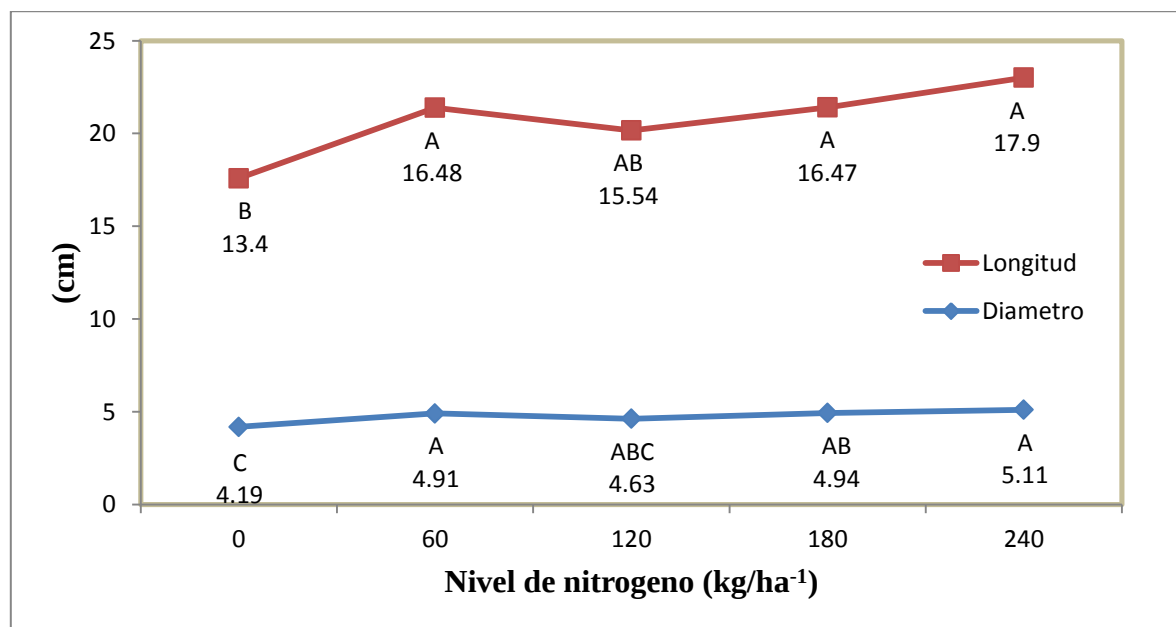


Figura 8. Promedios de longitud y diámetro de mazorca bajo niveles crecientes de N.

De acuerdo con el análisis de varianza para la variable diámetro de mazorca, se obtuvo diferencias altamente significativas entre niveles crecientes de N ($p < 0.01$) (Anexo 13). En la figura 8 se observó que el tratamiento cuatro (240 kg/ha^{-1}) alcanzó un mayor diámetro con un promedio 5.11 cm el cual estadísticamente difiere de los tratamientos uno, dos y tres ($60, 120$ y 180 kg/ha^{-1}), obtuvieron promedios de 4.94, 4.91, 4.63 cm respectivamente, obteniendo diámetro similar. Se puede observar que los tratamientos con un nivel alto de N obtuvieron los mayores diámetros ya que el N es muy importante en el desarrollo de la mazorca. En el caso del tratamiento cero (0 kg/ha^{-1}) alcanzó el promedio más bajo de diámetro con 4.19 cm ya que las plantas no tuvieron una fuente de nitrógeno para su desarrollo.

Se puede observar que el tratamiento cero (0 kg/ha^{-1}) es inferior a la media general que es de 4.75 cm. La diferencia encontrada entre los tratamientos cuatro (240 kg/ha^{-1}) y el tratamiento cero (0 kg/ha^{-1}) es debido a las dosis de nitrógeno que se le aplicaron a los tratamientos ya que el tratamiento cuatro (240 kg/ha^{-1}), tuvo el máximo nivel de N aplicado.

Los resultados obtenidos fueron mayores comparándolos con la investigación que realizó García. E (2011), obteniendo promedios de diámetro de mazorca de 4.61 cm y que en la investigación realizada por García, utilizó fertilizantes foliares de zinc el cual no ayuda a la planta en la formación del grano en la mazorca, caso diferente al N que tiene mucha importancia en la formación del grano.

6.7 Hileras y granos por mazorca

Para la variable hilera por mazorca mediante el análisis de varianza encontró diferencias no significativas ($p > 0.05$) (Anexo 14). En la figura 9 se observa que el tratamiento cuatro (240 kg/ha^{-1}), alcanzó el mayor promedio de hileras por mazorca de 14.25, es notable que la aplicación de N tiene un mayor impacto en el número de hilera por mazorca. El tratamiento cuatro estadísticamente es similar a los tratamientos uno, dos y tres ($60, 120$ y 180 kg/ha^{-1})

con promedios 13.70, 13.40 y 13.4 hileras respectivamente. En el caso del testigo (0 kg/ha) alcanzó el menor promedio de hilera con 10.35, observándose que es inferior a la media general de hilera por mazorca de 13.05, encontrándose una diferencia de 3.9 hileras entre los tratamientos cuatro (140 kg/ha⁻¹) que fue el que obtuvo mayor número de hileras y el tratamiento cero (T0) con menor promedio, no obstante estadísticamente este promedios no difiere entre sí.

En estudios realizados por Carrasco (2006) se encontró promedios similares para la variable hileras por mazorca, obteniendo promedios mayores de 14.9 hileras, ya que en su investigación fue realizada en diferentes suelos de la Universidad Nacional de Agricultura, y con fertilización de nitrógeno y magnesio, por lo que la planta de maíz obtuvo mayor cantidad de nutrientes alcanzando un alto desarrollo vegetativo que le permitió un mayor número de hileras por mazorca, Todo híbrido normalmente tiene 16, 18 y 20 hileras por mazorca (Aldrich y leng, 1977).

El análisis de varianza para la variable granos por hilera resulto altamente significativo ($p < 0.01$), (Anexo 15). En la figura 9 se observa que el tratamiento cuatro (240 kg/ha⁻¹), alcanzó un mayor número de granos por mazorca con un promedio de 37.05, el cual estadísticamente no difiere de los tratamientos uno (60 kg/ha⁻¹) y tres (180 kg/ha⁻¹) con promedios de 34.18 y 33.88 granos respectivamente, que son superiores a la media general con 32.78 granos por hilera.

Se puede observar que los tratamientos cero (0 kg/ha⁻¹) y el tratamiento dos (120 kg/ha⁻¹) fueron los que alcanzaron los menores promedios de granos 26.93 y 31.88, siendo inferiores a la media general. Se encontró una diferencia entre el tratamiento cero (0 kg/ha⁻¹) y el tratamiento cuatro (240 kg/ha⁻¹), que fue de 10.12 granos, esto se debe a las dosis utilizadas en el tratamiento cuatro (240 kg/ha⁻¹ de N) aportado en las tres fertilizaciones fraccionadas.

La primera fertilización fue en el momento de la siembra, la segunda en el estado V6 en donde la planta de maíz puede absorber con mayor facilidad el N, la tercera fertilización se

realizó cuando el maíz estaba parando hoja, en esta etapa es de mucha importancia la aplicación de N, es aquí donde la planta desarrolla su flor masculina y femenina, por lo tanto esta variable es de mucha importancia para obtener buenos rendimiento, por esta razón el tratamiento cero (0 kg/ha^{-1}) obtuvo un bajo promedio. Se observa que el incremento en los niveles crecientes de N obtuvo un incremento en el número de granos por hilera al igual que hileras por mazorca.

En estudios realizados por Carrasco (2006) para la variable granos por hileras fueron diferentes según obtuvo promedios más bajos de 34.29 granos por hilera. Esta diferencia se debe a alta temperatura y baja precipitación ya que son los principales problemas ambientales que influyen en la formación del grano de maíz provocando granos vacíos.

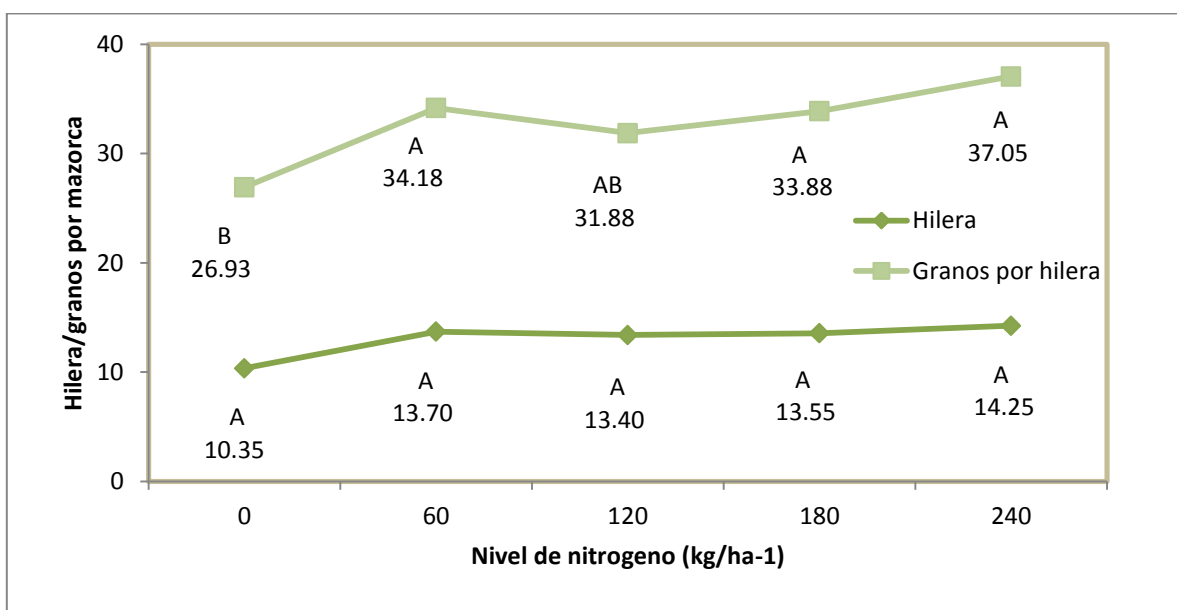


Figura 9. Promedios de hileras y granos por hilera bajo niveles crecientes de N.

6.8 Peso de 100 granos

Para la variable peso de 100 granos se encontró que no hay significancia ($p > 0.05$), (Anexo 16). En la figura 10 observamos que hay una homogeneidad en los promedios de los tratamientos. Los tratamientos cuatro (240 kg/ha^{-1}) y el tratamiento tres (180 kg/ha^{-1})

alcanzaron mayores promedios con 41.25 y 39.75 g, respecto al tratamientos uno (60 kg/ha^{-1}) y el tratamiento dos (120 kg/ha^{-1}), estadísticamente no difieren sus promedios de 38.88 g y 38.70 g debido que son superiores a la media general de 38.53 g. En el caso del tratamiento cero (0 kg/ha^{-1}), obtuvo el promedio más bajo de 34.10 g, teniendo una diferencia de 7.15 g con el tratamiento cuatro (240 kg/ha^{-1}), que fue el que obtuvo el mayor promedio, aunque estadísticamente no difieren entre si.

La respuesta al peso del maíz es debido a la fertilización nitrogenada de los diferentes niveles utilizados, en el momento de la floración, la temperatura y la radiación son factores ambientales que provocando una reducción de los procesos fisiológicos del cultivo, lo que puede resultar en granos vacíos o en una seria reducción del número de granos de la mazorca afectando el peso y rendimiento.

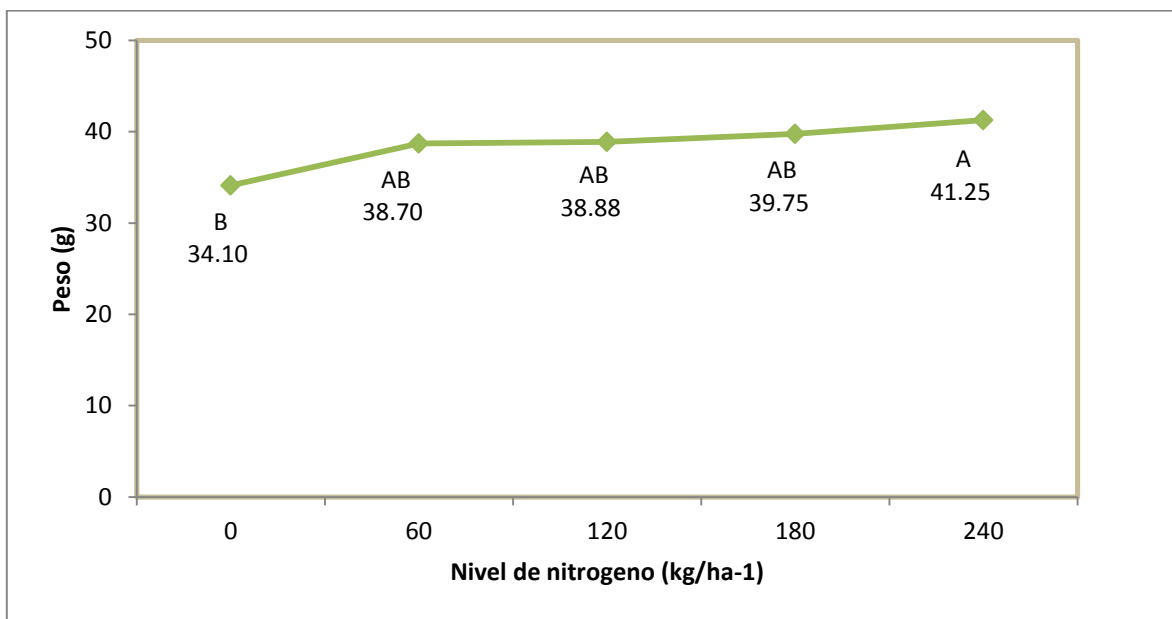


Figura 10. Promedios de peso de 100 granos bajo niveles crecientes de N.

6.9 Peso de mazorca con tuza, mazorca sin tuza, tuza y olote

Para la variable peso mazorcas con tuza se encontró diferencias altamente significativas entre los promedios según el análisis de varianza ($P < 0.01$) (Anexo 18). En La figura 11 se

observa que el tratamiento que presento mayor peso de mazorca con tuza es el tratamiento cuatro (240 kg/ha⁻¹) con un promedio de 6,818.20 kg/ha mazorca con tuza, estadísticamente no difiere de los tratamientos uno (60 kg/ha⁻¹) con un promedio de 6,060.60 kg/ha⁻¹ de mazorca con tuza respectivamente.

Se puede observar que los tratamientos tres (180 kg/ha⁻¹) y el tratamiento dos (120 kg/ha), que alcanzaron promedios de 5,833.30 y 5,757.60 kg/ha⁻¹ mazorca con tuza estos promedios estadísticamente no difieren entre ellos pero si con los tratamientos cuatro y uno (240 y 60 kg/ha⁻¹). En cambio el tratamiento cero (0 kg/ha⁻¹) fue el que alcanzo el menor peso de la mazorca con tuza mostrando un promedio de 3,181.80 kg/ha que esta inferior a la media general de 5,530.37 kg/ha⁻¹, lo que nos dice que el tratamiento cero (0 kg/ha⁻¹) estadísticamente es diferente a los demás tratamientos. Esta diferencia se debe a que la planta no obtuvo los nutrientes necesarios para un buen desarrollo de la mazorca, por consiguiente no alcanzo un buen desarrollo vegetativo lo que provocó una baja cantidad de tuza para la cobertura de la mazorca. Contreras (2005), obtuvo altos promedios de 8,960.00 kg/ha⁻¹ ya que la condiciones de suelo son diferentes, al igual los nódulos del abono verde permiten que la planta tenga mayor facilidad para absorber y disposición del nitrógeno disponible en el suelo, también los abonos sirven de cobertura del suelo lo que ayuda a la retención de agua por parte del suelo evitando la evaporación del agua.

Para la variable peso de mazorca sin tuza se encontró diferencias altamente significativas entre los tratamientos según el análisis de varianza ($P < 0.01$) (Anexo 19). En La figura 11 se observa que los pesos de la tuza andan en un rango de 2,727.30 a 6,060.60 kg/ha⁻¹ respectivamente. El tratamiento que presento mayor peso de mazorca sin tuza es el tratamiento cuatro (240 kg/ha⁻¹) con un promedio de 6,060.60 kg/ha, estadísticamente no difiere de los tratamientos uno (60 kg/ha) y el tratamiento tres (180 kg/ha⁻¹) con un promedio de 5,530.30 y 5,303.00 kg/ha⁻¹ respectivamente. Se puede observar que el tratamiento dos (120 kg/ha⁻¹) alcanzo un promedio de 5,151.50 kg/ha⁻¹ el cual estadísticamente tiene similitud con los tratamientos tres y uno.

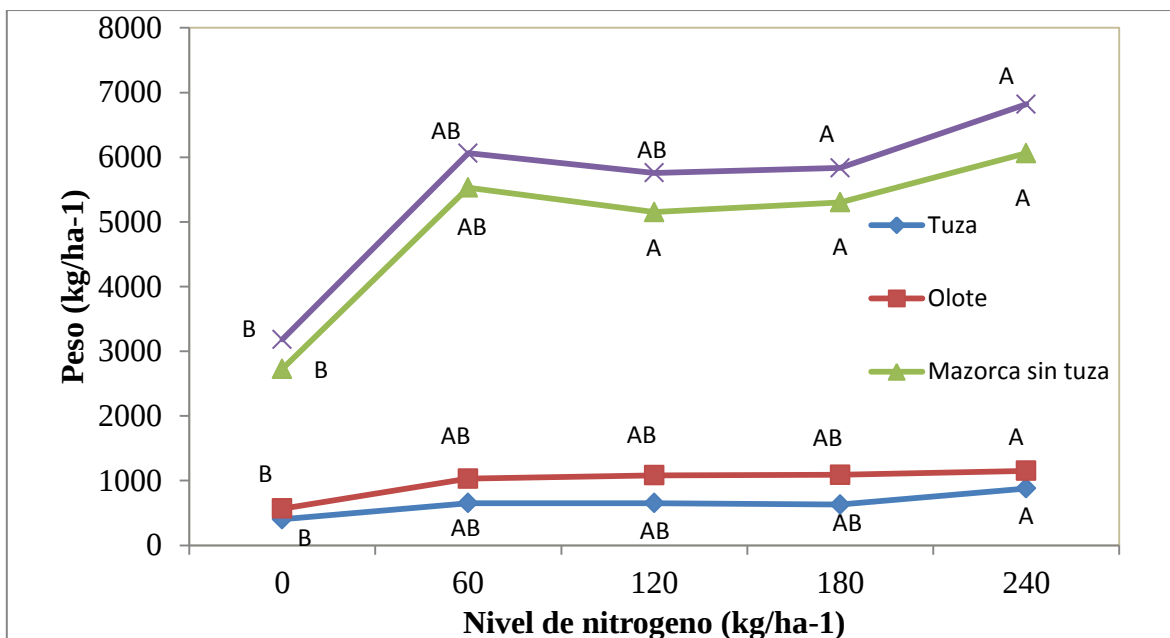


Figura 11. Promedios de peso de mazorcas con tuza, sin tuza, tuza y olote bajo niveles crecientes de N.

El tratamiento cero (0 kg/ha⁻¹), alcanzo el promedio más bajo peso de mazorca sin tuza con 2,727.30 kg/ha⁻¹, el cual difiere de los demás tratamientos a excepción del tratamiento dos (120 kg/ha), La diferencia entre los tratamientos cuatro y uno (240 y 0 kg/ha⁻¹), fue de 3,333.30 kg/ha⁻¹, observándose que el tratamiento cuatro (240 kg/ha) obtuvo la mayor aplicación de N lo que permitió que alcanzara un mayor tamaño de mazorcas, por ende tendrán un mayor peso en comparación con los demás tratamientos, lo que permitió un mayor peso de la mazorca sin tuza. Los tratamientos con mayor nivel de nitrógeno obtuvieron los promedios mayores debido a que el nitrógeno es un elemento en la formación del grano de maíz, proporcionado un mejor llenado de granos en las mazorcas. Promedios obtenidos por Contreras (2005), de 7,350.00 kg/ha⁻¹ fueron mayores debido a que las condiciones del suelo son mejores ya que utilizo abonos verdes para la fijación de N.

Para la variable peso de la tuza se encontró diferencias significativas entre los promedios según el análisis de varianza ($P < 0.05$) (Anexo 20). En La figura 11 se observa que los pesos de la tuza anda en un rango de 400.00 a 880.00 kg/ha⁻¹. El tratamiento que presento mayor

peso de tuza es el tratamiento (240 kg/ha⁻¹) con un promedio de 878.80 kg/ha⁻¹ de tuza, estadísticamente no difiere de los tratamientos uno (60 kg/ha⁻¹), tratamiento dos (120 kg/ha) y el tratamiento tres (180 kg/ha⁻¹) con un promedio de 651.50, 551.50 y 628.80 kg/ha respectivamente. Se puede observar que el tratamiento cero (0 kg/ha⁻¹) alcanzo un promedio más bajo de 401.50 kg/ha⁻¹ el cual es inferior al promedio general de 642.42 kg/ha, no obstante todos los promedios de peso de la tuza son estadísticamente similares para todos los tratamientos.

Al comparar los promedios de los tratamientos cuatro (240 kg/ha⁻¹) y el tratamiento cero (0 kg/ha⁻¹) se puede observar una diferencia de 478.50 kg/ha⁻¹, lo que nos demuestra que con una nivel alto de N permitió que la planta tuvieran un mayor crecimiento vegetativo, por consiguiente las mazorcas alcanzaron mayor tamaño lo que demuestra un mayor peso de tuza, en comparación con el testigo (0 kg/ha⁻¹) el que no alcanzo un buen desarrollo debido a la poca disponibilidad de N que le brindo el suelo. Se encontraron promedios de 1,610.00 Kg/ha⁻¹ de peso de tuza por Contreras (2005), teniendo valores mayores debido a que se realizó fertilizaciones nitrogenada y uso de abonos verdes, que ayudan a mejorar las condiciones nutricionales del suelo.

El análisis de varianza encontró significancia ($p < 0.05$) entre tratamientos para el peso del olote, según (Anexo 21). En la figura 11 se puede observar que el tratamiento cuatro (240 kg/ha⁻¹) alcanzó la mayor peso del olote con un promedio de 1,151.50 kg/ha⁻¹, el cual estadísticamente no difiere del promedio alcanzado por el tratamiento tres (180 kg/ha) con 1,090.90 kg/ha⁻¹, pero si observamos los tratamientos uno (60 kg/ha⁻¹) y tratamiento dos (120 kg/ha⁻¹) hay una diferencia entre los promedios alcanzados que fueron de 1,083.30 y 1,030.30 kg/ha⁻¹.

De acuerdo con la prueba de tukey esta nos dice que los tratamientos uno (60 kg/ha⁻¹), tratamiento dos (120 kg/ha⁻¹) y el tratamiento tres (180 kg/ha⁻¹) estadísticamente son similares y se encuentra por encima de la media general, esto se debe a la dosis de N aplicadas las cuales no tuvieron tanta variación. El tratamiento cero (0 kg/ha⁻¹) alcanzo el

menor promedio con 568.20 kg/ha⁻¹ el cual se encuentra inferior sobre la media general de 984.84 kg/ha. Se puede observar una diferencia de 583.3 kg/ha⁻¹ en peso del olote del tratamiento cero (0 kg/ha⁻¹) y tratamiento cuatro (240 kg/ha⁻¹). Tratamientos con dosis recientes de nitrógeno y uso de caupi (*Vigna unguiculata*) realizado por Contreras (2005), obtuvieron promedios de 1,750.00 kg/ha⁻¹ en el peso del olote, estos valores son mayores ya que los nódulos de la planta de caupi permitió una mayor fijación de nitrógeno en el suelo, permitiendo al cultivo un mayor desarrollo de la mazorca.

6.10 Biomasa foliar

Para la variable biomasa el análisis de varianza nos muestra significancia ($p < 0.05$) (Anexo 17). En la figura 12 se puede observar que el tratamiento cuatro (240 kg/ha⁻¹) alcanzó la mayor biomasa foliar con un promedio de 6,136.40 kg/ha⁻¹. Esto nos indica que si hay una fuente de N accesible para que la planta pueda satisfacer los requerimientos de nitrógeno tendrá un mejor desarrollo vegetativo. Estadísticamente no difiere del promedio alcanzado por el tratamiento tres (180 kg/ha⁻¹) con promedio de 5,000.00 kg/ha⁻¹, pero si observamos los tratamientos uno (60 kg/ha⁻¹) y tratamiento dos (120 kg/ha⁻¹) que hay una diferencia entre los promedios alcanzados que fueron de 4,545.50 y 4,166.70 kg/ha⁻¹ respectivamente.

El tratamiento cero (0 kg/ha⁻¹) alcanzó la menor biomasa foliar con promedio de 2,803.00 kg/ha⁻¹, es notable que hay una gran diferencia de 3,333.40 kg/ha⁻¹ en la biomasa del tratamiento cero (0 kg/ha⁻¹) que alcanzó el promedio más bajo en comparación con el tratamiento cuatro (240 kg/ha⁻¹) que alcanzo el mayor promedio, por lo cual se analizó que al no dar un suplemento de N al suelo las plantas de maíz no tendrán un buen desarrollo vegetativo. Mediante estudios realizados por Contreras A. (2005) encontró promedio de 9087.7 kg/ha⁻¹ biomasa utilizando 40 kg/ha⁻¹ de nitrógeno que fue notablemente mayor que el ensayo en cuestión. Esto probablemente se debió a que Contreras utilizó Caupi (*Vigna unguiculata*), en su evaluación lo que promovió la absorción de nitrógeno en la planta lo que llevo a un mejor desarrollo vegetativo.

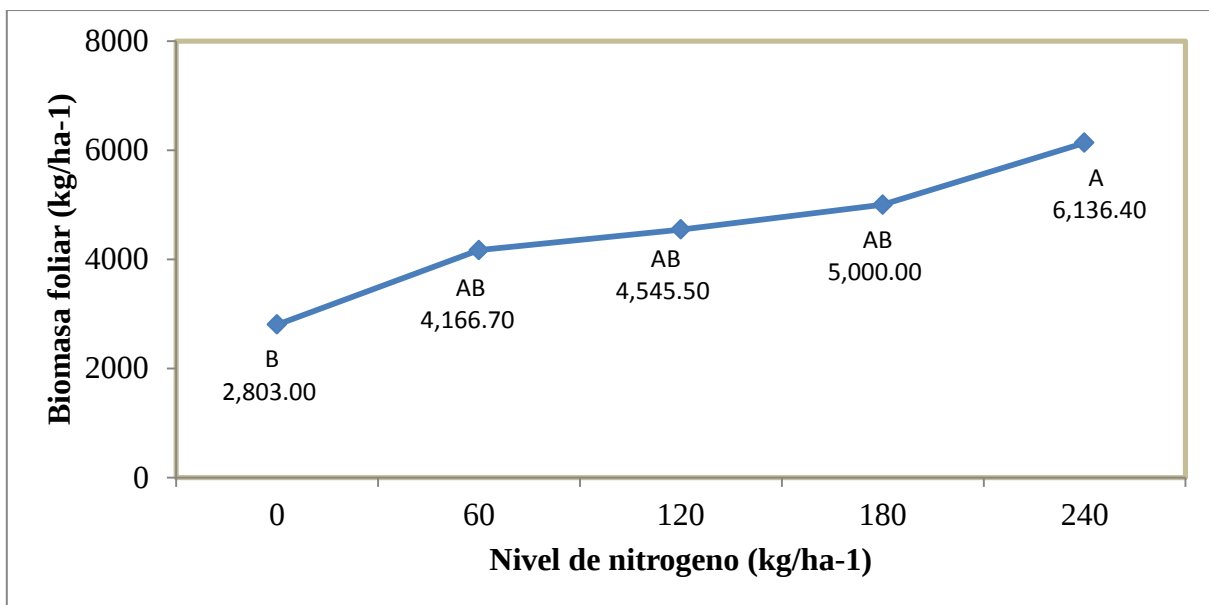


Figura 12. Promedios de biomasa foliar bajo niveles crecientes de N

6.11 Diámetro de tallo

El análisis de varianza para la variable diámetro de la mazorca mostró una alta significancia ($p < 0.01$), (Anexo 8). En la Figura 13 se observa que el tratamiento cuatro (240 kg/ha⁻¹ de N) mostro mayor diámetro de tallo con un promedio de 4.29 cm, al igual que el tratamiento tres (180 kg/ha⁻¹), con un diámetro de 3.98 cm. Mediante análisis estadístico con la prueba de tukey nos dice que el tratamiento cuatro, tres y dos (240, 180, 120 kg/ha⁻¹), son estadísticamente similar en el ciclo del cultivo.

Por su parte los tratamientos uno y cero (60 y 180 kg/ha⁻¹), tuvieron diferentes comportamientos obteniendo promedios de 3.40 cm el tratamiento uno (60 kg/ha⁻¹) y el tratamiento cero (T0) un promedio de 2.20 cm, esto debido a su baja dosis de nitrógeno aplicado en el transcurso del experimento.

Se puede observar que con los niveles altos de N (240 y 180 kg/ha⁻¹) las plantas alcanzaron mayor promedio de diámetro de tallo, indicando que el N es un elemento fundamental para

el desarrollo vegetativo del cultivo de maíz. Marschner (2002), acumulación de calcio en el tallo (Diámetro y resistencia).

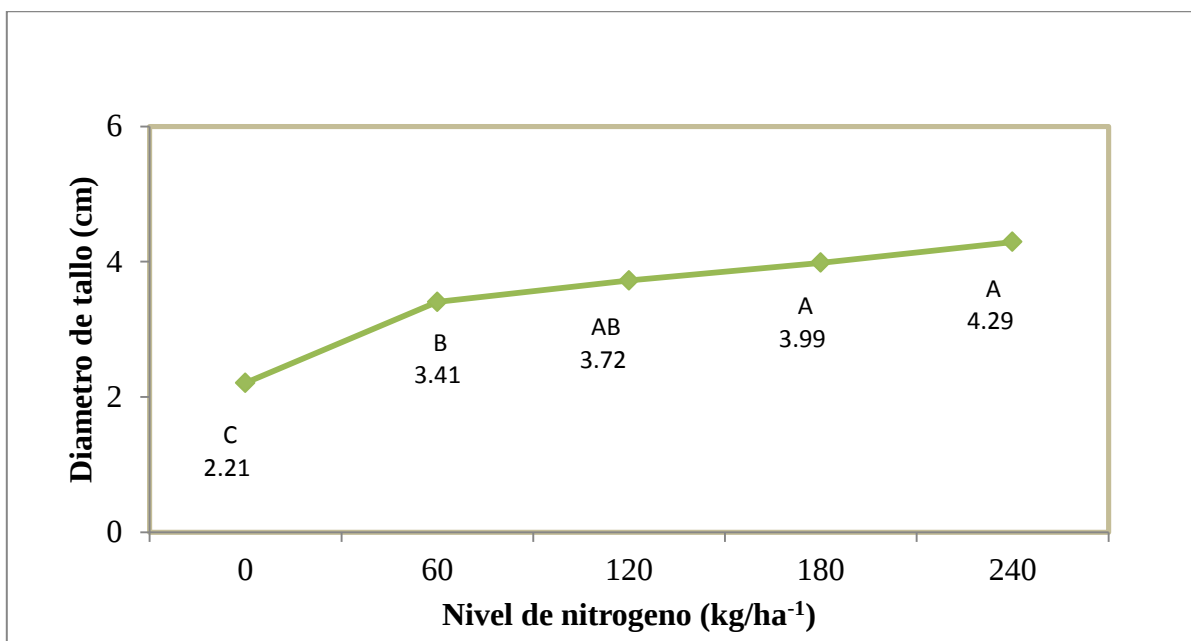


Figura 13. Promedios de diámetro de tallo bajo niveles crecientes de N.

6.12 Porcentaje de pudrición de mazorca

Según el análisis de varianza para la variable pudrición de mazorca se encontró diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) (Anexo 11). En la figura 14 se observan que el tratamiento cero (0 kg/ha⁻¹) obtuvo un promedio mayor de 2.60 el cual estadísticamente varía de los demás tratamientos, por lo tanto los tratamientos uno, dos, tres y cuatro (60, 120, 180 y 240 kg/ha⁻¹), tienen promedios similares 1.68, 1.60, 1.55, 1.50 porcentaje de pudrición de mazorca respectivamente. Se puede observar una diferencia entre el tratamiento cero (0 kg/ha) y tratamiento dos (120 kg/ha⁻¹) de 1.1 porcentaje de pudrición de mazorca el cual se debe a que el testigo (0 kg/ha⁻¹) al no aplicarle N no hay un buen desarrollo vegetativo, por lo tanto no hay buena cobertura de mazorca, quedando los granos de la mazorca expuestos a muchos factores, de clima y algunos insectos que son los causantes de la pudrición de la mazorca.

Se encontraron resultados mayores de porcentaje de pudrición en estudios realizados en la evaluación del comportamiento agronómico de tres híbridos de maíz dekal 234, dekal 357, dekal 7088 bajo riego por goteo e investigación realizada por Rodríguez (2012), en el que encontró una media de 7.53 porcentaje de pudrición la aplicación de fuentes foliares de zinc en el cultivo de maíz. Esta diferencia entre promedios se puede deber a condiciones de altas precipitaciones, bajas temperaturas o a una humedad relativa alta.

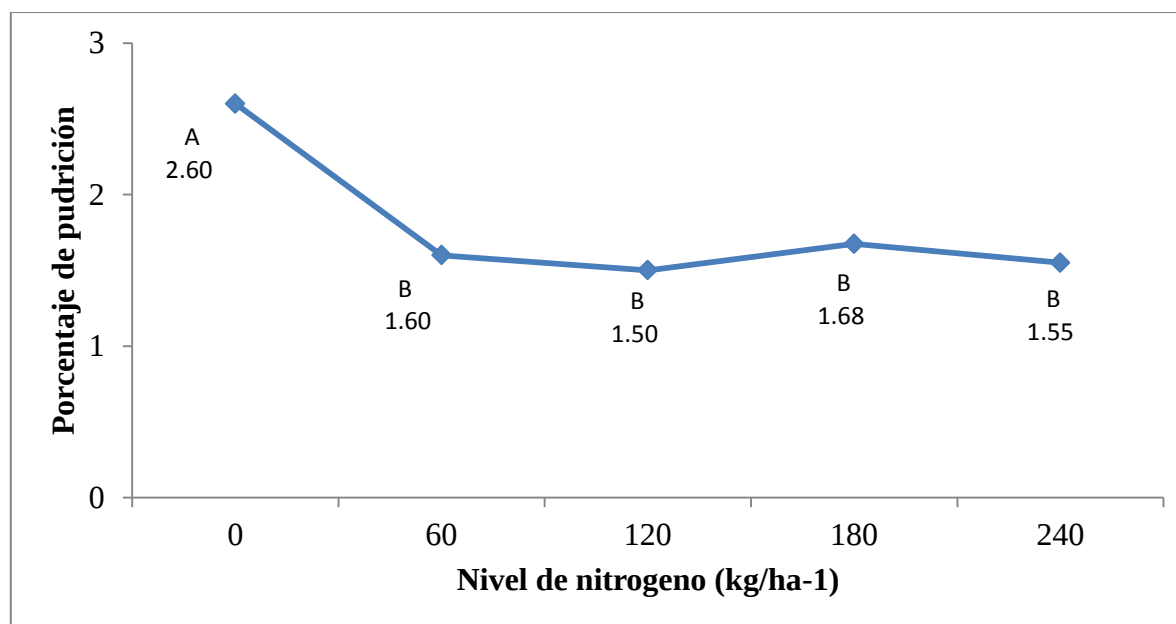


Figura 14. Promedios de porcentaje de pudrición de mazorca bajo niveles crecientes de N.

6.13 Rendimiento de maíz

Para la variable rendimiento se encontró diferencia significativa entre los tratamientos según el análisis de varianza ($P < 0.05$) (Anexo 22). En La figura 15 se observa que los rendimientos de los tratamientos mostraron valores entre 1,512.60 a 3,340 kg/ha⁻¹. El tratamiento que presento mayor rendimiento es el tratamiento (240 kg/ha⁻¹) con un promedio de 3,339.10 kg/ha, estadísticamente no difiere de los tratamientos uno (60 kg/ha) y el tratamiento tres (180 kg/ha⁻¹), con promedios de 3,110.00 y 3,110.90 kg/ha⁻¹ respectivamente. Se puede observar que el tratamiento dos (120 kg/ha⁻¹) alcanzo un

promedio de 2,680.20 kg/ha⁻¹ el cual estadísticamente tiene similitud con los tratamientos uno (60 kg/ha⁻¹) y tratamiento tres (180 kg/ha⁻¹).

El tratamiento cero (0 kg/ha⁻¹), alcanzo el promedio más bajo con 2,121.20 kg/ha⁻¹, observando diferencia con el tratamientos cuatro (240 kg/ha⁻¹), de 1,826.50 kg/ha⁻¹. De acuerdo a los niveles de N utilizados se puede observar que mayor cantidad de nitrógeno aplicado al cultivo de maíz los rendimientos serán altos.

Carrasco (2006) evaluó niveles de nitrógeno y encontró que con una aplicación de N a un nivel de 200 kg/ha⁻¹ obtuvo rendimientos de 9612 kg/ha⁻¹. Carrasco obtuvo mayores resultados ya que le proporciono las condiciones adecuadas de riego al cultivo lo que le permitió obtener mejores rendimiento, en el caso de los niveles utilizados de (240 kg/ha⁻¹), no se presentaron las condiciones favorables de riego ni agua lluvia, por consiguiente temperaturas altas, factores que determinan la formación de la mazorca y granos, lo que se mira reflejado en rendimientos bajos. Según la FAO (1986) el elevado rendimiento del maíz se relaciona estrechamente con el empleo de fertilización nitrogenado, también actúa en forma positiva según el potencial de la variedad.

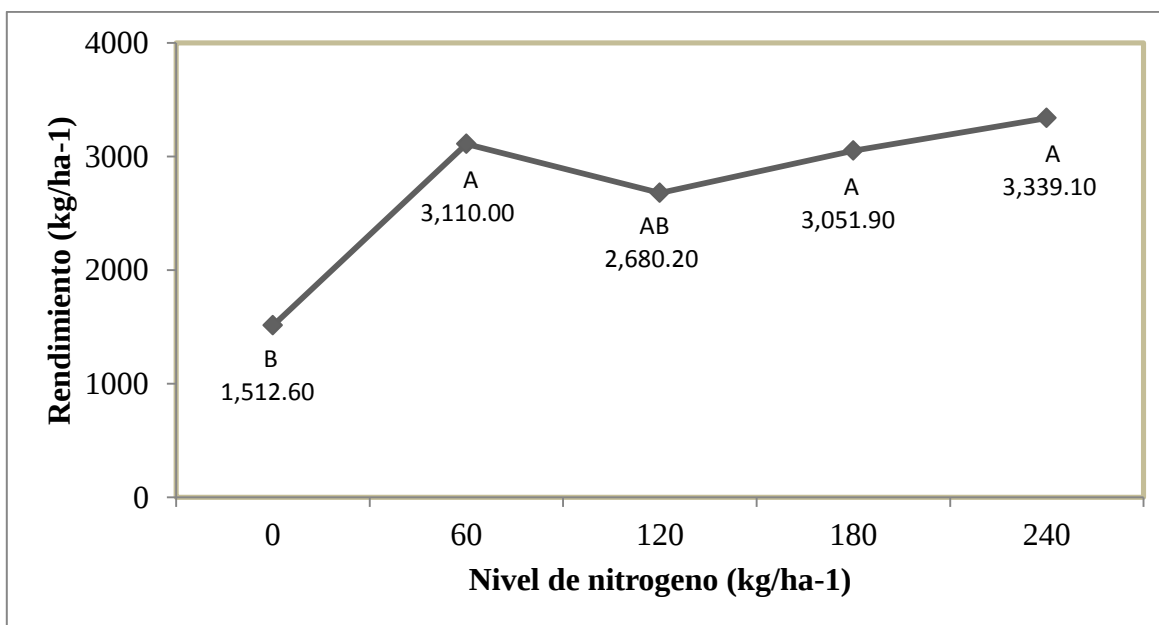


Figura 15. Promedios de rendimiento bajo niveles crecientes de N.

6.14 Análisis económico

El cuadro 3 se muestra la tendencia de la relación beneficio costo por tratamiento, En cuanto a los costos que estos reflejaron, variaron en cuanto a la cantidad de fertilizante a usar por repetición, se puede observar que el beneficio total es mayor para el tratamientos uno (60 kg/ha^{-1}) de N fraccionada en 3 aplicaciones teniendo una relación beneficio costo de (3.43) demostrando que se obtienen mejores ganancias con este tratamiento. El tratamiento que obtuvo menor beneficio fue el tratamiento cero (0 kg/ha^{-1}) con (2.04) lo que nos dice que obtenemos menores ganancias. El costo por tratamiento resulto ser mayor el tratamiento cuatro (240 kg/ha^{-1}) debido a que se aplicó el nivel más alto de N por lo cual los costos son altos por el precio de los fertilizante. Lo que se puede observar de la tabla es que el tratamiento que obtuvo mejor relación beneficio costo, es el tratamiento uno, teniendo una diferencia del tratamiento cuatro de 5,363.72 lempira, en comparación con los costos del tratamiento cuatro. Estas diferencias en la relación B/C se debe a los diferentes niveles crecientes de N, por lo que algunos niveles eran más altos, aumentando los costos de producción por tratamiento.

Cuadro 3. Análisis económico marginal relación beneficio costo parcial por cada tratamiento.

Tratamiento	Costo por tratamiento Lempiras	Beneficio total Lempira	Relación B/C
0 Kg/ha ⁻¹	5,722.00	11,647.02	2.04
60 Kg/ha ⁻¹	7,502.80	25,711.22	3.43
120 Kg/ha ⁻¹	9,272.16	20,637.16	2.23
180 Kg/ha ⁻¹	11,061.52	23,500.02	2.12
240 Kg/ha ⁻¹	12,866.52	23,947.15	1.86

6.15 Otras actividades complementarias

6.15.1 Capacitaciones los productores sobre el uso del medidor de clorofila.

Se capacitó a los productores de la comunidad de Nueva Esperanza, Catacamas Olancho, sobre el uso del medidor de clorofila, utilizando TIC (Tecnologías de Información y Comunicación). Para la convocatoria a la capacitación se utilizó las TIC (Tecnologías de Investigación y Comunicación), de los mensajitos y llamadas telefónicas para comunicar a las personas de la comunidad que se realizaría una capacitación del uso del medidor de clorofila.

En la capacitación se utilizó un video sobre manejo y aplicación del medidor de clorofila grabado en la comunidad de la Nueva Esperanza y predios de la Universidad Nacional de Agricultura, realizado por el Ing. José Trinidad Reyes, el estudiante José Alejandro Guerrero Hernández y el apoyo de la Red de Desarrollo Sostenible (RDS-hn), así como también una presentación en Microsoft PowerPoint ilustrando el procedimiento a seguir para el manejo correspondiente del medidor de clorofila. Posteriormente se realizó una visita al sitio del ensayo donde se capacito a productores con respecto al uso del medidor de clorofila (ccm-200 plus), realizando la práctica para el aprendizaje de los productores.

En el ensayo se les explico los diferentes niveles crecientes que evalué en el experimento, posteriormente les habló de la clorofila de la función que tiene en las plantas y la relación que tiene con el nitrógeno, que son los responsables para que la planta lleve a cabo su proceso fotosintético. Después de una breve charla se demostró como realizar las mediciones con el medidor de clorofila (ccm-200 plus), explicándole que cuando el índice de clorofila es alto la planta tiene alto contenido de nitrógeno, por lo que no es necesario aplicar fertilizante nitrogenado.

De esta manera los productores entendieron que el medidor de clorofila (ccm-200 plus), les permitió saber el estado nutricional de las plantas de maíz en cuanto a N y la importancia

de la clorofila en plantas. Los productores observaron que el medidor de clorofila es una herramienta de gran importancia para evitar gastos por fertilizaciones innecesarias que ellos realizan en los cultivos.

VII. CONCLUSIONES

Las TIC (Tecnologías de Información y Comunicación), resultaron una herramienta específica para la capacitación de los productores, mediante la presentación del video sobre el manejo y aplicación del medidor de clorofila (ccm-200 plus), que a la vez dicho aplicador fue operado por estos durante la capacitación.

Mediante el medidor de clorofila (ccm-200 plus) se determinó que el tratamiento cuatro (240 kg/ha) fue el que presentó los promedios más altos de clorofila en las plantas, por lo que aumento su área foliar lo que permitió que las plantas obtuvieran un mayor proceso fotosintético y por consiguiente un aumento en el rendimiento.

El incremento en las dosis de nitrógeno utilizados permitió que las plantas aprovecharan mejor el nitrógeno aportado, aumentando la cantidad de clorofila a nivel de foliar por lo que los mejores niveles fueron detectados por el medidor de clorofila en los tratamientos tres (180 kg/ha) y el tratamiento cuatro (240 kg/ha).

El medidor de clorofila (ccm-200 plus), nos permite poder determinar el estado nutricional de las plantas ya que aquellas que presentan deficiencias o síntomas de enfermedad tendrán los menores índices de clorofila a nivel foliar por lo que su color será amarillento o característico de la deficiencia que presenten las plantas.

VIII. RECOMENDACIONES

Como una alternativa de fertilización se debe de aplicar el nitrógeno de forma fraccionada para que la planta tenga mejor aprovechamiento del Nitrógeno, ya que si se aplica altas cantidades de este nutriente en una sola fertilización tendremos los procesos de lixiviación o volatilización del nitrógeno.

Implementación por parte de los pequeños productores de la comunidad de La Nueva Esperanza, Catacamas de los tratamientos uno (60 kg/ha) y tratamiento dos (120 kg/ha) que fueron los que alcanzaron rendimientos con 3,110.10 y 2,680.20 kg/ha ya que sus costo de producción son bajos de 7,502.80 y 9,272.16 lempiras obtuvieron un relación C/B de 3.43 y 2.24.

Que las Universidades principalmente aquellas dedicadas al sector agropecuario sigan realizando investigaciones sobre diferentes niveles de fertilización en el cultivo de maíz u otros cultivos de importancia de los productores de las comunidades aledañas.

Seguir haciendo uso de las TIC, (Tecnologías de Información y Comunicación) para la capacitación a productores sobre el uso del medidor de clorofila (ccm-200 plus), para lograr obtener mejores rendimientos en los cultivos, principalmente en granos básicos como el maíz (*Zea mays*).

IX. BIBLIOGRAFÍA

Aldrinch, S: Leng, E. 1977. Produccion moderna de mais Trad. O. martinez y P Leguisamon. Cincinati, U.S. Hemisferio Sur. 307 p.

Argenta G, Ferreira P, Bortolini C, Forsthofer EL, Strieder ML. 2001. Relação da leitura do clorofilómetro como teores de clorofila extraível e de nitrógeno na folha de milho. Revista Brasileira de Fisiología Vegetal 13(2):134-139.

Bolaños, J. y GO. Edmeades. 1993. La fenología del maíz. En síntesis de resultados experimentales del PRM: Vol. 4. 5 p.

Brady, NC. 1990. La Naturaleza y Propiedades de los Suelos. M ° Millan Publishing Co. Inc. 8a Edición. Nueva York, E. U. A. 63 9p. (En línea). Consultado el 12 de mayo del 2013. Disponible en <http://eprints.uanl.mx/1542/1/1080124385.PDF>

Carrasco, P. 2006. Evaluacion de diferentes niveles de nitrógeno y magnesio Zea mayz en diferentes suelos de la Universidad Nacional de Agricultura. Tesis Lic. Ing. Universidad Nacional de Agricultura. Honduras. Catacamas, Olancho.

Castillo A.R, Ligarreto G.A 2010. Relación entre nitrógeno foliar y el contenido de clorofila, en maíz asociado con pastos en el Piedemonte Llanero colombiano. Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria. (En línea). Consultado el 25 de mayo del 2013. Pag. 122-128. Disponible en: <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/archivos/revista/nitrogenofoliar.pdf>

Cooke, G. W. 1979. Fertilizantes y sus Usos. Octava Impresión. México consultado 17 may del 2013. Tesis de posgrado de maestro en ciencias en producción agrícola. México, UANL. Consultado el 20 de may del 2013. Disponible en <http://eprints.uanl.mx/1542/1/1080124385.PDF>.180p

Contreras, O. 2005.Respuesta del cultivo de maíz (*Zea mays*) a la aplicación de dosis crecientes de fertilizante nitrogenado y uso de caupi (*Vigna unguiculata*) como abono verde. Tesis Lic. Ing. Universidad Nacional de Agricultura. Honduras. Catacamas, Olancho.

Ferraris G.N. 2008. Pérdidas de nitrógeno por volatilización y su implicancia en el rendimiento del cultivo de maíz: Efectos de fuente, dosis y uso de inhibidores. (en línea). Consultado el 25 de may del 2013. Disponible en: <http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/.pdf>

Ferraris, G., Couretot, L. 2010. Fertilización. INTA. (En línea) 26 de mayo del 2013. Disponible en: www.agromercado.com.ar/pdfs/157_maiz_10.pdf

Ferrufino, B. 2011. Evaluación de fuentes de nitrógeno y su efecto en el comportamiento agronómico y rendimiento del cultivo de maíz. Tesis Lic. Ing. Universidad Nacional de Agricultura. Honduras. Catacamas, Olancho.

Firestone, M. K., y Davidson, E. A. 1989. Base microbiológica para el NO y la producción de N₂O y el consumo en los suelos. p. 7-21. Es: Andreade, M. y Schimel, O.D.S. (eds.) El intercambio de gases traza entre los ecosistemas terrestres y la atmósfera. John Wiley, Nueva York.

García, E. 2011. Evaluación de fuentes foliares de zinc y su efecto en el comportamiento agronómico y rendimiento del cultivo de maíz (*zea mays*). Tesis Lic. Ing. Universidad Nacional de Agricultura. Honduras. Catacamas, Olancho.

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.

Fox, R. H., G. W. Roth, K. V. Iversen y W. P. Piekielek. 1989. Suelo y prueba de nitrato tejido comparado para predecir la disponibilidad de nitrógeno en el suelo al maíz. *Agronomía Jourbal*, 81:971-974.

García F.O. 2006. La nutrición de los cultivos y la nutrición de los suelos. En: *Informaciones Agronómicas* 29: 13 – 16. (en línea).Citado el 14 de may del 2013. Disponible en: [http://www.ipni.net/publication/iaacs.nsf/0/FD79EAE02D7978578525799500775CC6/\\$FILE/5.pdf](http://www.ipni.net/publication/iaacs.nsf/0/FD79EAE02D7978578525799500775CC6/$FILE/5.pdf)

Gardner, CAC, PL Bax, DJ Bailey, AJ Cavalieri, CR Clousen GA Luce, CW Tiffany, MW Trimble y BN Wilsin. 1990. Respuesta del maíz hybridsto nitrógeno fertilizier. *J. Prod. Agrie*. 3: 39-43.

Gasteiz V, 2007. Desarrollo de un sistema de fertilización nitrogenada racional en trigo blando de invierno bajo condiciones de clima mediterráneo húmedo / M^a Arritokieta Ortuzar Irarorri. - 1^a ed. Vasco, 2007. (en línea) Consultado el 26 de may del 2013. Disponible en: http://www.nasdap.ejgv.euskadi.net/r50-public2/es/contenidos/informe_estudio/tesis_doctorales/es_agripes/adjuntos/tesis_doctoral60.pdf

Guerrero, G. A. Citado por Alvarado LC.1996. El Suelo, los Abonos y la Fertilización de los Cultivos. Ediciones Mundi-Prensa. Bilbao, pp.54, 121. (En línea). Consultado el 10 de may del 2013. Disponible en <http://eprints.uanl.mx/1542/1/1080124385.PDF>

Haro, M. 1998. Efecto del encalamiento y fertilización con nitrógeno y fosforo en el rendimiento y rentabilidad del frijol común. Tesis Ing. Agro. El Zamorano, Honduras, Zamorano. 24p.

Hugo M. Pedrol, Julio M. Castellarín, Ferraguti F.; Rosso O. 2003. Respuesta a la fertilización nitrogenada y eficiencia en el uso del agua en el cultivo de maíz según nivel hídrico (en línea). MX.Informaciones Agronomicas. Consultado 13 mayo 2013. Disponible en:[http://www.ipni.net/publication/ia-acnsf/0/FD79EAE02D7978578525799500775CC6/\\$FILE/5.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-acnsf/0/FD79EAE02D7978578525799500775CC6/$FILE/5.pdf)

Jones, J. B. Citado por Alvarado LC. 1998. Respuesta del maíz (*zea m*y» l*) a la fertilización con nitrógeno, fosforo, potasio y zinc en suelos del norte de tamauupas Plant Nutrición. Tesis de posgrado en ciencias agrícolas. CRC Press. Florida. USA. 140p. (En línea) consultado el 10 de may del 2013. Disponible en <http://eprints.uanl.mx/1542/1/1080124385.PDF>

Jones, J. B. Citado por Alvarado LC. 1998. Plant Nutrition. CRC Press. Florida. USA. 140p. consultado el 10 de may del 2013. <http://eprints.uanl.mx/1542/1/1080124385.PDF>.

López, B.L. 1990. Cultivos herbáceos. Vol 1: Cereales. Mundi-Prensa. Madrid, España. 539 p. Consultado el 20 de may del 20013. (en línea). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60322109>.

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

Mendoza M. 1988. Densidad de población y fertilización nitrogenada en la clorofila, materia seca y rendimiento de maíz normal. Agricultura Técnica en México, vol 32 núm 1, enero-abril 2006, pp. 88-99 instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícola y Pecuaria México. Consultado el 16 de may del 2013. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60322109>.

Meisinger J.J., y Randall, G.W. 1991. Estimación de los sistemas de cultivos forsoil nitrógeno presupuestos. p. 85-124. Es: Follet R.F. et al, (eds.) Nitrógeno gestión para la calidad del agua subterránea y de la granja rentabilidad SSSA, Madison, WI, EEUU.

Morales, M.F. (2011). Eficacia de productos químicos, orgánicos y biológicos en el control de mal de talluelo (*rhizoctonia solani*) y pudrición de raíz (*fusarium spp.*) en plántulas de café. Tesis Ing. Agr. Catacamas, Honduras. Universidad Nacional de Agricultura 62 pág.

Piekielek, W. P., R. H. Fox, J. D. Toth y E. M.Kirsten. 1995. El uso de un medidor de clorofila a la etapa temprana de maíz dentado para evaluar nitrógeno suficiencia. Agronomy Journal, 87: 403-408.

ROZAS H.S. y ECHEVERRÍA H.E. 1996. Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maíz y el rendimiento en grano. Revista, La Plata 103 (1). (en línea). Consultado el 22 de may del 2013. Disponible en: http://www.agro.unlp.edu.ar/uploads/R/agro103_44.pdf

Sainz Rozas H., H. Echeverría, Studdert G. y F. Andrade.1999. La siembra de maíz de nitrógeno absorción y rendimiento: Efecto de inhibidor de la ureasa y el tiempo de aplicación. Agron. J. 91:950-955.

Tisdale, L. S. y W. L. Nelson. 1982. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Ed. UTHEA. México. 760p. (En línea). Consultado el 10 de may del 2013. Disponible en <http://eprints.uanl.mx/1542/1/1080124385.PDF>

Tisdale, L. S. y W. L. Nelson. Citado por Alvarado LC. 1982. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Ed. UTHEA. México. 760p. (En línea). Consultado el 10 de may del 2013. Disponible en <http://eprints.uanl.mx/1542/1/1080124385.PDF>

Uhart, S. A. y F. H. Andrade. 1995. Nitrógeno La deficiencia de Maíz: I. Efectos sobre el crecimiento del cultivo, el desarrollo, la partición de materia seca, y establece núcleo. Crop Science, 35:1376-1383.

Wrage, N., Velthof, GL, van Beusichem, ML, y Oenema, O. 2001. Papel de nitrifier desnitrificación en la producción de óxido nitroso. Biol. Suelo. Biochem. 33:1723-1732.

ANEXOS

Anexo. 1. Análisis de varianza para el nivel de clorofila total, haciendo uso del medidor de clorofila primera medición en la comunidad de nueva esperanza.

FV	GL	SC	CM	FC	PR>F	INTERPRETACION
Regresión	1	7463.511	7463511	19.39	0.0003	**
Error	18	6299162	384953			
total	19	1439267				

*= Diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$)

**= Diferencias estadísticas altamente Significativas ($p \leq 0.01$).

N.S = No existe diferencias estadísticas significativas:

Anexo. 2. Análisis de varianza para el nivel de clorofila total, haciendo uso del medidor de clorofila segunda medición en la comunidad de nueva esperanza.

FV	GL	SC	CM	FC	PR>F	INTERPRETACION
Regresión	1	6213860	6213860	13.68	0.0016	**
Error	18	8178813	454378			
total	19	1439267				

*= Diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$)

**= Diferencias estadísticas altamente Significativas ($p \leq 0.01$).

N.S = No existe diferencias estadísticas significativas:

Anexo. 3. Análisis de varianza para el nivel de clorofila total, haciendo uso del medidor de clorofila tercera medición en la comunidad de nueva esperanza.

FV	GL	SC	CM	FC	PR>F	INTERPRETACION
Regresión	1	10074916	10074916	42	0.0001	**
Error	18	4317757	239875			
total	19	14392673				

*= Diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$)

**= Diferencias estadísticas altamente Significativas ($p \leq 0.01$).

N.S = No existe diferencias estadísticas significativas:

Anexo. 4. Análisis de varianza para el nivel de clorofila total, haciendo uso del medidor de clorofila cuarta medición en la comunidad de nueva esperanza.

FV	GL	SC	CM	FC	PR>F	INTERPRETACION
Regresión	1	10359632	10359632	46.24	0.0001	**
Error	18	4033041	224058			
total	19	14392673				

*= Diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$)

**= Diferencias estadísticas altamente Significativas ($p \leq 0.01$).

N.S = No existe diferencias estadísticas significativas:

Anexo. 5. Análisis de varianza para la variable altura de plantas en la comunidad de nueva esperanza.

FV	GL	SC	CM	FC	PR> 0.05	INTERPRETACION
TRAT.	4	0.432	0.108	4.25	0.0227	*
REP.	3	0.13	0.043	1.7	0.2191	N.S
ERROR	12	0.305	0.0254			
TOTAL	19	0.867				
	$R^2 = 0.6481$	CV=6.471	X=2.464			

*= Diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$)

**= Diferencias estadísticas altamente Significativas ($p \leq 0.01$).

N.S = No existe diferencias estadísticas significativas:

Anexo. 6. Análisis de varianza para la variable días a floración masculina en la comunidad de nueva esperanza.

FV	GL	SC	CM	FC	PR>F	INTERPRETACION
TRAT.	4	30.3	7.575	4.71	0.062	N.S
REP.	3	2.95	0.9833	0.61	0.6201	N.S
ERROR	12	19.3	1.6083			
TOTAL	19	52.25				
	$R^2 = 0.6327$	CV=2.4459	X=51.85			

*= Diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$)

**= Diferencias estadísticas altamente Significativas ($p \leq 0.01$).

N.S = No existe diferencias estadísticas significativas:

Anexo. 7. Análisis de varianza para la variable dias a floración femenina en la comunidad de nueva esperanza.

FV	GL	SC	CM	FC	PR>F	INTERPRETACION
TRAT.	4	34.3	8.575	1.55	0.2508	N.S
REP.	3	5.75	1.9166	0.35	0.7928	N.S
ERROR	12	66.5	5.5416			
TOTAL	19	106.55				
	$R^2 = 0.3758$	CV=4.104	X=57.35			

*= Diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$)

**= Diferencias estadísticas altamente Significativas ($p \leq 0.01$).

N.S = No existe diferencias estadísticas significativas:

Anexo. 8. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo en la comunidad de nueva esperanza.

FV	GL	SC	CM	FC	PR>F	INTERPRETACION
TRAT.	4	10.3593	2.5898	19.11	0.0001	**
REP.	3	0.7288	0.2496	1.79	0.202	N.S
ERROR	12	1.6259	0.2354			
TOTAL	19	12.7141				
	$R^2 = 0.872$	CV=10.4498	X=3.5225			

*= Diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$)

**= Diferencias estadísticas altamente Significativas ($p \leq 0.01$).

N.S = No existe diferencias estadísticas significativas:

Anexo. 9. Análisis de varianza para la variable altura de mazorca en la comunidad de nueva esperanza.

FV	GL	SC	CM	FC	PR>F	INTERPRETACION
TRAT.	4	0.2234	0.0558	3.23	0.0511	N.S
REP.	3	0.0981	0.0327	1.89	0.1844	N.S
ERROR	12	0.2072	0.0172			
TOTAL	19	0.5287				
	$R^2 = 0.6080$	CV=13.796	X=0.9525			

*= Diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$)

**= Diferencias estadísticas altamente Significativas ($p \leq 0.01$).

N.S = No existe diferencias estadísticas significativas:

Anexo. 10. Análisis de varianza para la variable mazorca por planta en la comunidad de nueva esperanza.

FV	GL	SC	CM	FC	PR>F	INTERPRETACION
TRAT.	4	0.252	0.063	2.89	0.0687	N.S
REP.	3	0.0383	0.0127	0.59	0.6351	N.S
ERROR	12	0.2614	0.0217			
TOTAL	19	0.5518				
	$R^2 = 0.5262$	CV=14.41	X=1.024			

*= Diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$)

**= Diferencias estadísticas altamente Significativas ($p \leq 0.01$).

N.S = No existe diferencias estadísticas significativas:

Anexo. 11. Análisis de varianza para la variable porcentaje de pudrición de mazorca en la comunidad de nueva esperanza.

FV	GL	SC	CM	FC	PR>F	INTERPRETACION
TRAT.	4	3.388	0.847	5.49	0.0095	**
REP.	3	0.6455	0.2151	1.39	0.922	N.S
ERROR	12	1.852	0.1543			
TOTAL	19	5.8855				
	$R^2 = 0.685$	CV=22.0085	X=1.785			

*= Diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$)

**= Diferencias estadísticas altamente Significativas ($p \leq 0.01$).

N.S = No existe diferencias estadísticas significativas:

Anexo. 12. Análisis de varianza para la variable longitud de mazorca en la comunidad de nueva esperanza.

FV	GL	SC	CM	FC	PR>F	INTERPRETACION
TRAT.	4	44.054	11.0135	6.99	0.0038	**
REP.	3	1.3094	0.4366	0.28	0.8409	N.S
ERROR	12	18.9154	1.5762			
TOTAL	19	64.2749				
	$R^2 = 0.7057$	CV=7.8717	X=15.9495			

*= Diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$)

**= Diferencias estadísticas altamente Significativas ($p \leq 0.01$).

N.S = No existe diferencias estadísticas significativas:

Anexo. 13. Análisis de varianza para la variable diámetro de mazorca en la comunidad de nueva esperanza.

FV	GL	SC	CM	FC	PR>F	INTERPRETACION
TRAT.	4	2.0739	0.5184	11.76	0.0004	**
REP.	3	0.0962	0.032	0.73	0.5548	N.S
ERROR	12	0.5291	0.044			
TOTAL	19	2.6994				
	$R^2 = 0.803$	CV=4.414	X=4.7565			

*= Diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$)

**= Diferencias estadísticas altamente Significativas ($p \leq 0.01$).

N.S = No existe diferencias estadísticas significativas:

Anexo. 14. Análisis de varianza para la variable hilera por mazorca en la comunidad de nueva esperanza.

FV	GL	SC	CM	FC	PR>F	INTERPRETACION
TRAT.	4	38.1	9.525	1.24	0.3445	N.S
REP.	3	30.418	10.1393	1.32	0.3125	N.S
ERROR	12	91.952	7.6626			
TOTAL	19	160.47				
	$R^2 = 21.2118$	CV=2.768	X=13.05			

*= Diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$)

**= Diferencias estadísticas altamente Significativas ($p \leq 0.01$).

N.S = No existe diferencias estadísticas significativas:

Anexo. 15. Análisis de varianza para la variable granos por hilera en la comunidad de nueva esperanza.

FV	GL	SC	CM	FC	PR>F	INTERPRETACION
TRAT.	4	225.91	56.478	10.03	0.0008	**
REP.	3	29.188	9.7293	1.73	0.2144	N.S
ERROR	12	67.572	5.631			
TOTAL	19	322.672				
	$R^2 = 0.7905$	CV=7.2390	X=32.78			

*= Diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$)

**= Diferencias estadísticas altamente Significativas ($p \leq 0.01$).

N.S = No existe diferencias estadísticas significativas:

Anexo. 16. Análisis de varianza para la variable peso de 100 granos en la comunidad de nueva esperanza.

FV	GL	SC	CM	FC	PR>F	INTERPRETACION
TRAT.	4	114.638	28.6595	3.21	0.052	N.S
REP.	3	30.3615	10.1205	1.13	0.3742	N.S
ERROR	12	107.006	8.9171			
TOTAL	19	252.0055				
	$R^2 = 0.5753$	CV=7.74	X=38.535			

*= Diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$)

**= Diferencias estadísticas altamente Significativas ($p \leq 0.01$).

N.S = No existe diferencias estadísticas significativas:

Anexo. 17. Análisis de varianza para la variable biomasa en la comunidad de nueva esperanza.

FV	GL	SC	CM	FC	PR>F	INTERPRETACION
TRAT.	4	23664012.09	5416003.02	5.36	0.0104	*
REP.	3	1923781.56	641260.52	0.58	0.6388	N.S
ERROR	12	13250738.87	1104228.24			
TOTAL	19	38838532.53				
	$R^2 = 0.65$	CV=23.19	X=4530.30			

*= Diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$)

**= Diferencias estadísticas altamente Significativas ($p \leq 0.01$).

N.S = No existe diferencias estadísticas significativas:

Anexo. 18. Análisis de varianza para la variable peso de mazorca con tuza en la comunidad de nueva esperanza.

FV	GL	SC	CM	FC	PR>F	INTERPRETACION
TRAT.	4	30394921.21	7598730.28	4.77	0.0155	*
REP.	3	3539499.34	1179983.11	0.74	0.548	N.S
ERROR	12	19118534.82	1593211.24			
TOTAL	19	53053405.28				
	$R^2 = 0.6396$	CV=22.82.3	X=5530.30			

*= Diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$)

**= Diferencias estadísticas altamente Significativas ($p \leq 0.01$).

N.S = No existe diferencias estadísticas significativas:

Anexo. 19. Análisis de varianza para la variable peso de mazorca sin tuza en la comunidad de nueva esperanza.

FV	GL	SC	CM	FC	PR>F	INTERPRETACION
TRAT.	4	26703492.9	6675873.2 5	5.29	0.0089	**
REP.	3	4017446.44	1339148.8	1.12	0.3789	N.S
ERROR	12	14325119.3	1193759.9			
TOTAL	19	45046058.7				
	$R^2 = 0.681$	CV=22.052	X=4954.54			

*= Diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$)

**= Diferencias estadísticas altamente Significativas ($p \leq 0.01$).

N.S = No existe diferencias estadísticas significativas:

Anexo. 20. Análisis de varianza para la variable peso de la tuza en la comunidad de nueva esperanza.

FV	GL	SC	CM	FC	PR>F	INTEPRETACION
TRAT.	4	457024.388	114256.097	3.48	0.0415	*
REP.	3	57666.8393	19222.2798	0.59	0.6357	N.S
ERROR	12	393661.81.55	32805.1513			
TOTAL	19	908353.0433				
	R= 0.5666	CV=28.1935	X=642.424			

*= Diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$)

**= Diferencias estadísticas altamente Significativas ($p \leq 0.01$).

N.S = No existe diferencias estadísticas significativas:

Anexo. 21. Análisis de varianza para la variable peso de olote en la comunidad de nueva esperanza.

FV	GL	SC	CM	FC	PR>F	INTERPRETACION
TRAT.	4	457024.388	114256.09	3.48	0.0415	*
REP.	3	57666.8393	19222.279	0.59	0.6357	N.S
ERROR	12	393661.81.55	32805.151			
TOTAL	19	908353.0433				
	$R^2 = 0.56$	CV=28.1935	X=642.4			

*= Diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$)

**= Diferencias estadísticas altamente Significativas ($p \leq 0.01$).

N.S = No existe diferencias estadísticas significativas:

Anexo. 22. Análisis de varianza para la variable rendimiento en la comunidad de nueva esperanza.

FV	GL	SC	CM	FC	PR>F	INTERPRETACION
TRAT.	4	8413191.8	2103297.96	5.39	0.0101	*
REP.	3	1299724.	433241.497	1.11	0.3829	N.S
ERROR	12	4679756.	389979.72			
TOTAL	19	14392672.				
	$R^2 = 0.674$	CV=22.80	X=2738.772			

*= Diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$)

**= Diferencias estadísticas altamente Significativas ($p \leq 0.01$).

N.S = No existe diferencias estadísticas significativas: