



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON LA
COLECTIVIDAD**

UNIDAD DE GESTIÓN DE POSTGRADOS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES

DIPLOMADO SUPERIOR EN METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION CIENTIFICA

II PROMOCION

**Proyecto de investigación, previo a la obtención del título de Diplomado Superior en
Metodología de la Investigación Científica**

Tema:

**“Efecto de la aplicación de dos niveles de nitrógeno y dos niveles de
fósforo en el rendimiento del cultivo de maíz Var. Chillos, en un suelo
Franco-arcillo limoso, sector de Sangolquí”**

Autor:

EMILIO RODRIGO BASANTES MORALES

Sangolquí – Ecuador

Mayo - 2012

CERTIFICACIÓN

Dr. Robert Barba

Certifica:

Que el trabajo titulado “Efecto de la aplicación de dos niveles de nitrógeno y dos niveles de fósforo en el rendimiento del cultivo de maíz Var. Chillos, en un suelo Franco-arcillo limoso, sector de Sangolquí”, realizado por el señor Ing. Emilio Rodrigo Basantes Morales, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Sangolquí, Mayo de 2012

Dr. Robert Barba

Director

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

EMILIO RODRIGO BASANTES MORALES

Declaro que:

El proyecto de grado denominado “Efecto de la aplicación de dos niveles de nitrógeno y dos niveles de fósforo en el rendimiento del cultivo de maíz Var. Chillos, en un suelo Franco-arcillo limoso, sector de Sangolquí”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan en las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mí autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, Mayo, 2012

Ing. Emilio Basantes Morales

AUTORIZACIÓN

Yo, Emilio Rodrigo Basantes Morales

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “Efecto de la aplicación de dos niveles de nitrógeno y dos niveles de fósforo en el rendimiento del cultivo de maíz Var. Chillos, en un suelo Franco-arcillo limoso, sector de Sangolquí ”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, Mayo, 2012

Ing. Emilio Basantes Morales

AGRADECIMIENTOS

*En primer lugar a DIOS por darnos
su protección, voluntad y sabiduría.*

*Al Dr. Robert Barba Coordinador del
Diplomado y Director de esta
investigación*

*A los Srs. Estudiantes del V Nivel Proyecto
Integrador IIA del IASA I, Marzo - Julio
2011.*

DEDICATORIA

*A mi Esposa e hijos por su apego y
cariño constante, así como a mi
nieto Emilio Santiago.*

Ing. Agr. M.Sc. Emilio Basantes M.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	1
SUMMARY.....	2

CAPITULO I EL PROBLEMA

I.INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Objetivos.....	4
1.1.1 General.....	4
1.1.2 Específicos.....	4
1.2 Hipótesis.....	4
1.3 Alcance de la investigación.....	4
1.4 Delimitación del experimento.....	5

CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO

II. REVISION DE LITERATURA.....	6
2.1 Características generales.....	7
2.2 Crecimiento de la planta.....	8
2.3 Nutrición mineral y rendimiento.....	9
2.4 Problemas de producción del maíz.....	12
2.5 Manejo de la fertilización nitrogenada y fosfatada.....	13
2.6 Rendimiento.....	15
2.7 Variedades de maíz en el país.....	16
2.7.1 Características de la variedad Chillos.....	16
2.8 Labores y necesidades.....	17

CAPITULO 3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1 Materiales.....	19
3.2 Métodos.....	19
3.2.1 Diseño experimental.....	19
3.2.2 Factores en estudio.....	20
3.2.2.1. Dosis de nitrógeno y fósforo.....	20
3.2.3 Unidad Experimental.....	20
3.2.4 Variables e indicadores.....	21
3.2.4.1 Crecimiento y desarrollo.....	21
3.2.4.2 Indicadores.....	21
3.2.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
3.2.6 Análisis Estadístico.....	21
3.2.6.1 Esquema del análisis de varianza.....	22
3.2.6.2 Coeficiente de Variación.....	22
3.2.6.3 Análisis Funcional.....	22
3.3 MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	22
3.3.1 Establecimiento del ensayo en el campo.....	22
3.3.1.1 Preparación del suelo	22
3.3.1.2 Siembra del maíz.....	23
3.3.1.3 Labores culturales.....	23
3.4 VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN.....	24
3.4.1 Porcentaje de Emergencia.....	24
3.4.2 Altura de Planta.....	24
3.4.3 Días a la floración.....	25

3.4.4 Rendimiento vegetativo.....	25
3.4.5 Rendimiento por hectárea.....	26
3.5 Difusión de Resultados.....	26

CAPITULO 4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Porcentaje de germinación.....	27
4.2 Altura de planta.....	28
4.3 Número de hojas.....	32
4.4 Peso húmedo/planta.....	34
4.5 Materia seca por planta.....	38
4.6 Contenido de nitrógeno (kg/ha).....	42
4.7 Contenido de fosforo (kg/ha).....	46

CAPITULO 5 CONCLUSIONES

52

CAPITULO 6 RECOMENDACIONES

55

CAPITULO 8 BIBLIOGRAFÍA

66

ANEXOS A Registros para toma de datos.....	69
ANEXOS B Labores culturales y toma de datos para análisis del cultivo....	70
ANEXOS C Reporte de análisis foliar del cultivo de maíz.....	73
ANEXOS D Principales cultivos del ecuador, superficie cosechada.....	74

CAPITULO 7 PROPUESTA DE SOLUCION AL PROBLEMA	56
1. INTRODUCCION.....	56
2. JUSTIFICACION.....	57
3. OBJETIVOS.....	58
3.1 General.....	58
3.2 Específico.....	59
4. OPERATIVIZACION DE LA PROPUESTA.....	59
4.1 Desarrollo del cultivo maíz en función de la propuesta fenológica....	59
4.1.1 Etapas del cultivo.....	59
4.2 Plan de manejo del cultivo de maíz.....	60
4.2.1 Suelos y clima.....	60
4.2.2 Preparación.....	60
4.2.3 Época de siembra.....	60
4.2.4 Semilla.....	61
4.2.5 Sistemas de siembra.....	61
4.2.6 Fertilización.....	61
4.2.7 Deshierba y aporques.....	62
4.2.8 Riego.....	62
4.2.9 Control de malezas.....	62
4.2.10 Despigamiento.....	63
4.2.11 Cosecha.....	63
4.3 Evaluación fenológica y del rendimiento vegetativo del maíz.....	64
5. COSTOS DIRECTOS FIJOS /HA.....	65

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el campo experimental del IASA I, en el área destinada a los ensayos de la materia de Cultivos y tuvo como objetivo evaluar el “Efecto de la aplicación de dos niveles de nitrógeno y dos niveles de fósforo en el rendimiento del cultivo de maíz Var. Chillos, en un suelo Franco-arcillo limoso, sector de Sangolquí”. Las dosis de nitrógeno fueron de 60 y 120 kg/ha y de fósforo de 50 y 100 Kg/ha. Las variables en estudio correspondieron: a altura de planta, rendimiento vegetativo en peso fresco y peso seco por planta, contenido de nitrógeno y fósforo en la planta. Los datos colectados en las unidades experimentales en periodos distanciados entre 25 a 30 días después de la germinación, fueron evaluados estadísticamente aplicando el Infostat y representados gráficamente para verificar el crecimiento y desarrollo vegetativo en función del tiempo, en cada tratamiento.

Los resultados interpretan que el cultivo tuvo una respuesta directa a la aplicación de los nutrientes investigados, siendo que sus rendimientos responde a altas dosis de nitrógeno (120 kg/ha) y fósforo (100 kg/ha), lo que indica que el maíz es un cultivo que depende de la fertilidad y disponibilidad de estos elementos en el suelo, lo cual contribuye en la mayor absorción y asimilación nutricional, que se manifiesta positivamente en la producción de la planta, producto de la eficiencia metabólica proveniente de la mayor exploración de nutrientes y actividad fotosintética. Se señala también que si bien mayores dosis de P favorecieron la producción de la planta respecto a bajas dosis de P (50 kg P/ha), sin embargo en términos de eficiencia de absorción, ésta fue mayor a bajas dosis, por lo que sería recomendable realizar otros estudios en otro tipo de suelos para observar este comportamiento.

SUMMARY

This research was conducted in the experimental field of IASA I, in the area aimed at crop field trials and had as aim to assess the "Effect of the application of two levels of nitrogen and two levels of phosphorus in the corn crop yield var. Chillos, in soil Franco-silty clay, Sangolquí ". Doses of nitrogen were 60 and 120 kg/ha and phosphorus of 50 and 100 Kg/ha. Study variables were: tall plant, vegetative yield fresh weight and dry weight per plant, content of nitrogen and phosphorus in the plant. Data collected in the experimental units in periods spaced between 25 to 30 days after germination, were assessed by applying statistically the Infostat and represented graphically to verify the growth and vegetation development over time, in each treatment.

The results interpreted that the crop was a direct response to the application of nutrients under investigation, being his performance responds to high doses of nitrogen (120 kg/ha) and phosphorus (100 kg/ha), which indicates that corn is a crop that depends on fertility and availability of these elements in the soil, which contributes to greater absorption and nutritional assimilation that manifested positively in the production of the plant, product from metabolic efficiency of the further exploration of nutrients and photosynthetic activity. It also notes that while higher dose P favored the production of the plant with respect to low-dose P (50 kg P/ha), however in terms of efficiency of absorption, it was higher at low doses, so it would be advisable to further studies in other kinds of soils to observe this behavior.

CAPÍTULO I

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años, el cultivo de maíz en América ha tenido problemas de producción y productividad que se atribuyen a la pérdida de fertilidad del suelo, al uso de variedades de baja producción o al mal uso de los nuevos híbridos de gran potencial de rendimiento. Sin embargo, se ha demostrado que los rendimientos se pueden incrementar apreciablemente con el uso de una adecuada tecnología que incluye un mejor manejo de la densidad y la nutrición. La nutrición es la práctica agronómica a la cual responde más el cultivo del maíz, aunque la experiencia de trabajo de campo en los últimos años ha permitido determinar que las recomendaciones de fertilización normalmente utilizadas no logran satisfacer adecuadamente las necesidades nutritivas del cultivo para lograr rendimientos altos y competitivos.

Los suelos donde se cultiva el maíz, no tienen la capacidad para proporcionar los nutrientes necesarios para el crecimiento eficiente de las plantas o rendimiento adecuado, y por ello se debe recurrir al empleo de fertilizantes. El maíz tiene gran capacidad de absorción de nutrientes y requiere de alta fertilización, especialmente de nitrógeno, además de otros como el fósforo para obtener buena producción.

El INIAP es el centro de investigaciones del Ecuador que se ha encargado de producir la variedad, pero no cuenta con un paquete tecnológico completo referente a la aplicación de dosis de N y P, y peor aún en los suelos del Valle de los Chillos, por lo que se hace necesario evaluar el efecto del N y P en el rendimiento. INIAP-130 (Chillos mejorado) es una variedad de 180 a 200 días. Se adapta a un clima: templado del Valle de Los Chillos en la provincia de Pichincha. Sus principales características son: Grano amarillo de textura harinosa, precocidad tardía (180 días), es consumido en choclo (ciclo 120 días) y en seco (ciclo 180 días) para la elaboración de harina y tostado. Mantiene tolerancia a: *Helminthosporium*, *Cercospora*, *Puccinia*, *Fusarium* y Diploidia. El rendimiento esperado es: 4100 kg/ha, 91.2 qq/ha.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1 General

- Evaluar el rendimiento del cultivo de maíz Var. Chillos, bajo la influencia de 2 dosis de nitrógeno y fósforo, en un suelo Franco arcillo limoso, en Sangolquí.

1.1.2 Específicos

- Obtener información sobre la respuesta del cultivo a la aplicación de nitrógeno (N) y fósforo (P).
- Analizar el rendimiento del cultivo en función de la altura y número de hojas en la planta de acuerdo al estado fenológico del cultivo y tratamientos establecidos.
- Identificar el apareamiento de las inflorescencias por efecto de las dosis de N y P aplicados.
- Determinar el peso fresco y peso seco (g/pl) como indicadores del rendimiento.

1.2 Hipótesis

Hipótesis de trabajo. El uso de niveles de nitrógeno y fósforo inciden favorablemente en el rendimiento del cultivo del maíz.

1.3 Alcance de la investigación

El presente proyecto se realizó en La Hacienda El Prado, Sangolquí perteneciente al área experimental de cultivos del IASA I, con la finalidad de evaluar el rendimiento del cultivo de maíz Var. Chillos, bajo la influencia de 2 dosis de nitrógeno (N) y fósforo (P), en un suelo Franco arcillo limoso. Esta investigación servirá como fuente de información para los agricultores de la zona de Sangolquí y zonas de características agrológicas similares, tendientes a mejorar la producción e ingresos utilizando la fertilización de fósforo y nitrógeno adecuada.

1.3.1 Delimitación del experimento

1.3.1 Ubicación

- Sangolquí, Hcda. El Prado
- Provincia: Pichincha

1.3.2 Condiciones agroclimáticas del experimento:

- Clima: frío-templado húmedo
- Temperatura media anual: 14 °C
- Precipitación: 1200 mm anuales
- Heliofanía: 3.5 – 4.5 horas
- Humedad relativa: 68%
- Vientos: 2 m/s
- Suelo: Franco arcillo limoso. pH de 5.8

Fuente: Estación Agrometeorológica. IASA I.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

El maíz (*Zea mays*) constituye, junto con el arroz y el trigo, uno de los principales alimentos cultivados en el mundo y junto al fréjol forman parte principal de la alimentación tradicional que suministra cantidades significativas de nutrientes, sobre todo calorías y proteínas, por lo que es el componente básico de los sistemas de producción y alimentación, tanto como maíz suave (196.400 ha) y como maíz amarillo duro (275.145 ha) y una producción de 3 toneladas a nivel nacional.

Existen múltiples problemas relacionados al maíz, como la baja fertilidad de suelos, ataque de plagas y enfermedades, variedades de bajo rendimiento y susceptibles a factores bióticos y abióticos, condiciones climáticas adversas como heladas, granizadas y déficit hídrico en los periodos críticos del cultivo.

Los requerimientos de nitrógeno y fósforo son esenciales para el crecimiento y desarrollo del cultivo, y que inciden en el rendimiento, el cual está determinado por el número de hileras y el número de granos por hilera por mazorca, las cuales se definen durante la etapa vegetativa comprendida entre la hoja 6 (V6) y la hoja 12 (V12) (*Ritchie et al., 2002*), por lo que el nivel nutricional que se presenta durante este periodo es un importante regulador del número total de granos y en consecuencia de la acumulación total del rendimiento.

Para hacer más eficiente la utilización del N es necesario fraccionar la dosis total de este nutriente, ya que la planta necesita de una pequeña cantidad de N durante el crecimiento inicial, pero demanda cantidades mayores durante el periodo comprendido entre V6 y V12. Aplicaciones posteriores de N no son económicas, por lo que es importante entonces conocer el número de fracciones a utilizarse y la época de aplicación.

El rendimiento del maíz está en función de la variedad, manejo del cultivo, clase de suelo, fertilización y control de plagas. La información que se obtenga de este estudio, servirá como base del paquete tecnológico para el cultivo de maíz que satisfaga las

necesidades del agricultor. Con estos antecedentes, se llevó un ensayo experimental para evaluar el rendimiento del cultivo Variedad Chillos mejorado, bajo el efecto de N y P, en la zona de mayor adaptación de esta variedad, que corresponde al Valle de los Chillos.

2.1 Características generales

El maíz (*Zea mays* L.) se caracteriza por ser una planta de porte alto, tallos erectos, hojas envainadoras, alternas, anchas, lanceoladas de margen áspero y cortante. Flores masculinas reunidas en partículas terminales y femeninas cesibles, reunidas en espigas de gran tamaño rodeadas por brácteas membranosas de las que salen numerosos estilos filiformes. Fruto aparece en cariósipide, brillante de color amarillento o blanco, conteniendo 4 a 36 hileras de granos dispuestas en pares.

Se ha constatado que es poseedora de saponinas, fitoesteroles, alantoina, betaína, resinas, gomas, flavonoides, sales minerales, potasio, calcio, magnesio, sodio y hierro, ácido salicílico, ácido maizérico, vitaminas C y K. Las semillas tienen abundantes ácidos grasos polinsaturados, ácido oleico, linoleico, palmítico. Abundante almidón, carotenoides, vitamina E bordenina, esto último es un alcaloide. <http://www.cheesehosting.com/medicinaalternativa/plantas-medicinales/maiz.php>

El maíz es originario de América, su antecesor silvestre del *Zea mays*, está en Paraguay, Bolivia sudeste del Brasil. Los centros secundarios de aclimatación se sitúan en la región andina, Centro América y México, en donde se ha observado gran diversidad genética. El maíz es un cereal que se adapta ampliamente a diversas condiciones ecológicas y edáficas (*Basantes, 2011*), por eso se cultiva en todo el mundo, y las razones que hacen del maíz un cultivo popular son:

- Su alto contenido de nutrientes en forma concentrada
- Su fácil transporte y cosecha
- La envoltura de hojas protege los granos contra daños por pájaros y lluvias.
- No hay muchas pérdidas de granos durante su manejo. Existen cultivos con diferentes períodos vegetativos.
- Se usa en la alimentación humana, animal e industrial. Se procesa gran número de productos y subproductos como aceites, celuloide, explosivos, plásticos, jabón,

glicerina, emulsiones, productos medicinales y farmacéuticos. Es importante para forraje, balanceados, granos enteros molidos o quebrados, que son sumamente nutritivos.

- Es una buena fuente de almidón, aunque su contenido proteico sea bajo, contiene *vitamina B* y amino ácidos esenciales como la *lisina*.

2.2 Crecimiento de la planta

El maíz es una planta monoica, es decir es una especie en que ambos sexos se presentan en una misma planta. Es una planta metabólica cuyo producto final es, en lo fundamental, almidón depositado en unos órganos especializados: los granos. El desarrollo de la planta consta de dos fases fisiológicas, la *fase vegetativa* en donde se desarrollan y diferencian distintos tejidos y la fase reproductiva que aparecen las estructuras florales. Esta fase vegetativa se caracteriza por el crecimiento y diferenciación celular, síntesis continua de compuestos orgánicos complejas, que se forman a partir de minerales y moléculas simples (agua, CO₂ + luz), que son la base para el crecimiento, el cual se da cuando la fotosíntesis supera la respiración. La representación del crecimiento se la hace mediante una **curva de crecimiento**, las cuales se realizan mediante la medición de variables correspondientes a masa seca, altura de la planta en función del ciclo del cultivo.

A menudo la curva de crecimiento puede ajustarse con una función matemática que representa una recta o exponencial. La gráfica del crecimiento de una planta responde a una curva de crecimiento sigmoideal, que representa el crecimiento total de un órgano o de la planta. Este tipo de curvas son muy importantes conocer ya que ayudan a determinar la cantidad de nutrientes que extrae el cultivo, cual es la tendencia de crecimiento y a programar la aplicación de fertilizantes en cantidades y épocas oportunas para mejorar las cosechas sin empobrecer al suelo ni daño al medio ambiente. (*Basantes, 2010*).

La segunda fase, también llamada fase de reproducción, se inicia con la fertilización de las estructuras femeninas que se diferenciarán en espigas y granos. La etapa inicial de esta fase se caracteriza por el incremento de peso de las hojas y otras partes de la flor; durante la segunda etapa, el peso de los granos aumenta con rapidez (*Tanaka y Yamaguchi, 1972*). Citado en: <http://www.fao.org/docrep/t0395s/T0395S02.htm>

2.3 Nutrición mineral y rendimiento

En muchos lugares, la adición de nutrientes para satisfacer las necesidades del cultivo se ha manejado únicamente con el criterio de incrementar las dosis para lograr los rendimientos deseados. Al no conseguirse aumento en rendimiento, el simple aumento de las dosis puede ocasionar reducciones dramáticas en la Eficiencia Agronómica (EA) de los nutrientes utilizados. Una de las prioridades ambientales de la agricultura es incrementar la eficiencia de uso de los nutrientes, en particular la del nitrógeno (N). Esto únicamente se logra incrementando la EA, es decir, la cantidad de grano obtenida por unidad de nutriente utilizado (kg grano kg^{-1} de nutriente aplicado).

Los efectos de la disponibilidad de P sobre la longitud del ciclo del cultivo y el rendimiento pueden ser variados. Limitaciones en la disponibilidad de P reducen la acumulación de materia seca de los cultivos y la tasa de crecimiento del cultivo alrededor del momento de floración, implicando una disminución del número de granos y del rendimiento (Andrade *et al.*, 1996; Fontanetto, 1993). Las deficiencias de P inducen a la formación de tonalidades moradas o púrpuras en hojas y tallos, comenzando por las hojas basales dado que este nutriente es considerado como un elemento móvil dentro de la planta. El maíz, según resultados obtenidos por Andrade *et al.*, (1995) en condiciones de riego y sin limitaciones nutricionales, acumula unos de 50 kg/ha de P en la biomasa aérea, con tasas máximas de acumulación de 0,9 kg/ha día a partir de los 40 días posteriores a la emergencia. En floración, el P en biomasa aérea es aproximadamente el 50 % del acumulado hasta la cosecha. La eficiencia de removilización varía entre 36 y 44%, significando entre 18 a 36 kg/ha de P para rendimientos de 6000 a 12000 kg/ha. El índice de cosecha del P es de aproximadamente 75%.

La *densidad de siembra* del maíz depende de la fertilidad, riego disponible y fertilidad del suelo. Para obtener mejores rendimientos hay que ajustar la población, fertilidad, riego, preparación de suelos, control de malezas y otros factores que inciden, para realizar un mejor manejo del cultivo. El rendimiento del maíz, en nuestro país, está alrededor de 3 a 4 tn/ha, pero para aumentar el rendimiento más de 80 qq/ha es necesario una alta población de maíz.

Los procesos que controlan la absorción de nutrientes por el cultivo son complejos, entre ellos se incluyen no solamente los mecanismos de absorción por las raíces, sino también la dinámica del nutriente en el suelo y las interacciones entre el crecimiento de las raíces con el comportamiento físico-químico de los suelos (*Loneragan, 1997*). En el cultivo de maíz el suministro de P provendría de la difusión en un 80% siendo absorbido desde la solución del suelo como ion orto fosfato o fosfato mono o di ácido, contra un gradiente electroquímico, implicando gasto de energía por parte del cultivo. El P absorbido no necesita ser reducido para su asimilación integrándose rápidamente a compuestos orgánicos. El P se acumula en partes vegetativas hasta la floración, para luego ser redistribuido hacia los granos en crecimiento.

El N es un elemento importante en el crecimiento del cultivo y producción ya que puede afectar la tasa de aparición y expansión foliar modificando el área foliar y la interceptación de radiación solar por el cultivo. Asimismo, reducciones en la disponibilidad de N pueden producir desfases entre la liberación de polen y la aparición de los estigmas, asociándose la magnitud de la *protandria* (en biología, se llama protándricas a las especies en que los órganos sexuales masculinos son los primeros en madurar o tornarse activos) al grado de estrés sufrido. Este desfase no es generalmente la causa de la pérdida de granos ya que ante deficiencias de recursos ambientales los destinos reproductivos tienden a ser abortivos aunque se disponga de polen fresco durante la emisión de estigmas (*Otegui, 1992*). La incidencia de la disponibilidad del N sobre el rendimiento en grano puede ser analizada a través de sus componentes ecofisiológicos: eficiencia de interceptación de la radiación incidente, eficiencia de conversión de la radiación incidente en materia seca, y eficiencia de partición de la materia seca producida hacia los órganos cosechables.

Las respuestas a nitrógeno (N) y al fósforo (P) han sido consistentes en estudios realizados por Fontanetto, et al (2004), evidenciando una alta pérdida de la fertilidad química de los suelos.

Tabla 1. Composición química del grano

Componente químico %	Pericarpio	Endospermo	Germen
Proteínas	3,7	8 -10	18,4
Grasas	1,0	0,8	33,2
Fibra cruda	86,7	2,7	8,8
Almidón	7,3	87,6	8,3
Azúcar	0,34	0,62	10,8

Fuente: Watson, 1987.

La cubierta contiene menos proteína que cualquier otra parte del grano. El endospermo, en cambio, contiene 87% de almidón, 8-10% de proteínas y un contenido de grasas crudas relativamente bajo. El germen es rico en aceite (30 al 40 %) y aprox. 18-20 % proteína. La concentración de cenizas (minerales) en el grano de maíz es aproximadamente del 1,3 %. La cubierta seminal o pericarpio se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda (aprox.87%), formada fundamentalmente por hemicelulosa (67%), celulosa (23%) y lignina (0,1%). El grano de maíz contiene dos vitaminas solubles en grasa, la provitamina A (*carotenoides*) y la vitamina E. Los carotenoides se hallan sobre todo en el maíz amarillo, en tanto que el maíz blanco tiene un escaso o nulo contenido de ellos. Las proteínas el maíz tienen un bajo contenido de lisina y triptófano. *Basantes (2011)*.

El aceite del grano de maíz está fundamentalmente en el germen y viene determinado genéticamente, con valores que van del 3 al 18 %. El aceite de maíz tiene un bajo nivel de ácidos grasos saturados: *ácido palmítico* y *esteárico*, con valores medios del 11 y el 2 %, respectivamente. En cambio, contiene niveles relativamente elevados de ácidos grasos esenciales, como el *ácido oleico* y fundamentalmente *ácido linoleico* (cerca del 24 %), que es *ácido graso no saturado*, esencial para varios insectos y mamíferos, incluyendo al ser humano. *Ácidos grasos esenciales* son un grupo de ácidos grasos que son necesarios para la vida y no pueden ser creados por nuestro metabolismo.

Estos ácidos grasos pertenecen al grupo de grasas polinsaturadas y estas a su vez al grupo de las grasas insaturadas. *Acido graso oleico*, no es un acido graso esencial, pero por su importancia lo incluimos. Es un ácido graso mono insaturado de la serie omega-9 típico

de los aceites vegetales como el *aceite de oliva, del aguacate*, etc. Algunos estudios afirman que este ácido graso ejerce una acción beneficiosa en los vasos sanguíneos reduciendo el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares y hepáticas. <http://www.lasgrasas.com/ácidos-grasos-esenciales/>

El 78% del maíz se usa en alimentación animal (torta, harina, grano, forraje y concentrados), el 10.1 % en edulcorantes (productos de panificación y pastelería, bebidas de frutas, helados, refrescos), el 6.4% en alcoholes (bebidas alcohólicas, alcoholes carburantes, tintas), el 3.1% en almidones (productos de pastelería y panificación, bebidas de chocolate, bombones, chicles, salsa de asados, rellenos de pasteles) y solo el 2.4% en productos alimenticios directos y procesados como aceites de mesa, margarina, mayonesa, aderezos para ensaladas, sopas, salsas, harina de maíz, caramelos, saborizantes y colorantes, bebidas lácteas, Novartis Seed, (1997).

En general los granos de este cereal tienen baja concentración de proteínas y la calidad de éstas se halla limitada por la deficiencia de algunos aminoácidos esenciales, sobre todo lisina, por lo que resalta la quinua.

2.4 Problemas de producción del maíz

En los últimos años, el cultivo de maíz en América ha tenido problemas de producción y productividad que se atribuyen a la pérdida de fertilidad del suelo, al uso de variedades de baja producción o al mal uso de los nuevos híbridos de gran potencial de rendimiento. Sin embargo, se ha demostrado que los rendimientos se pueden incrementar apreciablemente con el uso de adecuada tecnología que incluye un mejor manejo de la población y la nutrición. La nutrición es la práctica agronómica a la cual responde más el cultivo del maíz. Sin embargo, la experiencia de trabajo de campo en los últimos años ha permitido determinar que las recomendaciones de fertilización normalmente utilizadas no logran satisfacer adecuadamente las necesidades nutritivas del cultivo para lograr rendimientos altos y competitivos.

Los suelos donde se cultiva el maíz, no tienen la capacidad para proporcionar los nutrientes necesarios para el crecimiento eficiente de las plantas o rendimiento adecuado, y por ello se debe recurrir al empleo de fertilizantes. El maíz tiene gran capacidad de

absorción de nutrientes y requiere de una alta fertilización, la demanda por nitrógeno es alta, además de otros como el fósforo para obtener buena producción.

2.5 Manejo de la fertilización nitrogenada y fosfatada

El maíz requiere entre 20 a 25 kg/ha de nitrógeno por tonelada de grano producido, de ahí que, para producir 10 t/ha de grano, el cultivo debería disponer de 200 a 250 kg de N/ha. <http://www.fertilizando.com/articulos/Fosforo%20Azufre%20Cultivo%20Maiz.asp>

A diferencia de lo que ocurre con el nitrógeno, la fertilización fosfatada en maíz y el funcionamiento del fósforo (P) en el sistema suelo-planta es totalmente diferente al del nitrógeno. Desde el punto de vista del manejo nutricional, el principal aspecto a considerar es su baja movilidad en el suelo, que lo hace por difusión, y la presencia de retención específica de los fosfatos en las arcillas, cuya magnitud depende de la cantidad y mineralogía de esta fracción. Por otro lado, el pH es un factor que impacta considerablemente sobre la disponibilidad de fósforo.

La mayor disponibilidad ocurre con pH's entre 6 y 6.5, mientras que valores fuera de este rango su concertación en la solución del suelo y disponibilidad para la planta se reduce significativamente. *Basantes, (2010)*. La determinación de la dosis de fósforo aplicada dependerá principalmente del nivel de disponibilidad y de otros factores, como potencial de rendimiento, aplicación para otros cultivos de la rotación, colocación en bandas o voleo, fitotoxicidad de la mezcla que contenga el fertilizante fosfatado, etc.

El diagnóstico de la fertilización del cultivo implica conocer las necesidades nutricionales para alcanzar un rendimiento objetivo y la capacidad del suelo de proveer esos nutrientes en la cantidad y el momento adecuado. Los requerimientos y extracción en grano de los macronutrientes nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) para distintos niveles de producción de maíz se indican en la siguiente Tabla 2.

Tabla 2. Requerimientos y extracción en grano de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) para distintos rendimientos de maíz.

Rendimiento	Extracción en planta			Extracción en grano		
	N	P	K	N	P	K
kg/ha	----- kg/ha -----			----- kg/ha -----		
6000	132	24	114	87	18	24
9000	198	36	171	131	27	36
12000	264	48	228	174	36	48

<http://www.fertilizando.com/articulos/Fosforo%20Azufre%20Cultivo%20Maiz.asp>

En términos de fertilizante, con rendimientos de 9000 kg/ha se exportan del sistema el equivalente a 232 kg/ha de urea más 135 kg/ha de fosfato di amónico más 72 kg/ha de cloruro de potasio.

Según IPNI citado en: www.ipni.net/.../18E0019F4947CFE406256C150063C95A, un buen rendimiento de maíz requiere que el suelo este bien suplido de elementos nutritivos. Para esto es necesario utilizar un buen programa de fertilización balanceada. Es decir, se requiere nitrógeno (N) y fósforo (P) además de potasio (K), magnesio (Mg) y azufre (S). A pesar de que las necesidades de las plantas jóvenes son mínimas, la tasa de absorción de nutrientes se eleva rápidamente y llega al máximo poco antes de la floración. Por eso es necesario incrementar y mantener el contenido de N y P en el suelo a través de una adecuada nutrición, para poder asegurar que los nutrientes se encuentren en tiempo y forma en el suelo y para poder ser aprovechados por las plantas en el momento adecuado.

De acuerdo a *Reta Sánchez et al, (2007)* en un estudio utilizando 4 distancias de siembra evaluó que el rendimiento de masa seca y cantidad acumulada de N y P en maíz incidió en el rendimiento de grano, masa seca total y distribución en los órganos de la planta, por lo que concluyeron que los índices de cosecha y área foliar incrementaron el rendimiento y extracción de nutrimentos de maíz con relación al testigo, que se incrementó en 36 a 93 kg ha⁻¹, respectivamente, debido al aumento de materia seca.

Reportes de dos ensayos conducidos en la Est. Exp. Oliveros sobre un suelo de la serie Maciel (Argiudol típico) con antecesor soja, indican que el Ensayo I, realizado con el híbrido AX 952, sembrado el 30 de octubre con labranza reducida y con dos niveles de

fósforo inicial, y el Ensayo II, al año siguiente, con el híbrido DK 52 sembrado el 4 de noviembre con siembra directa y con un nivel de P. El suelo del lote tenía en la capa superficial un pH de 5,5; 2,4 % de M.O, 20 ppm de P-Bray y 2 ppm de S de sulfatos al comienzo de la experiencia. Al año siguiente el pH, el contenido de M.O y P asimilable habían bajado a 5,46; 2,3% M.O. y 14 ppm de P. El N disponible (NO_3^-) estimado a la siembra era de 22 kg/ha. *Los resultados fueron diferentes según el año.* El rendimiento promedio en el 1º año fue de 74,7 q/ha, donde la respuesta a la aplicación de nitrógeno fue mayor cuando se combinó con azufre. Al año siguiente el rendimiento bajó a 53,5 q/ha, un 40% menor al del año anterior debido a deficientes condiciones hídricas. Hubo diferencias entre los niveles de azufre y de nitrógeno, pero las respuestas en ambos casos fueron aditivas, es decir el aumento debido al nitrógeno se sumó al logrado con el azufre. <http://www.elsitioagricola.com/>

La materia orgánica es el principal factor que mide la fertilidad de un suelo. Esta ejerce el llamado “*efecto esponja*” que tiene que ver con la absorción de agua y nutrientes, a más de su efecto en la formación de agregados o “*peds*”; si no se cuida esta fracción del suelo, en vano se tratará de conservar y balancear los nutrientes propios del suelo. Sin embargo sino se mantiene un balance de nutrientes en el suelo, suministrando en base de la extracción por las cosechas anteriores, se va provocando empobrecimiento de la fertilidad del suelo, con graves consecuencias para el manejo de cultivos. Un balance nutricional del suelo involucra un manejo adecuado de la fertilidad del suelo, en base a la regulación de materia orgánica, microorganismos, inoculación de bacterias fijadoras de N_2 y hongos micorrizas, que actúan estos últimos como solubilizadores de fósforo e incrementan la absorción, debido a que aumentan la superficie específica de las raíces cuando las micorrizas impregnan las raicillas de la planta. BASANTES, E. et al (1993).

2.6 Rendimiento

El rendimiento de maíz está determinado principalmente por el número final de granos logrados por unidad de superficie, el cual es función de la tasa de crecimiento del cultivo alrededor del período de floración (*Andrade et al., 1996*). Por lo tanto, para alcanzar altos rendimientos, el maíz debe lograr un óptimo estado fisiológico en floración: cobertura

total del suelo y alta eficiencia de conversión de radiación interceptada en biomasa. La adecuada disponibilidad de nutrientes, especialmente a partir del momento en que los mismos son requeridos en mayores cantidades (aproximadamente 5-6 hojas desarrolladas), asegura un buen crecimiento foliar y una alta eficiencia de conversión de radiación interceptada.

2.7 Variedades de maíz en el país

En el Ecuador, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP; en la Estación Experimental “Santa Catalina”, ha obtenido semillas mejoradas de maíz de alta capacidad de producción para algunas localidades de la Sierra ecuatoriana, entre ellas están: INIAP 101, INIAP 111 (Guagal Mejorado), INIAP 122, INIAP 131, INIAP 153 (Zhima Mejorado), INIAP 160 (Morocho Blanco) e INIAP 180. (*INIAP.com, 2002*), por lo que uno de los factores de mayor importancia en la producción del maíz, es la elección de semilla adecuada para la zona donde se realizará la siembra. La altitud (altura sobre el nivel del mar) es uno de los principales factores que influyen en la distribución o zonificación de las variedades de maíz. En países como el nuestro, la temperatura está en relación con la elevación.

2.7.1 Características de la variedad Chillos

Es una variedad producida por el INAP apta para cultivarse en altitudes entre 2400 y 2700 m.

- 1) Floración: 130 – 140 días.
- 2) Altura de plata: 2.0 – 2.80 m.
- 3) Altura de inserción de la mazorca: 1.35 – 1.70 m.
- 4) Número de hileras: 12 – 16 hileras por mazorca.
- 5) Tipo de grano: grande, plano, amarillo, harinoso.
- 6) Periodo vegetativo: 230 – 235 (desde la siembra hasta la cosecha).

La variedad Chillos por sus características potenciales se adapta a las condiciones de valle, en lo referente a temperatura y humedad. Es además una variedad muy alta y tardía, que se emplea para cultivos asociados, se utiliza para alimento del hombre y también es forrajera. Sus granos son grandes, puntudos, amarillos harinosos, posee de 10 a 15

hileras irregulares, tusas delgadas color blanco, cañas gruesas con dos mazorcas. Esta raza tiene fama en la provincia de Pichincha, en el valle donde se ha tomado su nombre. Solo se la encuentra dentro de ésta región.

Los progenitores de esta variedad son 10 variedades seleccionadas por su alto rendimiento, de una colección de 21 variedades realizada en el Valle de los Chillos. “Chillos Mejorado” tiene gran demanda y el más alto precio en el mercado, debido principalmente al tipo de grano, que lo hace muy solicitado para la alimentación humana.

2. 8 Labores y necesidades

Exigencias en suelo. El maíz se adapta muy bien a todos tipos de suelo pero suelos con pH entre 6 a 7 son a los que mejor se adaptan. También requieren suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular.

Preparación del terreno. La preparación del terreno es el paso previo a la siembra. Se recomienda efectuar una labor de arado al terreno con grada para que el terreno quede suelto y sea capaz de tener cierta capacidad de captación de agua sin encharcamientos. Se pretende que el terreno quede esponjoso sobre todo la capa superficial donde se va a producir la siembra. También se efectúan labores con arado de vertedera con una profundidad de labor de 30 a 40 cm. En las operaciones de labrado los terrenos deben quedar limpios de restos de plantas (rastros).

Riegos. El maíz es un cultivo exigente en agua en el orden de unos 5 mm al día. Los riegos pueden realizarse por aspersión o por gravedad. El riego más empleado últimamente es el riego por aspersión. Las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua pero sí mantener una humedad constante. En la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere y se recomienda dar un riego unos 10 a 15 días antes de la floración. Durante la fase de floración es el periodo más crítico porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de producción obtenida por lo que se aconsejan riegos que mantengan

la humedad y permita una eficaz polinización y cuajado. Por último, para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada.

La **fertilización foliar** es una técnica de nutrición instantánea, que aporta elementos esenciales a los cultivos, mediante la pulverización de soluciones diluidas aplicadas directamente sobre las hojas. Los *análisis foliares para determinar problemas de fertilidad*, pueden ser provenientes de dos formas de muestreo en la planta de maíz.

- Cuando la planta esta pequeña se muestrea la parte superior de la planta.
- Cuando la planta esta grande (antes que salen la flor o espiga) se muestrean hojas enteras bien desarrolladas pero no muy viejas.
- Las muestras deben colocarse en una bolsa de papel (no plástico) y envíe a un laboratorio para análisis.

Tabla 3. Contenido de elementos nutricionales en la planta.

<i>Elemento</i>	<i>Rango de suficiencia (%)</i>	<i>Elemento</i>	<i>Rango de suficiencia (ppm)</i>
Nitrógeno (N)	3.0 - 3.50	Hierro (Fe)	10 - 200
Fósforo (P)	0.25 - 0.45	Manganeso (Mn)	15 - 300
Potasio (K)	2.0 - 2.5	Boro (B)	4 - 25
Calcio (Ca)	0.25 - 0.50	Cobre (Cu)	3 - 15
Magnesio (Mg)	0.13 - 0.30	Zinc (Zn)	15 - 60
Azufre (S)	0.15 - 0.50	Molibdeno (Mo)	0.10 - 0.30

<http://www.andoycia.com.ar/archivo/ffmaiz/>

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1 Campo

- Semilla maíz Var. Los Chillos en kg
- Urea (46-0-0) en kg
- Nitrato de Calcio en kg
- S.F.T (0-46-0) en kg
- Sulphomag en kg
- Floración-BM 86 (BM-86®) en lt
- Evisec en Kg
- Lorsban en lt
- Byleton en lg
- Captan en kg
- Aliette en kg
- Estacas, Flexo metro
- Nitrofosca en lt
- Bomba Mochila
- Azadillas
- Manguera para riego

3.2 Métodos

3.2.1 Diseño Experimental

La investigación se realizó a través de la implementación de un experimento en el campo, donde los tratamientos fueron dispuestos en un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), en arreglo factorial por niveles de uso de N y P, con tres repeticiones ($2^2 \times 3$ repeticiones = 12 unidades experimentales, UE). En las unidades experimentales correspondientes a cada tratamiento se realizó muestreos de plantas y toma de datos de las variables en estudio, para determinar el crecimiento según avanza el ciclo del cultivo.

3.2.2 Factores en estudio

3.2.2.1. Dosis de nitrógeno y fósforo:

Tratamientos evaluados		Dosis de N y P (Kg/ha)
T1	N1P1-R1	N60P50
	N1P1-R2	N60P50
	N1P1-R3	N60P50
T2	N2P1-R1	N120P50
	N2P1-R2	N120P50
	N2P1-R3	N120P50
T3	N1P2-R1	N60P100
	N1P2-R2	N60P100
	N1P2-R3	N60P100
T4	N2P2-R1	N120P100
	N2P2-R2	N120P100
	N2P2-R3	N120P100

Las variables de estudio en este tipo de investigación correlacional corresponden a las siguientes:

- **Variables independientes**
 - X_1 , Uso de 2 dosis de Nitrógeno (60 y 120 Kg N/ha)
 - X_2 , Uso de 2 dosis de Fósforo (50 y 100 Kg P/ha)
- **Variable dependiente**
 - Y_1 , crecimiento del cultivo

3.2.3 Unidad Experimental

La unidad experimental estuvo conformada por 3 surcos de 3m de largo, cada surco tuvo 12 plantas, la distancia entre surcos fue de 80 cm y la distancia entre plantas de 50 cm. El área de cada unidad experimental fue de 7.2 m² (3 m x 2.4 m).

3.2.4 Variables e indicadores.

3.2.4.1 Crecimiento y desarrollo

Es la variable dependiente que varía en función de las variables independientes de las dosis de N y P. Estas variables representan el aumento en tamaño (*largo del tallo, ancho hojas*) de la planta, producción de masa vegetativa durante el ciclo del cultivo. Producción hojas en una planta, de acuerdo al crecimiento del cultivo y rendimiento de grano.

3.2.4.2 Indicadores

Altura de planta, número de hojas, crecimiento y desarrollo del cultivo y maduración.

3.2.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se emplearon técnicas de observación de la muestra, las mismas que consisten en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, para tomar información y registrarla para su posterior análisis. Para la observación, se emplearon un cuaderno de notas y tablas diseñadas como instrumentos para recolectar datos en función del tiempo de crecimiento del cultivo. De este modo se facilitó el análisis de datos y elaboración de curvas de crecimiento del cultivo en función del tiempo.

3.2.6 Análisis Estadístico

Con los resultados obtenidos en cada unidad experimental en función de las variables a medir se realizó análisis de varianza y prueba de Duncan al 5%, aplicando el software estadístico INFOSTAT que es un software para análisis estadístico de aplicación general. Cubre tanto las necesidades elementales para la obtención de estadísticas descriptivas y gráficos para el análisis exploratorio, como métodos avanzados de modelación estadística y análisis multivariado. <http://www.infostat.com.ar/>

3.2.6.1 Esquema del análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	11
Repeticiones	2
Tratamientos	(3)
Dosis de nitrógeno	1
Dosis de fósforo	1
Dosis N x Dosis P	1
Error experimental	6

3.2.6.2 Coeficiente de Variación

$$CV = (\sqrt{CME/\bar{x}}) * 100$$

3.2.6.3 Análisis Funcional

Se aplicó una Prueba de Duncan al 5% para cada uno de los niveles y tratamientos.

3.3 MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.3.1 Establecimiento del ensayo en el campo

3.3.1.1 Preparación del suelo



Previo a la siembra se realizó las labores de preparación del suelo utilizando un pase de arado y un pase de rastra quince días antes de la siembra. Posteriormente se delimitó el área experimental, se removió el suelo manualmente y se elaboraron los surcos en cada unidad experimental.

3.3.1.2 Siembra del maíz

La siembra se realizó el día 03 de mayo del 2011, utilizando semilla de maíz Chillos, la cual fue desinfectada con Vitavax (3 g/kg semilla). La distancia de siembra fue de 80 cm entre surcos por 50 cm entre plantas y se depositó 3 granos por sitio a 5cm de profundidad cubriendo finalmente dichos hoyos con tierra. Al siguiente día se realizó la siembra se aplicó Gesaprim como herbicida para el control de malezas (3.5 g /l agua).



Siembra del cultivo con la participación de estudiantes del IASA



Emergencia del cultivo

3.3.1.3 Labores culturales

A continuación se citan las labores principales realizadas en el cultivo con el fin de mantenerlo en condiciones nutricionales, sanitarias e hídricas adecuadas.

Fertilización. Los fertilizantes de acuerdo a los tratamientos en estudio fueron aplicados a la siembra 1/3N y 2/3 P, y después de 25 dds lo restante.

Rascadillo. A los 30 dds se realizó un rascadillo y luego se aplicó la segunda dosis de fertilizantes, logrando con ello airear el suelo y un control oportuno de malezas; para entonces las plantas emergidas tuvieron una altura promedio de 15cm.

Aporque. El primer aporque se realizó a los 30 dds y un segundo a los 60 dds. Estas labores se realizaron en forma manual.

Aplicación de fungicidas e insecticidas. Para el control de plagas y enfermedades, como gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), y para prevenir la presencia de Tizón foliar (*Bipolares maidis*), y Roya (*Puccinia sorghhi*) se procedió a realizar una aplicación de insecticida Bala y/o Lorsban (3 cc/l agua), Triziman-D (3.5 g/l agua) como fungicida.

Fertilización foliar. Se realizaron 3 aplicaciones foliares a base de Librel BMx, Stimufol, a los 25, 45 y 60 dds., a razón de 4 g de fertilizante foliar/l agua.

3.4 VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

3.4.1 Porcentaje de emergencia

Transcurridos 20 días después de la siembra (dds) se procedió a contabilizar el número de plantas emergidas de cada uno de los tratamientos en cada uno de los bloques, obteniéndose un promedio de 98.5%.

3.4.2 Altura de planta



Para la determinación de esta variable se tomaron 2 plantas completas de cada una de las unidades experimentales y en cada uno de los tratamientos, y con la ayuda de un flexómetro se procedió a medir a partir de 2 cm por sobre la altura del nivel del suelo hasta la hoja promedio que se observaba al juntar y levantar todas las hojas presentes en la planta.

3.4.3 Días a la floración

Mediante observación continua del crecimiento y desarrollo del cultivo se identificó el apareamiento del periodo de floración en los tratamientos y se procedió a cuantificar las plantas florecidas considerando aquellas que presentaron al menos una cuarta parte sus anteras abiertas y vertían polen, dicho conteo se lo realizó hasta que cada tratamiento presentó el 50% de plantas con anteras abiertas y vertiendo polen.



3.4.4 Rendimiento vegetativo

Las mismas plantas utilizadas para medir la altura de planta fueron utilizadas para obtener el *peso de la biomasa* de las plantas en cada una de las parcelas experimentales, en periodos de tiempo distanciados entre 25 a 30 días después de la germinación (ddg), con la finalidad de ir evaluando el crecimiento vegetativo en función del tiempo.



Determinación del rendimiento vegetativo



Balanza electrónica del Laboratorio de Fitopatología IASA.

La determinación de la materia vegetativa consistió en pesar en una balanza de precisión toda la planta a excepción de la raíz, para obtener el peso húmedo total de la planta (PH); seguidamente estas muestras fueron colocadas en una estufa y secadas a una temperatura de 65 °C, durante 48 horas y finalmente pesadas en seco (gr/pl). Este proceso se realizó en los laboratorios de *Fitopatología*.

3.4.5 Rendimiento por hectárea

Para la obtención de esta variable se realizó la extrapolación de los datos promedios de las repeticiones obtenidas de cada uno de los tratamientos para obtener datos por hectárea (Kg/ha).

3.5 Difusión de resultados

La difusión de los resultados y la metodología se impartirán a los interesados para su conocimiento y aplicación mediante la elaboración de una propuesta o un artículo científico.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 PORCENTAJE DE GERMINACION

Al establecer el análisis de variancia para el porcentaje de germinación de los granos de maíz, no se detectó diferencias estadísticas en cada una de las fuentes de variación establecidas, por lo tanto las dosis de nitrógeno y fósforo no afectaron a esta variable.

El promedio general del porcentaje de germinación fue de 94.44%, porcentaje adecuado para este tipo de investigación, el coeficiente de variación fue de 6.12%

CUADRO 1 Análisis de variancia para el porcentaje de germinación de los granos de maíz bajo el efecto dos niveles de nitrógeno y dos de fósforo.

FUENTES DE VARIACION	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F
TOTAL	11	370.37		
REPETICIONES	2	108.02	54.01	1.62 ns
TRATAMIENTOS	(3)	61.73	20.58	0.62 ns
NITROGENO (N)	1	10.29	10.29	0.31 ns
FOSFORO (P)	1	41.15	41.15	1.23 ns
N x P	1	10.29	10.29	0.31 ns
ERROR	6	200.62	33.44	
$\bar{X}(\%)$			94.44	
C.V.(%)			6.12	

En los cuadros 2, 3 y 4 se presentan los promedios del porcentaje de germinación por efecto de los niveles de nitrógeno, de los del fósforo y del efecto conjunto de estos dos factores los cuales no se diferenciaron estadísticamente a los niveles prefijados del 5 y 1%.

CUADRO 2 Efecto de los niveles de fertilización con nitrógeno sobre el porcentaje de germinación.

NITROGENO	PORCENTAJE DE GERMINACION	
N1 60 kg/ha	95.37	
N2 .120 kg/ha	93.52	

CUADRO 3 Efecto de los niveles de fertilización con fósforo sobre el porcentaje de germinación.

FOSFORO	PORCENTAJE DE GERMINACION	
P1 50 kg/ha	92.59	
P2 .100 kg/ha	96.50	

CUADRO 4 Efecto conjunto de los niveles de fertilización con nitrógeno y fósforo sobre el porcentaje de germinación.

TRATAMIENTOS	PORCENTAJE DE GERMINACION	
N1P1	92.59	
N1P2	98.15	
N2P1	92.59	
N2P2	94.44	

4.2 ALTURA DE PLANTA

Al establecer los análisis de variancia para la altura de planta de maíz no se encontró diferencias estadísticas en cada uno de los fuentes de variación establecidas en las ocho evaluaciones establecidas a excepción de la evaluación a los 86 días en donde los niveles de nitrógeno se diferenciaron a nivel del 5% y en la evaluación a los 159 días donde las repeticiones manifestaron diferencias a nivel del 5% (cuadro 5).

Los promedios generales de la altura de planta fueron de 13.54 cm, en la evaluación a los 15 días, hasta alcanzar a los 190 días un promedio de 211.08, los coeficiente de variación se encuentran en el rango de 4.12 a 9.15%.

CUADRO 5 Análisis de variancia para la altura de planta de maíz bajo el efecto de dos niveles de nitrógeno y dos de fósforo en 8 evaluaciones

FUENTES DE VARIACION	GL	EVALUACIONES			
		15 días	40 días	60 días	86 días
TOTAL	11				
REPETICIONES	2	3.34 ns	3.02 ns	126.58 ns	108.00 ns
TRATAMIENTOS	(3)	5.06 ns	14.02 ns	25.86 ns	81.86 ns
NITROGENO (N)	1	1.29 ns	8.50 ns	18.75 ns	168.75 *
FOSFORO (P)	1	13.80*	31.04 ns	6.75 ns	70.08 ns
N x P	1	0.10ns	3.52 ns	52.08 ns	6.75 ns
ERROR	6	1.24	8.79	70.03	27.11
X(cm)		13.54	47.49	91.42	126.25
C.V(%)		8.22	6.24	9.15	4.12

FUENTES DE VARIACION	GL	EVALUACIONES			
		105 días	133 días	159 días	190 días
TOTAL	11				
REPETICIONES	2	100.33 ns	70.37 ns	1524.25 *	501.08 ns
TRATAMIENTOS	(3)	163.42 ns	115.23 ns	260.08 ns	89.64 ns
NITROGENO (N)	1	102.08 ns	90.75 ns	154.08 ns	154.08 ns
FOSFORO (P)	1	154.08 ns	246.61 ns	602.08 ns	114.08 ns
N x P	1	234.08 ns	8.33 ns	24.08 ns	0.75 ns
ERROR	6	51.00	113.17	159.58	291.97
X(cm)		136.92	151.55	183.75	211.08
C.V (%)		5.22	7.02	6.87	8.09

Si bien en una sola evaluación se encontró diferencias estadísticas entre los niveles de nitrógeno, en la mayoría de las evaluaciones (seis) la mayor altura se presentó con el nivel de 120 kg/ha (cuadro 6)

CUADRO 6 Efecto de los niveles de fertilización con nitrógeno sobre la altura de planta, en ocho evaluaciones

NITROGENO	EVALUACIONES			
	15 días	40 días	60 días	86 días
N1 60 kg/ha	13.87	46.65	90.17	122.50 b
N2.120 kg/ha	13.22	48.33	92.67	130.00 a

NITROGENO	EVALUACIONES			
	105 días	133 días	159 días	190 días
N1 60 kg/ha	134.00	154.30	180.17	207.50
N2.120 kg/ha	139.83	148.80	187.33	214.67

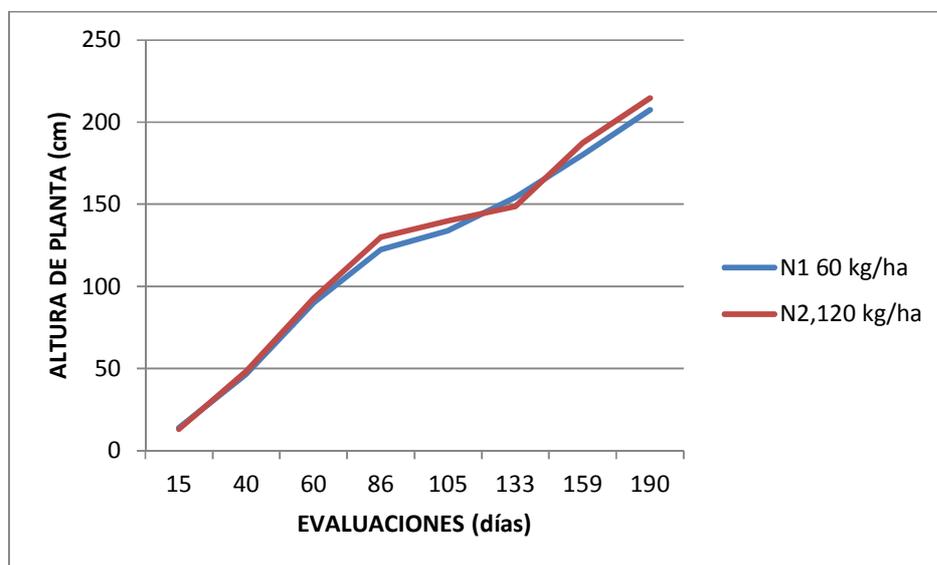


GRAFICO 1 Efecto de los niveles de nitrógeno sobre la altura de planta de maíz en ocho evaluaciones.

Si bien los niveles de fósforo no se diferenciaron estadísticamente en cada una de las evaluaciones establecidas, la mayor altura se presentó con la dosis de 100 kg/ha en todas las evaluaciones (cuadro 7).

CUADRO 7 Efecto de los niveles de fertilización con fósforo sobre la altura de planta, en ocho evaluaciones.

FOSFORO	EVALUACIONES			
	15 días	40 días	60 días	86 días
P1 50 kg/ha	12.47 b	45.88	90.67	123.83
P2.100 kg/ha	14.62 a	49.10	92.17	128.67

FOSFORO	EVALUACIONES			
	105 días	133 días	159 días	190 días
P1 50 kg/ha	133.33	147.02	176.67	208.00
P2.100 kg/ha	140.50	156.08	190.83	214.17

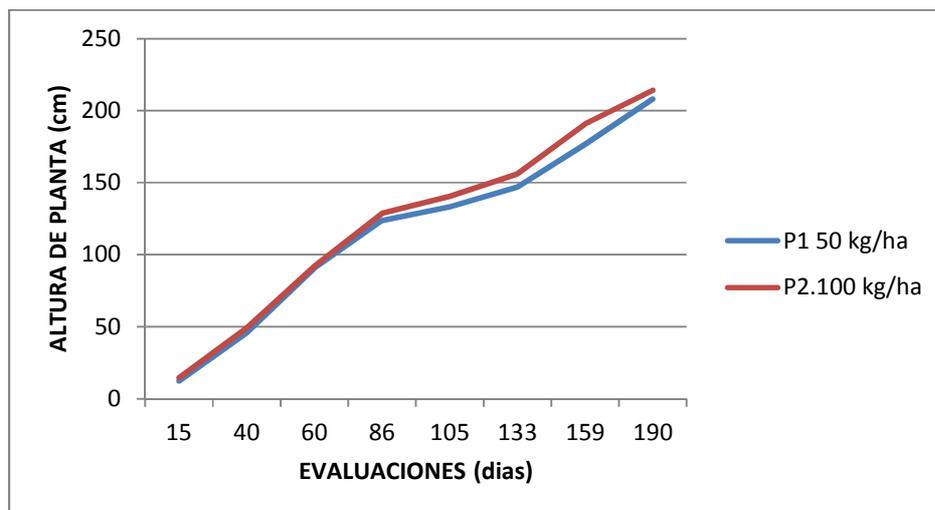


GRAFICO 2 Efecto de los niveles de fósforo sobre la altura de planta de maíz en ocho evaluaciones.

Al analizar todos los tratamientos provenientes de la combinación de los niveles de los dos factores en estudio, se pudo apreciar en el cuadro 8, que las mayores alturas de la planta de maíz se presentaron con los niveles más altos de nitrógeno y fósforo en cada una de las evaluaciones establecidas.

CUADRO 8 Efecto conjunto de los niveles de fertilización con nitrógeno y fósforo sobre la altura de planta, en ocho evaluaciones

TRATAMIENTOS (N X P)	EVALUACIONES			
	15 días	40 días	60 días	86 días
N1 P1	12.71	45.50	93.00	119.33
N1 P2.	15.03	47.80	87.33	125.67
N2 P1	12.23	46.27	91.33	128.33
N2 P2	14.20	50.40	94.00	131.67

TRATAMIENTOS (N X P)	EVALUACIONES			
	105 días	133 días	159 días	190 días
N1 P1	126.00	148.93	171.67	204.67
N1 P2.	142.00	159.67	188.67	210.33
N2 P1	140.67	145.10	181.67	211.33
N2 P2	139.00	152.50	193.00	218.00

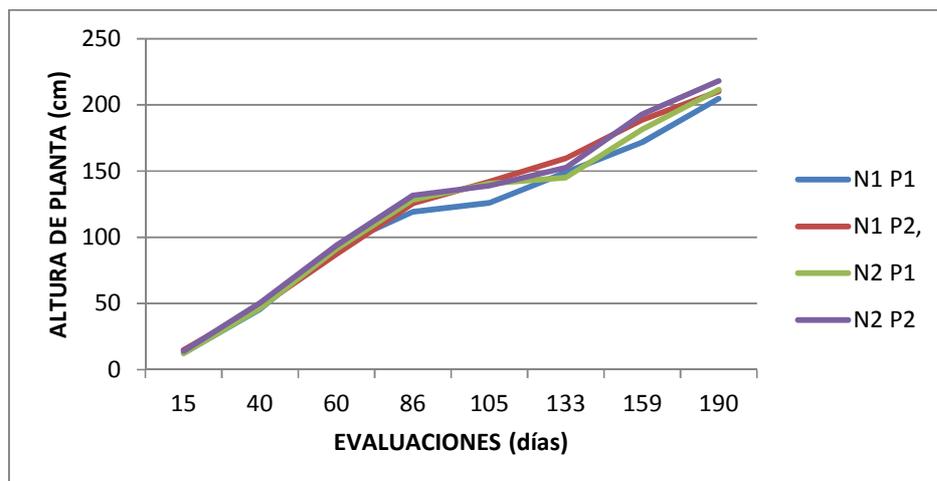


GRAFICO 3 Efecto conjunto de los niveles de fertilización con nitrógeno y fósforo sobre la altura de planta, en ocho evaluaciones

4.3 NUMERO DE HOJAS

Al establecer los análisis de variancia para el número de hojas de la planta de maíz, no se encontró diferencias estadísticas para cada una de las fuentes de variación, dentro de cada una de las seis evaluaciones establecidas (cuadro 9). El número de hojas promedio general se fueron incrementando de 6.75 en la primera evaluación hasta alcanzar un promedio máximo de 13.67 en la quinta evaluación y decrecer ligeramente en la última evaluación, con coeficientes de variación entre 3.23 a 9.72%.

CUADRO 9 Análisis de variancia para el número de hojas del maíz bajo el efecto de dos niveles de nitrógeno y dos de fósforo en seis evaluaciones.

FUENTES DE VARIACION	GL	EVALUACIONES		
		PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA
TOTAL	11			
REPETICIONES	2	0.00 ns	0.08 ns	0.33 ns
TRATAMIENTOS	(3)	0.31 ns	0.31 ns	0.56 ns
NITROGENO (N)	1	0.75 ns	0.75 ns	0.33 ns
FOSFORO (P)	1	0.08 ns	0.08 ns	1.33 ns
N x P	1	0.08 ns	0.08 ns	0.00 ns
ERROR	6	0.22	0.31	0.89
X (N°)		6.75	9.08	10.17
C.V (%)		6.98	6.09	9.27

FUENTES DE VARIACION	GL	EVALUACIONES		
		CUARTA	QUINTA	SEXTA
TOTAL	11			
REPETICIONES	2	1.58 ns	0.08 ns	0.33 ns
TRATAMIENTOS	(3)	0.56 ns	0.44 ns	1.22 ns
NITROGENO (N)	1	0.33 ns	0.00 ns	3.00 ns
FOSFORO (P)	1	1.33 ns	1.33 ns	0.33 ns
N x P	1	0.00 ns	0.00 ns	0.33 ns
ERROR	6	1.14	0.19	1.56
X(N°)		13.17	13.67	12.83
C.V (%)		8.11	3.23	9.72

En los cuadros 10, 11 y 12 se presentan los promedios del número de hojas de las plantas de maíz por efecto de los niveles de nitrógeno, de fósforo y el efecto conjunto de estos dos factores, estos no fueron diferentes estadísticamente sin embargo se aprecia que el mayor número de hojas se presentó con los niveles más altos de nitrógeno y fósforo.

CUADRO 10 Efecto de los niveles de fertilización con nitrógeno sobre el número de hojas en la planta de maíz, en seis evaluaciones

NITROGENO	EVALUACIONES		
	PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA
N1 60 kg/ha	6.50	8.83	10.00
N2.120 kg/ha	7.00	9.33	10.33

NITROGENO	EVALUACIONES		
	CUARTA	QUINTA	SEXTA
N1 60 kg/ha	13.00	13.67	12.33
N2.120 kg/ha	13.33	13.67	13.33

CUADRO 11 Efecto de los niveles de fertilización con fósforo sobre el número de hojas por planta, en seis evaluaciones

FOSFORO	EVALUACIONES		
	PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA
P1 50 kg/ha	6.83	9.17	9.83
P2.100 kg/ha	6.67	9.00	10.50

FOSFORO	EVALUACIONES		
	CUARTA	QUINTA	SEXTA
P1 50 kg/ha	12.83	13.33	12.67
P2.100 kg/ha	13.50	14.00	13.00

CUADRO 12 Efecto conjunto de los niveles de fertilización con nitrógeno y fósforo sobre el número de hojas/planta, en seis evaluaciones

TRATAMIENTOS (N X P)	EVALUACIONES		
	PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA
N1 P1	6.67	9.00	9.67
N1 P2.	6.33	8.67	10.33
N2 P1	7.00	9.33	10.00
N2 P2	7.00	9.33	10.67

TRATAMIENTOS (N X P)	EVALUACIONES		
	CUARTA	QUINTA	SEXTA
N1 P1	12.67	13.33	12.67
N1 P2.	13.33	14.00	12.00
N2 P1	13.00	13.33	13.33
N2 P2	13.67	14.00	13.33

4.4 PESO HUMEDO/PLANTA

Los análisis de variancia para el peso húmedo de la planta de maíz no presentaron diferencias estadísticas para repeticiones en cada una de las evaluaciones establecidas, mientras que los tratamientos se diferenciaron estadísticamente a nivel del 5% en la primera y última evaluación. En la primera evaluación además se encontró significación estadística al mismo en la interacción N x P, lo que nos indica que los dos factores actuaron dependientemente, en la última evaluación además, se encontró diferencias estadísticas al 5% en los niveles de nitrógeno y los niveles de fósforo. Si bien no se encontró diferencias estadísticas para tratamientos, se encontró diferencias estadísticas al 5% entre los niveles de fósforo en las evaluaciones a los 40 y 105 días; y, en la evaluación a los 60 días se encontró significación estadística en la interacción del nitrógeno por el fósforo (cuadro 13).

Los promedios generales del peso húmedo por planta se fueron incrementando de 3.83 g/planta hasta lograr 1103.9 g/planta a los 159 días. Los coeficientes de variación se encuentran entre 6.12 a 19.41%.

CUADRO 13 Análisis de variancia para el peso húmedo de la planta de maíz bajo el efecto de dos niveles de nitrógeno y dos de fósforo en 7 evaluaciones

FUENTES DE VARIACION	GL	EVALUACIONES			
		15 días	40 días	60 días	86 días
TOTAL	11				
REPETICIONES	2	1.03 ns	8.46 ns	518.00 ns	1780.34 ns
TRATAMIENTOS	(3)	1.94 *	94.63 ns	325.60 ns	21.86.31 ns
NITROGENO (N)	1	0.01 ns	44.47 ns	25.52 ns	1341.97 ns
FOSFORO (P)	1	0.48 ns	200.90*	52.67 ns	3165.50 ns
N x P	1	5.33 **	38.52 ns	899.60 *	20.51.47 ns
ERROR	6	0.26	31.63	132.79	1801.21
X (g/planta)		3.83	24.96	110.76	282.41
C.V(%)		13.42	22.53	10.40	15.03

FUENTES DE VARIACION	GL	EVALUACIONES		
		105 días	133 días	159 días
TOTAL	11			
REPETICIONES	2	8463.00 ns	10115.92 ns	6067.69 ns
TRATAMIENTOS	(3)	13377.89 ns	3024.66 ns	34339.82 *
NITROGENO (N)	1	12160.33 ns	4185.07 ns	53250.70 *
FOSFORO (P)	1	25392.00 *	4876.30 ns	49001.08 *
N x P	1	2581.33 ns	12.61 ns	767.68 ns
ERROR	6	3457.89	17845.21	4554.37
X (g/planta)		389.50	688.41	1103.19
C.V(%)		15.10	19.41	6.12

En términos generales se manifestó un efecto positivo de los niveles de nitrógeno sobre el peso húmedo/planta de maíz a lo largo de las diferentes evaluaciones, pero únicamente se manifestó diferencias estadísticas entre los niveles a los 159 días (cuadro 14).

CUADRO 14 Efecto de los niveles de fertilización con nitrógeno sobre el peso húmedo/planta de maíz, en siete evaluaciones.

NITROGENO	EVALUACIONES			
	15 días	40 días	60 días	86 días
N1 60 kg/ha	3.87	23.03	112.22	292.98
N2.120 kg/ha	3.80	26.88	109.30	271.83

NITROGENO	EVALUACIONES		
	105 días	133 días	159 días
N1 60 kg/ha	357.67	669.73	1036.57 b
N2.120 kg/ha	421.33	707.08	1169.80 a

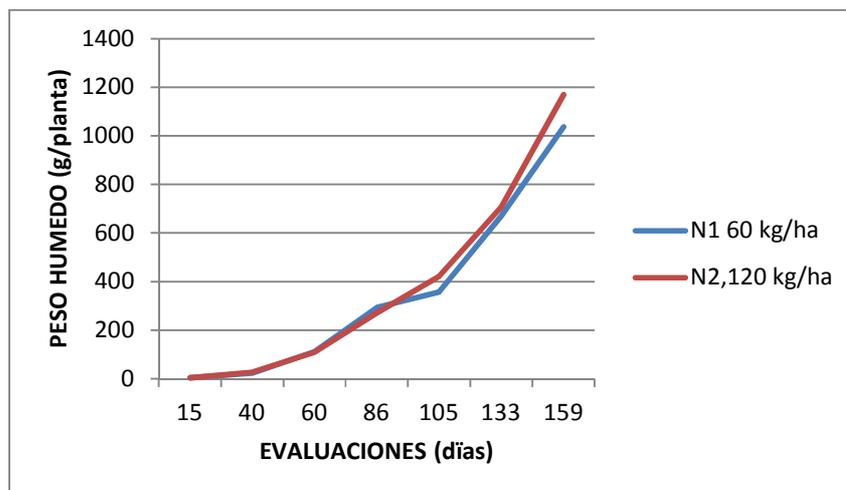


GRAFICO 4 Efecto de los niveles de nitrógeno sobre el peso húmedo g/planta de maíz en siete evaluaciones.

En cada una de las evaluaciones la mayor aplicación de fósforo permitió el incremento del peso húmedo/planta de maíz, pero únicamente los niveles se diferenciaron en las evaluaciones a los 40 y 159 días (cuadro 15).

CUADRO 15 Efecto de los niveles de fertilización con fósforo sobre el peso húmedo/planta de maíz, en siete evaluaciones

FOSFORO	EVALUACIONES			
	15 días	40 días	60 días	86 días
P1 50 kg/ha	4.03	20.87 b	108.68	266.17
P2.100 kg/ha	3.63	29.05 a	112.83	298.65

FOSFORO	EVALUACIONES		
	105 días	133 días	159 días
P1 50 kg/ha	343.50 b	708.57	1039.28 b
P2.100 kg/ha	435.50 a	668.25	1167.09 a

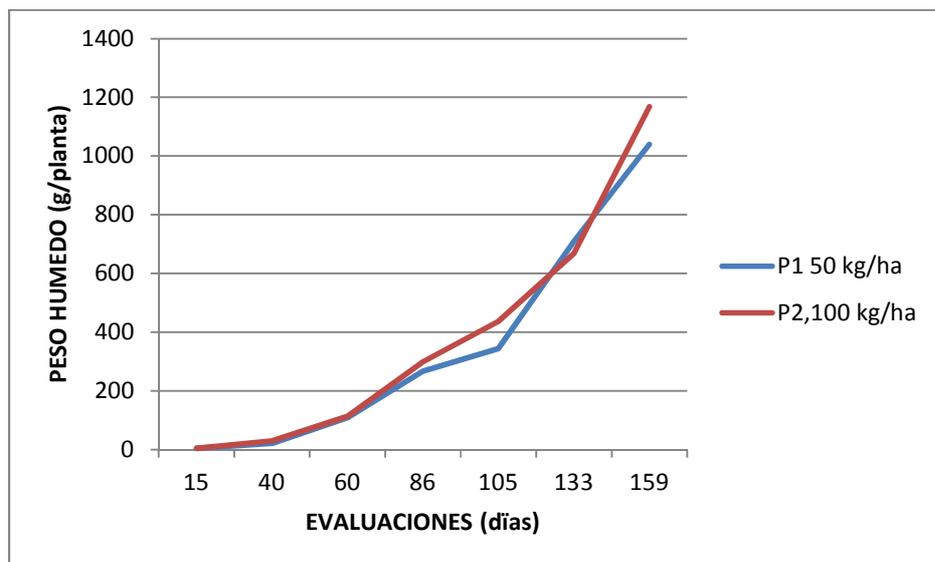


GRAFICO 5 Efecto de los niveles de fósforo sobre el peso húmedo g/planta de maíz en siete evaluaciones.

Al analizar el efecto conjunto de los niveles de nitrógeno y fósforo se pudo apreciar claramente que en cada una de las evaluaciones los incrementos por efecto del fósforo fueron mayores bajo un nivel alto de nitrógeno (100 kg/ha), a excepción de la evaluación a los 133 días donde los mayores pesos se presentaron con el nivel mas bajo de fósforo (cuadro 16).

CUADRO 16 Efecto conjunto de los niveles de fertilización con nitrógeno y fósforo sobre el peso húmedo/planta, en siete evaluaciones.

TRATAMIENTOS (N X P)	EVALUACIONES			
	15 días	40 días	60 días	86 días
N1 P1	4.73 a	20.73	118.80	263.67
N1 P2.	3.00 c	25.33	105.63	268.67
N2 P1	3.33 bc	21.00	98.57	275.00
N2 P2	4.27 ab	32.77	120.03	322.30

TRATAMIENTOS (N X P)	EVALUACIONES		
	105 días	133 días	159 días
N1 P1	297.00	688.87	980.67 b
N1 P2.	418.33	650.60	1092.47 b
N2 P1	390.00	728.27	1097.90 b
N2 P2	452.67	685.90	1241.70 a

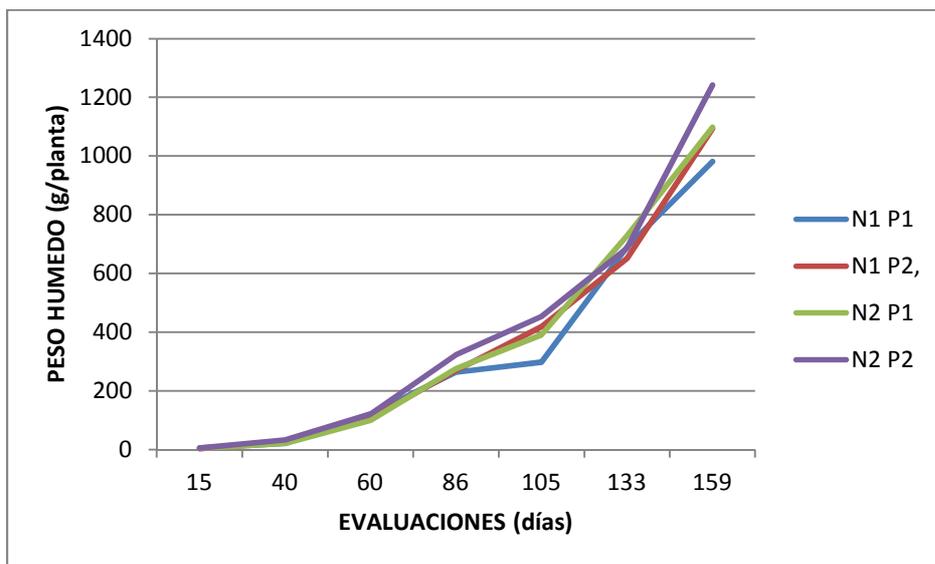


GRAFICO 6 Efecto conjunto de los niveles de fertilización con nitrógeno y fósforo sobre el peso húmedo g/planta de maíz, en siete evaluaciones

4.5 MATERIA SECA POR PLANTA

Al establecer los análisis de variancia para el peso seco/planta, no se encontró diferencias estadísticas entre las repeticiones en todas las evaluaciones a excepción de la evaluación a los 60 días donde se diferenciaron estadísticamente al nivel del 5%. Por otro lado los tratamientos se diferenciaron a nivel del 5% en las evaluaciones a los 40, 60 y 159 días; los niveles de nitrógeno únicamente se diferenciaron a nivel 5% en las evaluaciones a los 159 días; los niveles de fósforo se diferenciaron a nivel del 5% en las evaluaciones a los 40, 105y 159 días; la interacción únicamente manifestó significación a nivel del 1% en la evaluación a los 60 días (cuadro 17).

Los promedios generales de la materia seca/planta se fueron incrementando de 0.42 g/planta en la evaluación a los 15 días hasta alcanzar los 242.71g/planta, los coeficientes de variación se encuentran entre 6.14 a 26.17%

**CUADRO 17 Análisis de variancia para el contenido de materia seca/planta de maíz
bajo el efecto de dos niveles de N y dos de P en 7 evaluaciones**

FUENTES DE VARIACION	GL	EVALUACIONES			
		15 días	40 días	60 días	86 días
TOTAL	11				
REPETICIONES	2	0.00 ns	14.00 ns	9.84 *	243.71 ns
TRATAMIENTOS	(3)	0.01 ns	16.17 *	6.68 *	299.18 ns
NITROGENO (N)	1	0.00 ns	0.79 ns	0.37 ns	183.61 ns
FOSFORO (P)	1	0.00 ns	39.53 *	3.10 ns	433.20 ns
N x P	1	0.02 ns	8.20 ns	16.57 **	280.72 ns
ERROR	6	0.01	3.19	1.00	246.58
X(g)		0.42	8.57	13.86	104.49
C.V(%)		26.17	20.87	7.22	15.03

FUENTES DE VARIACION	GL	EVALUACIONES		
		105 días	133 días	159 días
TOTAL	11			
REPETICIONES	2	931.30 ns	330.24 ns	294.36 ns
TRATAMIENTOS	(3)	1508.61 ns	1868.98 ns	1659.87 *
NITROGENO (N)	1	1296.26 ns	5010.25 ns	2581.10*
FOSFORO (P)	1	2813.98 *	369.63 ns	2362.43 *
N x P	1	415.60 ns	227.07 ns	36.08 ns
ERROR	6	415.07	3163.66	222.17
X(g)		135.61	216.27	242.71
C.V (%)		15.02	26.01	6.14

Si bien en las evaluaciones a los 15, 40, 60 y 86 días los promedios de la materia seca/planta difieren mínimamente entre los niveles de nitrógeno, a partir de la evaluación a los 105 días las diferencias son amplias aumentando el contenido al incrementarse el nivel (cuadro 18).

CUADRO 18 Efecto de los niveles de fertilización con nitrógeno sobre el contenido de materia seca/ planta de maíz, en siete evaluaciones

NITROGENO	EVALUACIONES			
	15 días	40 días	60 días	86 días
N160 kg/ha	0.43	8.31	14.03	108.40
N2 120 kg/ha	0.42	8.82	13.68	100.58

NITROGENO	EVALUACIONES		
	105 días	133 días	159 días
N1 60 kg/ha	125.22	195.83	228.04 b
N2.120 kg/ha	146.01	236.70	257.38 a

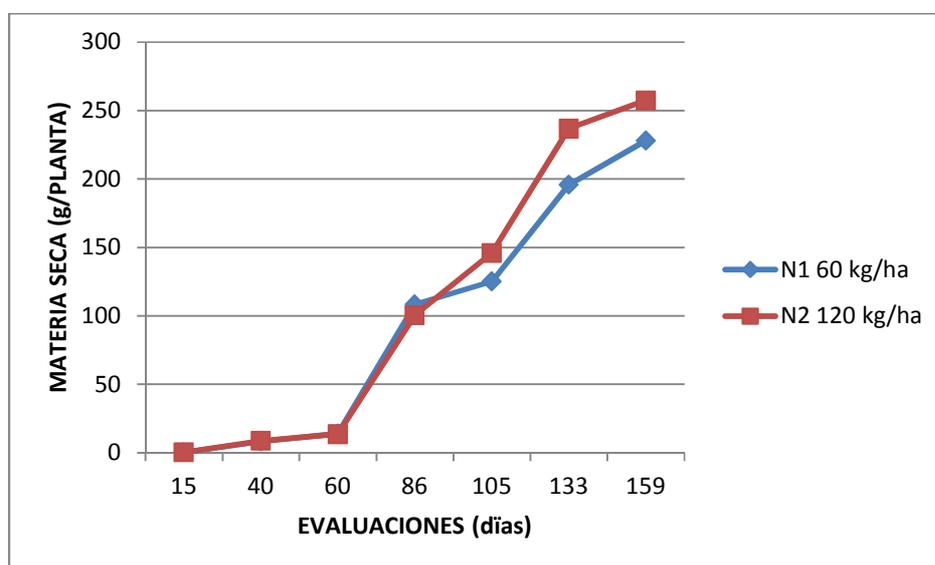


GRAFICO 7 Efecto de los niveles de nitrógeno sobre la materia seca g/planta de maíz en siete evaluaciones

El efecto del fósforo es muy importante en el incremento de la materia seca/planta de maíz y es así que en cada una de las evaluaciones con el nivel más alto de fósforo se obtuvo el mayor contenido de materia seca/planta (cuadro 19).

CUADRO 19 Efecto de los niveles de fertilización con fósforo sobre el contenido de materia seca/ planta de maíz, en siete evaluaciones.

FOSFORO	EVALUACIONES			
	15 días	40 días	60 días	86 días
P1 50 kg/ha	0.41	6.75 b	13.35	98.48
P2.100 kg/ha	0.44	10.38 a	14.37	110.50

FOSFORO	EVALUACIONES		
	105 días	133 días	159 días
P1 50 kg/ha	120.30 b	210.72	228.68 b
P2.100 kg/ha	150.93 a	221.82	256.74 a

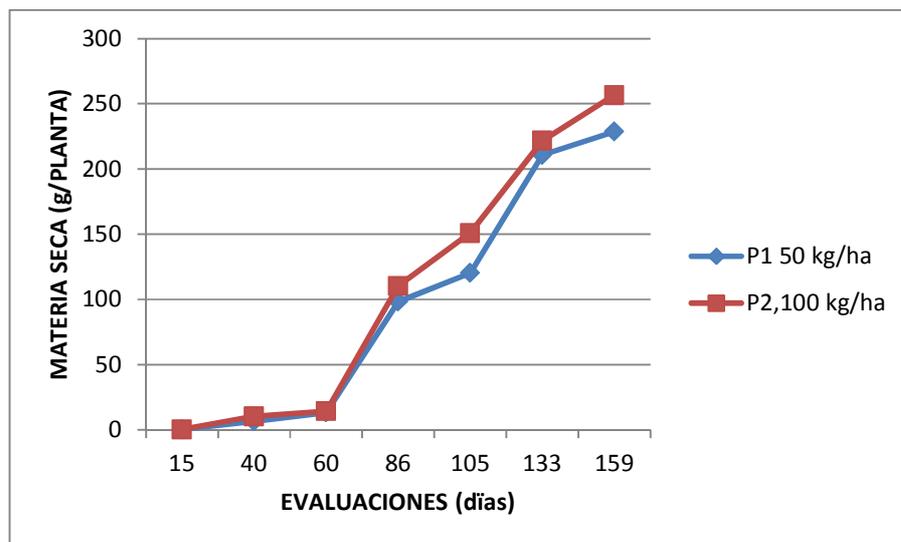


GRAFICO 8 Efecto de los niveles de fósforo sobre el contenido de materia seca g/planta de maíz en siete evaluaciones.

Al analizar la interacción de los niveles de nitrógeno y fósforo en términos generales se puede apreciar que un mayor contenido de materia seca se incremento al aumentar el nivel de fósforo dentro de cada nivel de nitrógeno. Por otro lado los mayores contenidos de materia seca se presentaron con los niveles más altos de nitrógeno y fósforo (cuadro 20).

CUADRO 20 Efecto conjunto de los niveles de fertilización con N y P sobre el contenido de materia seca/ planta de maíz, en siete evaluaciones.

TRATAMIENTOS (N X P)	EVALUACIONES			
	15 días	40 días	60 días	86 días
N1 P1	0.45	5.67 b	14.70 a	97.56
N1 P2.	0.40	10.95 a	13.37 ab	119.25
N2 P1	0.36	7.83 ab	12.00 b	99.41
N2 P2	0.48	9.81 a	15.37 a	101.75

TRATAMIENTOS (N X P)	EVALUACIONES		
	QUINTA	SEXTA	SEPTIMA
N1 P1	104.02	194.63	215.75 b
N1 P2.	146.42	197.03	240.34 b
N2 P1	136.58	226.80	241.61 b
N2 P2	155.43	246.60	273.14 a

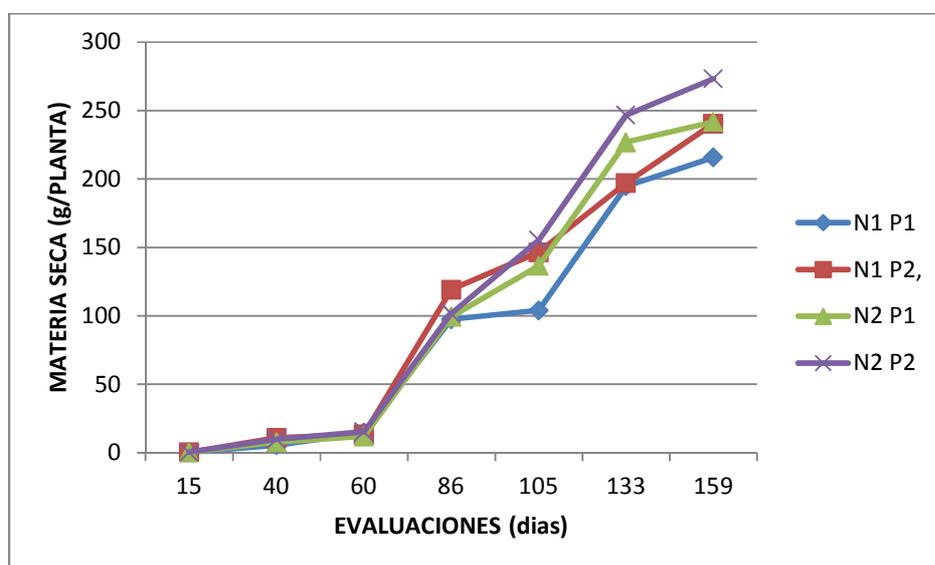


GRAFICO 9 Efecto conjunto de los niveles de fertilización con N y P sobre el contenido de materia seca g/planta de maíz, en siete evaluaciones

4.6 CONTENIDO DE NITROGENO

Al establecer los análisis de variancia para el contenido de nitrógeno no se encontró diferencias estadísticas para repeticiones, a excepción de la evaluación a los 60 días en donde se diferenciaron a nivel del 5%, mientras que los tratamientos, únicamente se diferenciaron a nivel del 5% en las evaluaciones a los 40, 60 y 159 días; los niveles de nitrógeno se diferenciaron al 5% únicamente en la evaluación a los 159 días; los niveles de fósforo se diferenciaron a nivel del 5% en las evaluaciones a los 40, 105 y 159 días; y, la interacción únicamente manifestó significación estadística a nivel del 1% en la evaluación a los 60 días (cuadro 21).

Los contenidos promedios generales de nitrógeno/planta fueron incrementándose de 0.46 g en la evaluación a los 15 días, hasta alcanzar un promedio de 261.64 en la evaluación a los 159 días, los coeficientes de variación se encuentran entre 6.14 a 26.17%.

CUADRO 21 Análisis de variancia para el contenido de N en las plantas de maíz bajo el efecto de dos niveles de N y dos de fósforo en 7 evaluaciones.

FUENTES DE VARIACION	GL	EVALUACIONES			
		15 días	40 días	60 días	86 días
TOTAL	11				
REPETICIONES	2	0.00 ns	16.27 ns	11.42 *	283.36 ns
TRATAMIENTOS	(3)	0.01 ns	18.80 *	6.65 *	347.73 ns
NITROGENO (N)	1	0.00 ns	0.92 ns	0.43 ns	213.45 ns
FÓSFORO (P)	1	0.24 ns	45.94 *	3.62 ns	503.50 ns
N x P	1	1.75 ns	9.53 ns	19.23 **	326.25 ns
ERROR	6	0.01	3.71	1.17	286.57
X		0.46	9.23	14.94	112.64
C.V(%)		26.17	20.87	7.23	15.03

FUENTES DE VARIACION	GL	EVALUACIONES		
		105 días	133 días	159 días
TOTAL	11			
REPETICIONES	2	1082.30 ns	77.67 ns	342.11 ns
TRATAMIENTOS	(3)	1752.89 ns	253.90 ns	1928.86 *
NITROGENO (N)	1	15.06.18 ns	547.83 ns	2999.16 *
FOSFORO (P)	1	3269.64 *	63.48 ns	2745.49 *
N x P	1	482.85 ns	150.38 ns	41.93 ns
ERROR	6	482.26	454.08	258.19
X		146.19	124.7	261.64
C.V(%)		15.02	17.08	6.14

El efecto de los niveles de nitrógeno en el contenido de este mismo elemento en las plantas de maíz no es muy definido pues a los 15 días presentó el mismo promedio y en el resto de evaluaciones tres presentaron promedios mayores con el nivel bajo y tres con el nivel alto (cuadro 22)

CUADRO 22 Efecto de los niveles de fertilización con nitrógeno sobre el contenido de nitrógeno en las plantas de maíz, en siete evaluaciones.

NITROGENO	EVALUACIONES			
	15 días	40 días	60 días	86 días
N1 60 kg/ha	0.46	8.96	15.13	116.86
N2.120 kg/ha	0.46	9.51	14.75	108.42

NITROGENO	EVALUACIONES		
	105 días	133 días	159 días
N1 60 kg/ha	134.99	131.50	245.83 a
N2.120 kg/ha	157.39	117.99	277.45 b

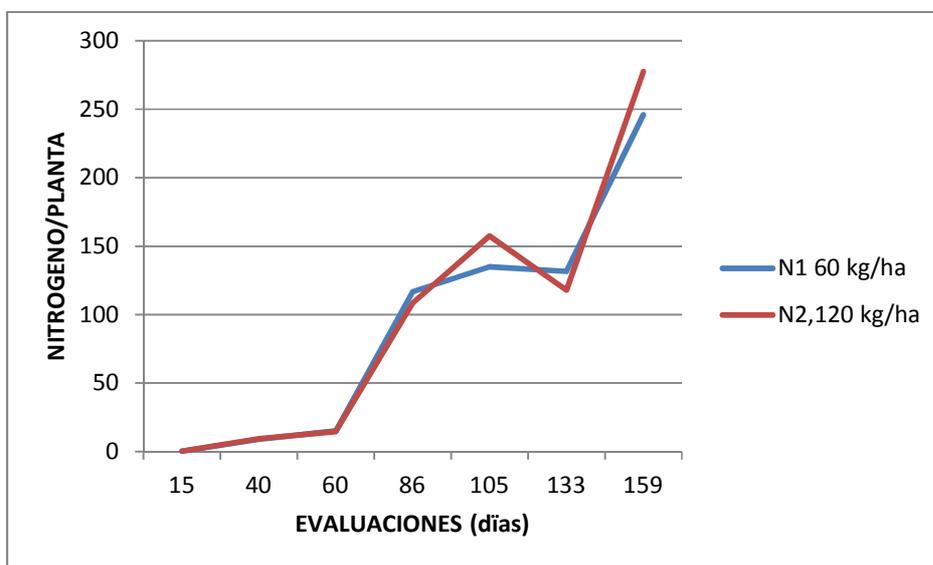


GRAFICO 10 Efecto de los niveles de nitrógeno sobre el contenido de nitrógeno en las plantas de maíz, en siete evaluaciones

En cada una de las evaluaciones el mayor contenido de nitrógeno se presentó bajo el nivel más alto de fósforo (cuadro 23).

CUADRO 23 Efecto de los niveles de fertilización con fósforo sobre el contenido de nitrógeno en las plantas de maíz, en siete evaluaciones.

FOSFORO	EVALUACIONES			
	15 días	40 días	60 días	86 días
P1 50 kg/ha	0.44	7.28 b	14.39	106.16
P2.100 kg/ha	0.47	11.19 a	15.49	119.12

FOSFORO	EVALUACIONES		
	105 días	133 días	159 días
P1 50 kg/ha	129.68 b	122.44	246.51 b
P2.100 kg/ha	162.70 a	127.04	276.77 a

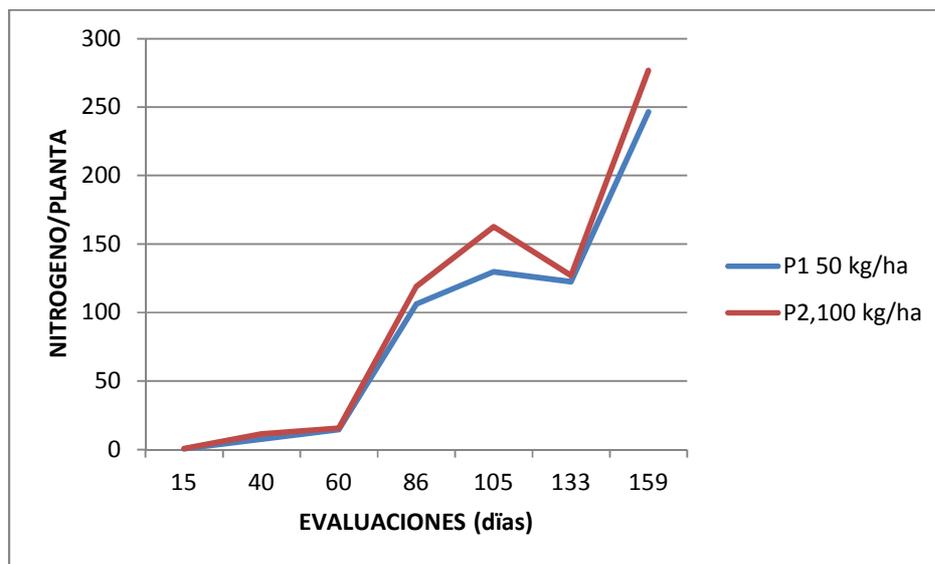


GRAFICO 11 Efecto de los niveles de fósforo sobre el contenido de nitrógeno en las plantas de maíz en siete evaluaciones

Al analizar todos los tratamientos no se pudo apreciar una tendencia bien definida del contenido de nitrógeno, sin embargo los mayores promedios en términos generales se presentó en el tratamiento con los niveles altos de nitrógeno y fósforo (cuadro 24).

CUADRO 24 Efecto conjunto de los niveles de fertilización con N y P sobre el contenido de nitrógeno en las plantas de maíz, en siete evaluaciones

TRATAMIENTOS (N X P)	EVALUACIONES			
	15 días	40 días	60 días	86 días
N1 P1	0.49	6.11 b	15.85 a	105.17
N1 P2.	0.43	11.80 a	14.41 ab	128.55
N2 P1	0.39	8.44 ab	12.94 b	107.16
N2 P2	0.52	10.58 a	16.57 a	109.69

TRATAMIENTOS (N X P)	EVALUACIONES		
	105 días	133 días	159 días
N1 P1	112.14	125.66	232.57 b
N1 P2.	157.84	137.34	259.09 b
N2 P1	147.23	119.23	260.45 b
N2 P2	167.56	116.75	294.44 a

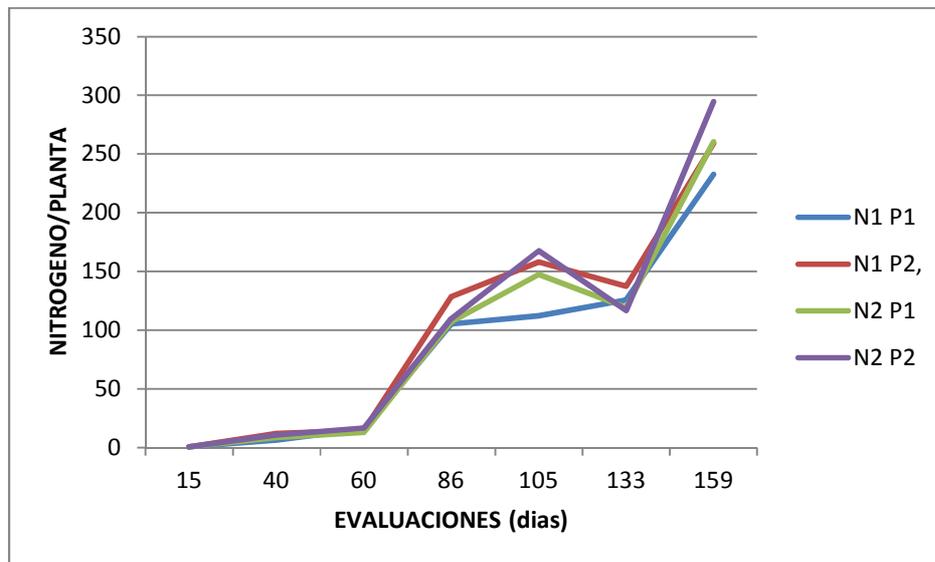


GRAFICO 12 Efecto conjunto de los niveles de fertilización con N y P sobre el contenido de nitrógeno en la planta de maíz, en siete evaluaciones

4.7 CONTENIDO DE FOSFORO (kg/ha)

Al establecer los análisis de variancia para el contenido de fósforo kg/ha, no se encontró diferencias estadísticas en repeticiones a excepción de la evaluación a los 60 días donde se diferenció a nivel del 5%, los tratamientos en cambio presentaron diferencias estadísticas a nivel del 5% en las evaluaciones a los 40, 60 y 159 días. Los niveles de nitrógeno únicamente presentaron diferencias estadísticas a nivel del 5% en la ultima evaluación realizada a los 159 días, mientras que los niveles de fósforo se diferenciaron a nivel del 5% en las evaluaciones a los 40, 105 y 159 días, finalmente la interacción manifestó significación estadística únicamente a los 60 días (cuadro 25).

Los promedios generales de los contenidos de fósforo fueron incrementándose de 0.07 kg/ha hasta lograr un promedio de 41.63 kg/ha a los 159 días, anotando que a los 133 días se presentó una depresión inferior al contenido a los 105 días, los coeficientes de variación se encuentran entre 6.14 a 26.20%.

CUADRO 25 Análisis de variancia para el contenido de P de las plantas maíz bajo el efecto de dos niveles de N y dos de fósforo en 7 evaluaciones

FUENTES DE VARIACION	GL	EVALUACIONES			
		15 días	40 días	60 días	86 días
TOTAL	11				
REPETICIONES	2	0.00 ns	0.41 ns	11.42 *	7.16 ns
TRATAMIENTOS	(3)	0.00 ns	0.48 *	7.76 *	8.79 ns
NITROGENO (N)	1	0.00 ns	0.02 ns	0.43 ns	5.37 ns
FOSFORO (P)	1	0.00 ns	1.17 *	3.62 ns	12.75 ns
N x P	1	0.00 ns	0.24 ns	19.23 **	8.25 ns
ERROR	6	0.00	0.09	1.17	7.24
X		0.07	1.47	19.94	17.92
C.V (%)		26.20	20.67	7.23	15.02

FUENTES DE VARIACION	GL	EVALUACIONES		
		105 días	133 días	159 días
TOTAL	11			
REPETICIONES	2	27.35 ns	1.96 ns	8.67 ns
TRATAMIENTOS	(3)	44.36 ns	6.43 ns	48.83 *
NITROGENO (N)	1	38.13 ns	13.89 ns	75.90 *
FÓSFORO (P)	1	82.74 *	1.59 ns	69.50 *
N x P	1	12.22 ns	3.82 ns	1.07 ns
ERROR	6	12.20	11.48	6.52
X		23.26	19.85	41.63
C.V (%)		15.02	17.07	6.14

Los contenidos de fósforo en kg/ha en las plantas de maíz no manifestaron un efecto claro alrededor de las siete evaluaciones establecidas, como efecto de las dosis de nitrógeno, con las dosis altas se manifestaron los mayores contenidos en las evaluaciones a los 40, 86, 105 y 159 días, mientras que en las restantes evaluaciones los mayores promedios correspondieron a la dosis de nitrógeno baja (cuadro 26).

CUADRO 26 Efecto de los niveles de fertilización con nitrógeno sobre el contenido de fósforo en plantas de maíz, en siete evaluaciones

NITROGENO	EVALUACIONES			
	15 días	40 días	60 días	86 días
N1 60 kg/ha	0.07	1.42	15.13	16.89
N2.120 kg/ha	0.07	1.51	14.75	18.95

NITROGENO	EVALUACIONES		
	105 días	133 días	159 días
N1 60 kg/ha	21.48	20.92	39.11 b
N2.120 kg/ha	25.04	18.77	44.14 a

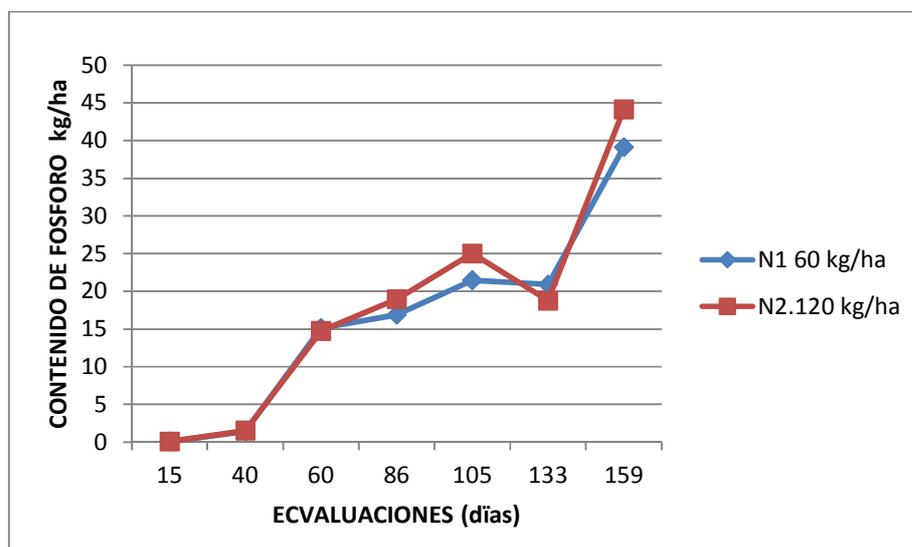


GRAFICO 13 Efecto de los niveles de nitrógeno sobre el contenido de fósforo en plantas de maíz, en siete evaluaciones

Los contenidos de fósforo en kg/ha en las plantas de maíz fueron mayores cuando el fósforo se aplicó con el mayor nivel a partir de la segunda evaluación realizada a los 40 días (cuadro 27).

CUADRO 27 Efecto de los niveles de fertilización con fósforo sobre el contenido de fósforo en plantas de maíz, en siete evaluaciones

FOSFORO	EVALUACIONES			
	15 días	40 días	60 días	86 días
P1 50 kg/ha	0.07	1.16 b	14.39	16.89
P2.100 kg/ha	0.07	1.78 a	15.49	18.95

FOSFORO	EVALUACIONES		
	105 días	133 días	159 días
P1 50 kg/ha	20.63 b	19.48	39.22 b
P2.100 kg/ha	25.88 a	20.21	44.03 a

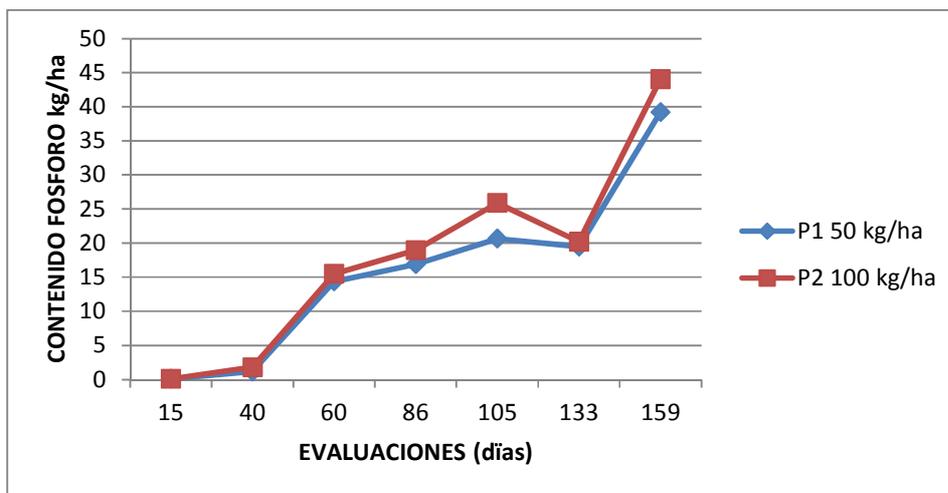


GRAFICO 14 Efecto de los niveles de fósforo sobre el contenido de fósforo en las plantas de maíz en siete evaluaciones

Al analizar todos los tratamientos sobre los contenidos de fósforo en kg/ha no se apreció una tendencia definida a lo largo de las siete evaluaciones realizadas (cuadro 28). Sin embargo, se puede manifestar que los contenidos van aumentando según el ciclo de crecimiento del cultivo y el cultivo puede extraer un promedio de 41.6 kg/ha, donde el tratamiento N2P2 tiene el contenido más alto de 46.85 kg/ha, esto indica que el maíz responde a la fertilización o fertilidad del suelo.

CUADRO 28 Efecto conjunto de los niveles de fertilización con N y P sobre el contenido de fósforo en las plantas de maíz, en siete evaluaciones.

TRATAMIENTOS (N X P)	EVALUACIONES			
	15 días	40 días	60 días	86 días
N1 P1	0.08	0.97 b	15.85 a	16.73
N1 P2.	0.07	1.88 a	14.41 ab	20.45
N2 P1	0.07	1.34 ab	12.97 b	17.05
N2 P2	0.07	1.68 a	12.94 b	17.45

TRATAMIENTOS (N X P)	EVALUACIONES		
	105 días	133 días	159 días
N1 P1	17.84	19.99	37.00 b
N1 P2.	25.11	21.85	41.22 b
N2 P1	23.42	18.97	41.44 b
N2 P2	26.66	18.57	46.85 a

Se puede notar también que los contenidos de P en la planta hasta los 86 dds fueron mayores con dosis bajas de N aplicadas al suelo, habiendo una excepción a los 40 dds, donde la planta responde a dosis altas de N y P aplicados al suelo. Apartir de 105 dds se observa respuestas alternas a las aplicaciones de N y P, notándose en forma directa que las aplicaciones de altas de P al suelo favorecen mayor absorción e incrementan su contenido en la planta, lo que indica que el P es un elemento fundamental que influye en el crecimiento de la planta.

Por lo que se entiende que el maíz responde a la fertilización y ésta no debe ser descuidada durante el ciclo de cultivo y cuyas necesidades deben ser dadas al suelo en forma oportuna al suelo durante el ciclo del cultivo, y si estas aplicaciones no son dadas al suelo por lo menos deben ser dadas mediante aplicaciones foliares.

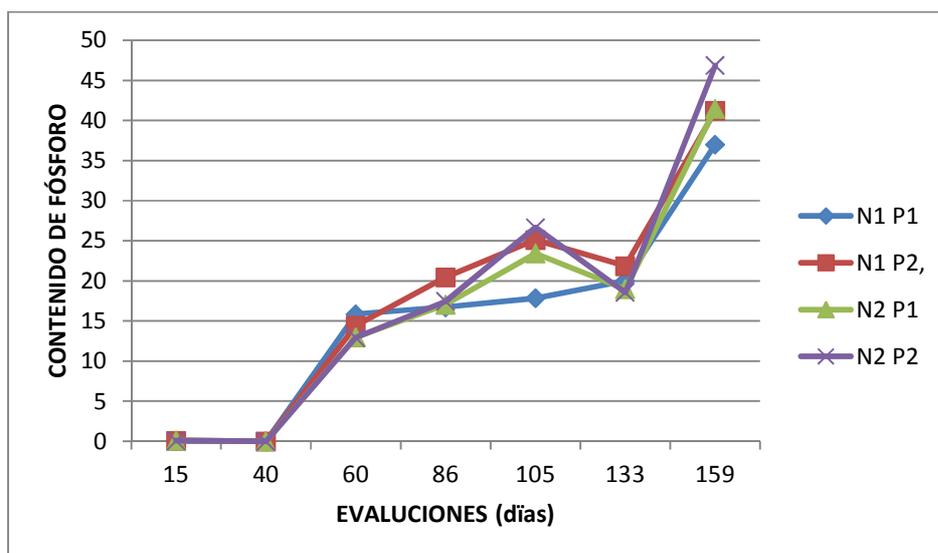


GRAFICO 15 Efecto conjunto de los niveles de nitrógeno y fósforo sobre el contenido de fósforo en las plantas de maíz, en siete evaluaciones

En el gráfico se puede observar la tendencia de absorción de P durante el ciclo del cultivo, donde en sus etapas iniciales es baja pero incrementa rápidamente a partir de los 40 dds.

CUADRO 29 Cuadros medios de los resultados correspondientes a: No.mazorcas/parcela; No. mazorcas/planta; peso grano (g/mazorca) y rendimiento Kg/ha.

FUENTES DE VARIACION	GL	EVALUACIONES		
		No. mazorcas/parcela	peso grano (g/mazorca)	Rendimiento Kg/ha
		CM	CM	CM
TOTAL	11			
REPETICIONES	2	43.58 ns	110.33ns	461864.64ns
TRATAMIENTOS	(3)			
NITROGENO (N)	1	114.08 ns	3570.75 *	19845809.20**
FOSFORO (P)	1	52.08 ns	2914.08 *	12650381.40**
N x P	1	6.75 ns	630.75ns	1381018.90ns
ERROR	6	16.81	308.11	706277.48
X		33.92	116.08	6861.54
C.V (%)		12.09	15.12	15.11

Al establecer el análisis de variancia (*Cuadro 29*) se puede observar que en el número de mazorcas/parcela no existe diferencias estadísticas tanto para tratamientos, repeticiones así como para sus respectivas interacciones. Con relación a la variable peso del grano se aprecia diferencias significativas para los tratamientos, lo que indica que el N y P influyeron independientemente en la producción de grano, no así en las repeticiones que no presentaron diferencias estadísticas.

Respecto al rendimiento (Kg/ha) los resultados demuestran ser altamente significativos por efecto del N y P, por lo que, el cultivo requiere de suplementos adecuados de N y P para optimizar la producción. La no significación en los resultados por efecto de las repeticiones indica que los tratamientos distribuidos en bloques fueron homogéneos, donde la variabilidad heterogénea no es significativa.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

- La germinación del cultivo fue independiente de la fertilización inicial al suelo en todos los tratamientos, obteniéndose un promedio de 94.4%, el cual es aceptable para la variedad, lo que demuestra que el porcentaje de emergencia del cultivo depende principalmente del estado de humedad del suelo al momento de la siembra, calidad de semilla y experiencia.
- Las mayores alturas de planta obtenidas en la presente investigación fueron provenientes de los tratamientos con altas dosis de nitrógeno (120 kg/ha) y fósforo (100 kg/ha), indicando que para el mayor crecimiento del cultivo es necesario una buena fertilidad del suelo la cual es compensada con altas dosis de N y P aplicados.
- La presencia de estos nutrientes en el suelo favorecen los procesos de asimilación de estos elementos los cuales dentro de la planta son responsables del incremento vegetativo demostrado en las variables del crecimiento y rendimiento del cultivo durante las diferentes etapas fenológicas, que en caso del P por ejemplo tiende a desarrollar mejor su sistema radicular, el mismo que favorece la absorción de agua y nutrientes, mientras que el N mejora el sistema foliar de la planta, dando a ésta más área foliar, la misma que aumenta su actividad fotosintética.
- La producción vegetativa en relación a la variable de peso fresco fue afectada por la interacción N x P, lo que indica que los dos factores actuaron dependientemente, y en la última evaluación (159 ddg) además, se encontró diferencias estadísticas al 5% en los niveles de nitrógeno y fósforo, por lo que el maíz es muy dependiente de las aplicaciones de N y P.
- Los promedios generales del peso húmedo por planta se incrementaron de 3.83g/planta hasta lograr 1103.9 g/planta a los 159 ddg, con coeficientes de variación de 6.12 a 19.41%, lo que indica validez de los resultados con una

producción de masa verde de 54.09 toneladas/ha, que corresponde a una densidad de 49000 pl/ha, esta cantidad es muy representativa para el aprovechamiento como forraje.

- En general al analizar el efecto conjunto de los niveles de nitrógeno y fósforo se pudo apreciar claramente que en cada una de las evaluaciones de producción vegetal los incrementos por efecto del fósforo fueron mayores bajo un nivel alto de nitrógeno (120 kg N/ha).
- Con relación a la producción de masa seca se indica que el efecto del fósforo fue muy importante en el incremento de la materia seca/planta de maíz y es así que en cada una de las evaluaciones con el nivel más alto de fósforo (100 kg P/ha) se obtuvo el mayor contenido.
- En cuanto al contenido de N no se encontró diferencias estadísticas para repeticiones, a excepción de la evaluación a los 60 ddg, en donde se diferenciaron a nivel del 5%, mientras que los tratamientos, únicamente se diferenciaron a nivel del 5% en las evaluaciones a los 40, 60 y 159 ddg; los niveles de nitrógeno se diferenciaron al 5% únicamente en la evaluación a los 159 ddg.
- La mayor extracción de N por parte de la planta correspondió cuando se aplicó 120 kg N/ha y ésta varió de 0,46 a los 15 ddg y fue incrementando hasta 277,45 kg/ha a los 159 ddg, lo que indica que la planta necesita de una buena disponibilidad de este elemento en el suelo.
- La absorción del N es baja hasta los 60ddg (14,75 kg/ha) y luego incrementa rápidamente hasta los 105 ddg (157,39 kg/ha), pero luego disminuye hasta los 133 ddg (117,99 kg/ha), lo que indica que la planta en esta etapa detiene su crecimiento vegetativo para dar paso a otra fase denominada de *reproducción* en la cual la planta absorbe más cantidad de N (277,45 kg/ha), lo que se podría definir como la cantidad máxima de absorción y que debe considerarse para el próximo cultivo a aplicarse.

- En cuanto al contenido de P se encontró diferencias estadísticas en repeticiones a excepción de la evaluación a los 60 ddg donde se diferenció a nivel del 5%, los tratamientos en cambio presentaron diferencias estadísticas a nivel del 5% en las evaluaciones a los 40, 60 y 159 días. Los niveles de fósforo se diferenciaron a nivel del 5% en las evaluaciones a los 40, 105 y 159 ddg, finalmente la interacción manifestó significación estadística únicamente a los 60 días.
- La mayor extracción de P por la planta se manifiesta cuando se aplicó 100 kg P/ha, lo que indica que el cultivo de maíz bajo las condiciones de un pH menor de 6, tiene problemas de asimilación, por lo que requiere de altas dosis de P al suelo para absorber 44,03 kg/ha que ocurrió a los 159 ddg, dando una eficiencia de absorción de P de 44% $(44,03/100) * 100$. Cuando se aplicó 50 kg P/ha su eficiencia fue de 78,44%, esto indica que el cultivo a bajas dosis de aplicación al suelo, la planta aprovecha mayor cantidad de P del suelo.
- Lo anterior indica que si bien el P aplicado en máxima dosis (100 kg P/ha) fue significativamente mejor en crecimiento vegetativo que cuando se aplicó 50 kg P/ha, en términos de eficiencia se deduce que a menores dosis de P (50 kg P/ha) existe un mejor aprovechamiento por la planta.
- La absorción del P es baja hasta los 40 ddg y luego sube rápidamente hasta los 105 ddg, presentando casi igual comportamiento con lo ocurrido con el N, por lo que en términos fisiológicos, tanto el N como el P son esenciales para la planta favoreciendo la división celular y actividad metabólica del N y P, respectivamente.
- El maíz requiere de una buena fertilización durante todo el ciclo del cultivo, por lo que es fundamental no descuidar la aplicación de la misma, sea al suelo o vía foliar, para de esta manera garantizar óptimos rendimientos.

CAPITULO 6

RECOMENDACIONES

- Estudiar comportamientos similares en otros tipos de suelos ya que el suelo utilizado en este experimento correspondió a un suelo de origen volcánico, franco arcillo- limoso, dado que en términos de eficiencia de absorción del P, fue mejor cuando se aplicó dosis bajas de 50 kg P/ha.
- Aplicar 120 kg N/ha, 50 kg P/ha como requerimiento de estos dos nutrientes, ya que cuando se aplicó 100 kg de P su eficiencia fue baja.
- El cultivo de maíz necesita de una alta fertilidad del suelo que debe ser compensada con materia orgánica y fertilizantes al suelo, especialmente a la siembra y 60 ddg.
- El maíz independientemente de la aplicación de fertilizantes al suelo necesita de aplicaciones de fertilizantes foliares completos en dosis de 3-4 gramos/L de agua, para asegurar mejores rendimientos; de preferencia aplicados en las etapas finales del crecimiento y desarrollo vegetativo.

CAPÍTULO 7

PROPUESTA DE SOLUCION AL PROBLEMA

Plan de manejo del cultivo de maíz Var. Chillos, en un suelo Franco-arcillo limoso, sector de Sangolquí.

1. INTRODUCCION

La producción de maíz en nuestro país presenta múltiples problemas derivados de la siembra en zonas agroecológicas, con marcadas diferencias en cuanto a las características físicas y químicas de los suelos, regímenes pluviométricos y altitud, entre otros factores climáticos, los cuales influyen en los rendimientos. El cultivo de maíz se presenta como una alternativa viable y rentable para los cultivadores y las personas que practican diferentes actividades relacionadas con el sector agrícola, ya que se puede utilizar para la alimentación humana, sector agroindustrial y forraje con alta producción alrededor de 50 toneladas de materia verde/ha.

Las necesidades de agua del cultivo también varían a lo largo de todo el ciclo vegetativo, pero es necesario mantener una humedad constante en la zona radical, especialmente en los momentos críticos que son floración y llenado de grano. La necesidad hídrica durante el ciclo es de aproximadamente 700 a 850 milímetros de agua bien distribuidos. *Basantes & Ruiz (1984)*. Es recomendable en las zonas que se siembran con riego, aplicar uno o dos riegos antes y durante la fase de floración, porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de granos en la mazorca. El maíz dulce se da mejor en tierras fértiles que tengan buen drenaje y que les de la luz directa del sol con un pH de 6.0 a 6.5, agregando azufre cuando este pH es mayor a 7.0.

Para hacer más eficiente la utilización del N es necesario fraccionar la dosis total de este nutriente, ya que la planta necesita de una pequeña cantidad de N durante el crecimiento inicial, pero demanda cantidades mayores durante el periodo comprendido entre V6 y V12. Aplicaciones posteriores de N no son económicas, por lo que es importante

entonces conocer el número de fracciones a utilizarse y la época de aplicación. Las deficiencias de P inducen a la formación de tonalidades moradas o púrpuras en hojas y tallos, comenzando por las hojas basales dado que este nutriente es considerado como un elemento móvil dentro de la planta.

2. JUSTIFICACION

Es necesario difundir los resultados que se obtuvieron en esta investigación, los mismos que se ajustan a la teórica y práctica del uso de nutrientes como el N y P en el suelo, los cuales favorecen los procesos de asimilación, y favorecen el incremento vegetativo tanto en crecimiento, rendimiento y desarrollo de las diferentes etapas fenológicas del cultivo de maíz. De la investigación realizada se transfiere la siguiente información útil para los agricultores, técnicos y profesionales del agro.

El fósforo tiende a incrementar el desarrollo del sistema radicular, lo cual beneficia la absorción del agua y nutrientes, e incremento de la producción de la planta, conjuntamente con el N que tiene efecto directo en el incremento vegetativo del área foliar, que conduce a una mayor actividad fotosintética y producción metabólica.

El cultivo de maíz en la etapa final de desarrollo vegetativo disminuye su tasa de crecimiento para dar paso a otra fase denominada de *reproducción*, que se inicia con la floración y maduración. Esta etapa marca el punto de mayor absorción y asimilación de nutrientes, caso del N y P, por lo que debe considerarse como la mayor cantidad que extrae el cultivo del suelo y por lo tanto si se exporta del suelo, esta cantidad acumulada en la planta debe ser repuesta al suelo como fertilizante o materia orgánica para mantener el balance nutricional del suelo y mantener adecuada fertilidad para el próximo cultivo.

El cultivo de maíz bajo las condiciones de un pH menor de 6, tiene problemas de asimilación, por lo que requiere de altas dosis de P al suelo, y poder absorber cantidades adecuadas que favorezcan un mayor crecimiento y desarrollo del cultivo. En este estudio se detectó que si bien el P aplicado en máximas dosis (100 kg P/ha) tuvo mayor rendimiento vegetativo, sin embargo, en términos de eficiencia fue menor que cuando se aplicó 50 Kg P/ha, por lo que se deduce que a menores dosis de P existe un mejor aprovechamiento por

la planta. En términos fisiológicos, tanto el N como el P son esenciales para la planta favoreciendo la división celular y actividad metabólica del N y P, respectivamente, por lo que se requiere de una buena fertilización durante todo el ciclo del cultivo, y de ahí la importancia de no descuidar la aplicación de la misma, sea al suelo o vía foliar, para de esta manera garantizar óptimos rendimientos.

En el país, la mayor producción nacional corresponde a maíz de grano amarillo y blanco suave, que es utilizado en un 80% para el consumo humano como harina y grano, y para el consumo fresco como choclo. El maíz amarillo de grano duro (morochillo) solo representa entre el 10 y 15% de la producción y se destina a la industria de alimentos balanceados para animales. Un volumen importante del maíz amarillo que se importa especialmente desde Estados Unidos es utilizado por la industria de alimentos balanceados, donde la coloración amarillo intenso en las carnes y huevos de las aves proviene del mayor contenido de xantofilas y β -carotenos que tiene el maíz amarillo, asociado con un mayor contenido de vitamina A. La variedad los Chillos es una alternativa para la producción de maíz para consumo humano y para producción de forraje para la alimentación de animales.

El maíz se poliniza con el viento, pero para facilitar la polinización, se siembra en hileras distanciadas entre 80 cm y entre plantas 50 cm., 2 plantas por sitio (50000 pl/ha). Agitar la planta es una ayuda para que el polen que está en los pistilos del ápice de ella, caigan sobre la seda y aumente la polinización. El maíz requiere de un alto nivel de nitrógeno, además de niveles moderados de potasio y fósforo, por lo cual la aplicación de un fertilizante adecuado se debe hacer basada en un análisis del suelo.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

- Contribuir en el marco de la Vinculación de la Colectividad, con los agricultores de la zona de Sangolquí, mediante la aplicación de un Plan de manejo del cultivo de maíz, Var. Chillos para optimizar el uso de nitrógeno N y fósforo P en un suelo Franco-arcillo limoso.

3.2. Objetivos específicos

- Diseñar un plan de manejo del cultivo de maíz que indique las actividades a realizar en el manejo del cultivo.
- Presentar las características de evaluación vegetativa que relacione las fases fenológicas con el rendimiento vegetativo del maíz en función del tiempo para identificar el crecimiento del cultivo y adoptar las prácticas de manejo del cultivo y lograr los mejores rendimientos.

4. OPERATIVIZACION DE LA PROPUESTA

La presente propuesta incluye una importante referencia para manejar el cultivo de maíz, realizando las labores de campo oportunas y aplicando la fertilización adecuada que cubra las necesidades del cultivo sin afectar al suelo para incrementar la producción y obtener los mayores rendimientos. Asimismo, pretende ser una fuente de consulta para manejo del cultivo en suelos franco arcillo limosos y ampliar a otro tipo de suelo con propiedades físicas similares. A continuación se muestran una secuencia de información a seguir para implementar el cultivo de maíz.

4.1 Desarrollo del cultivo maíz en función de la propuesta fenológica

El desarrollo del cultivo maíz en función de la propuesta fenológica define las siguientes etapas del cultivo.

4.1.1 Etapas del cultivo

El maíz tiene muy definidas las etapas de crecimiento, dividido en etapas de crecimiento vegetativo y reproductivo. El cultivo de maíz Var. Chillos dura 180 días, y presenta dos etapas básicas, fácilmente observables y medibles que son:

Etapa vegetativa que va desde la germinación hasta que aparece la hoja bandera y termina el crecimiento del tallo, destacándose el embuchamiento (emergencia de la panícula) de la flor masculina (espiga).

Etapa reproductiva, que comprende las fases de floración desde que aparece la flor masculina (espiga) hasta la aparición de las barbas (estigmas) que es la floración femenina. Esta fase termina con la maduración del polen, que al unirse con las barbas produce la polinización (cambio de color de las barbas o estigmas) y termina con la maduración del grano para su aprovechamiento por el productor.

4.2 Plan de manejo del cultivo de maíz Var. Chillos

4.2.1 Suelos y clima

El maíz se adapta muy bien a suelos con pH entre 6 a 7. También requieren suelos profundos, ricos en materia orgánica y bien drenados para no producir encharques que originen asfixia radicular.

El cultivo requiere una temperatura de: 10-20 °C y máximas de 30-32 °C y días soleados con poca nubosidad. Para que se produzca la germinación en la semilla, temperaturas menores 8°C anulan la germinación, sin embargo, para la fructificación se requieren temperaturas mayores a 20°C. Altitud 2750 m; suelo franco-arcillo limoso, buen drenaje, no compactos y ricos en M.O.

4.2.2 Preparación

La preparación del terreno es el paso previo a la siembra. Las labores con arado y, rastra, deben buscar dejar el suelo suelto y esponjoso sobre todo la capa superficial donde se va a producir la siembra.

4.2.3 Época de siembra

Depende del período de lluvias y en la zona se puede sembrar en octubre a noviembre, pudiéndose extender hasta enero. Si se dispone de riego la época de siembra se amplía hasta mayo.

4.2.4 Semilla

Se recomienda la siembra de semilla certificada, para asegurar una buena cosecha.

Cantidad: 40 a 50 kg/ha

4.2.5 Sistemas de siembra

Surcar a 80 cm en sentido contrario a la pendiente, 2 a 3 granos cada 50 cm. Ralea cuando las plantas tengan de 12 a 20 cm, dejando dos por sitio. Formas empleadas:

- A piquete (con la ayuda de un palo puntiagudo), se hace hoyos y se deposita 2-3 semillas y se tapa.
- A tapa pie: después de abierto el surco, se deposita semilla y se tapa.
- Al voleo en lugares de montaña (70 a 80 kg semilla/ha), luego se pasa rastra.

Con máquina sembradora en grandes extensiones. En el sistema de siembra directa se aplica herbicida de contacto (*Paraquat*), luego de dar un pase de rotativa. Si existen malezas perennes, gramíneas y ciperáceas, se recomienda un herbicida sistémico como glifosato; luego se siembra y se fertiliza directamente sobre los residuos vegetales.

4.2.6 Fertilización

Es importante realizar una fertilización que se ajuste a las necesidades de la planta de una forma controlada e inteligente, por lo que es necesario realizar un análisis del suelo para ver si es necesario aplicar correctivos al suelo mediante el uso de encalados y/o aplicación de materia orgánica. El maíz para su desarrollo necesita de elementos minerales y los efectos fisiológicos en la planta se manifiestan cuando algún nutriente mineral está en defecto o exceso.

Se recomienda un abonado al suelo de *120 N-50 P-80 K más 20 kg Mg / Ha*. Debe fraccionarse: 1/3 N; 2/3 P y 1/3 K a la siembra y completar la dosis a los 40-45dds. Aplicar micronutrientes al suelo (3 kg/ha). Es aconsejable *aplicaciones foliares* con fertilizantes completos en dosis de 3-4 gr/litro de agua, para asegurar mejores rendimientos; de preferencia aplicados en las etapas de desarrollo vegetativo, inicio floración y llenado de grano.

4.2.7 Deshierba y aporques

Estas labores deben realizarse entre los 35 a 45 dds, y deben ser acompañadas con la aplicación del fertilizante complementario. Se considera: Medio aporque cuando la altura de la planta tenga 30-40 cm y Aporque 70 a 80 cm altura.

4.2.8 Riego

El maíz es un cultivo exigente en agua en el orden de unos 2-3 mm al día. Los riegos pueden realizarse por aspersión y gravedad, siendo mejor por aspersión. Las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y en la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere y se recomienda dar un riego unos 10 a 15 días antes de la floración.

Durante la fase de floración es el periodo más crítico porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de producción obtenida por lo que se aconsejan riegos que mantengan la humedad y permita una eficaz polinización y cuajado.

4.2.9 Control de malezas

La manera más fácil para combatir las malezas es sembrar semilla certificada de maíz, limpiar las maquinarias e implementos antes de iniciar la siembra y realizar una adecuada preparación del suelo. Sin embargo, en cultivos mecanizados puede utilizarse herbicidas, solos o en mezcla.

Con herbicidas pre-emergentes: Atrazina (**Gesaprim 80**): 1.5 a 2 kg/ha, después de la siembra; es un herbicida de contacto y selectivo, es recomendable en zonas de poca lluvia. Manual: Eliminar toda mala hierba con azadón o con cultivadora antes del 2º abonamiento. El 2,4 D: ácido 2,4-dichlorofenoxiacético (2,4-D) es un herbicida sistémico *hormonal auxínico* muy común, usado en el control de malezas de hoja ancha, se presenta en forma de sal de amonio (*amina*) o de éster. Sus sales son absorbidas rápidamente por las raíces, en tanto que los ésteres son absorbidos rápidamente por las hojas; el ingrediente activo es transportado luego a través de toda la planta, actuando como un inhibidor del crecimiento, al imitar a la hormona auxina de la planta. La dosis recomendable es 1.5 lt/ha

antes de que el maíz tenga 10 -15 cm de altura. La LD₅₀ estudio en ratas de toxicidad aguda de acuerdo al organismo de control estadounidense: US EPA 2,4-D, 2006, es de 639 mg/kg. La dosis oral única de 5 y de 30 mg/kg de peso corporal no causaría ningún efecto agudo tóxico en voluntarios humanos. Las formulaciones de sal amina pueden causar daño irreversible en ojos, en cambio las formulaciones de éster son consideradas no irritantes oculares.

Si las malezas sobrepasan los 15 cm altura, se puede aplicar **Gramoxone**, es un herbicida post-emergente de contacto, no selectivo, especialmente indicado para el control de un amplio espectro de malezas gramíneas y de hoja. Actúa rápidamente sobre las malezas, resistiendo lluvias que puedan caer entre 30 minutos y 1 hora después de la aplicación. Controla malezas en condiciones de falta de humedad, baja temperatura y baja luminosidad, cuando los herbicidas sistémicos (por ej. glifosato) no tienen buena actividad o su acción se hace muy lenta. Se inactiva totalmente al entrar en contacto con el suelo y no se lixivia ni bioacumula. Como este herbicida no es selectivo se aplica antes de la emergencia del maíz o en bandas entre las hileras.

4.2.10 Despigamiento

El maíz produce polen en exceso para formar mazorcas. Esta sobreproducción agota los nutrientes, por lo que es aconsejable eliminar algunas espigas para ahorrar nutrientes, y aumentar la maduración de granos. Esta práctica sin embargo disminuye el rendimiento en un 10-20%, mientras más temprano el despunte, menor será el rendimiento.

4.2.11 Cosecha

La cosecha es con varios propósitos. **Choclos**: mazorcas de maíz dulce, granos en estado de leche, se consideran una hortaliza. **Granos secos**: Se obtienen por desgrane de las mazorcas maduras y secas. **Forraje**: se cortan las plantas enteras, con el fin de picarlos como forraje. **Despunte**: Cuando existe escasez de forraje, se despunta el maíz, el corte se hace en el tallo, arriba de la inserción de la mazorca, cuando esta no ha madurado completamente.

La cosecha en grano seco debe realizarse cuando la humedad del grano se encuentre entre 18 y 20%. Para verificar si el grano ha alcanzado la madurez fisiológica, se debe observar una mancha o punto negro que aparece en el sitio de unión del grano con la mazorca, o que la línea de leche (línea de secado) en la parte posterior del grano esté cerca de la base.

4.3 Evaluación fenológica y del rendimiento vegetativo del maíz

<i>Fase fenológica</i>	<i>Tiempo de observación y subfase</i>	<i>Comienzo de la fase</i>	<i>Escala de evaluación en el campo</i>
Germinación	A partir de los 7 dds	Aparición del coleóptilo en la superficie del suelo.	Conteo de plantas en 10 metros lineales en 3 a 4 puntos. Inicio: < 10 %, Plenitud: 50 ≤ 75% final > 80%
Emergencia y desarrollo de hojas	A partir del séptimo día en condiciones normales de humedad	Aparición de dos hojas expandidas.	
Elongación del tallo	Visitas semanales	Alargamiento de la distancia entre nudos y aparición del tercer par de hojas expandidas.	
	<i>(Aparición raíces adventicias)</i>	Aparición de las raíces de sostén y el par 12 de hojas expandidas	
Floración	Visitas intermedias e interdiarias	Aparición de la hoja bandera, cese del crecimiento del tallo, presencia de 15 hojas expandida, embuchamiento de la panícula, y engrosamiento de la mazorca en el quinto y sexto nudo.	
	<i>(Emergencia de la panícula)</i>	Aparición de la Panícula.	
Madurez	<i>(Polinización)</i>	Cambio de color de los estigmas (barbas).	
	<i>Llenado de granos</i>	Oscurecimiento total y secado de los estigmas-Barbas.	
	<i>Madurez del Grano</i>	Cambio de color de la cobertura en la mazorca.	
	<i>Secado de granos</i>	Secado de la planta y en algunos casos lagrimeo de la mazorca. El grano alcanza la dureza y su grado de humedad óptimo para la cosecha.	

Adaptado de Ciencia y producción vegetal / INIA.2007. Venezuela.

5. COSTOS DIRECTOS FIJOS /HA

Preparación de suelo y siembra \$ 100

- Arado, dos rastras y siembra mecánica.

Pesticidas \$ 65

- 2 aplicaciones de fungidas e insecticidas para el control insectos y enfermedades por hongos.

Fertilizantes \$ 280

- Fertilizantes completos a base de NPK
- Fertilizantes que contenga Ca y Mg
- Micronutrientes 3 kg al suelo.

Mano de obra \$ 180

- 3 trabajadores por aplicación (3 aplicaciones)
- Labores de medio aporque y aporque.

Semilla \$ 100

- Semilla certificada

SUB TOTAL REFERENCIAL \$ 725

CAPITULO 8

BIBLIOGRAFIA

- Ácidos grasos esenciales. En: <http://www.lasgrasas.com/acidos-grasos-esenciales/>
- Andrade, F, Cirilo, A, Uhart S, Otegui M.1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Editorial Médica Panamericana, pp: 292. En internet: <http://www.fertilizando.com/articulos/Manejo%20del%20Fosforo%20en%20Maiz.asp>
- Andrade, F.H, Echeverría, H.E, González, N.S, Uhart SA y Darwich N.A. 1995. Requerimientos de nitrógeno y fósforo de los cultivos de maíz, girasol y soja. Boletín Técnico 134. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce (INTA). Balcarce, Buenos Aires, Argentina.
- Aykrod, W.R. &Doughty, Joyce. 1970. *El trigo en la alimentación humana*. FAO, Roma, ISBN 92-5-300437
- Banco Central del Ecuador. Sector agrícola, programa de encuestas de coyuntura. Diciembre de 2011. En Internet: <http://www.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Coyuntura/Integradas/etc201103.pdf>
- Basantes E. y Ruíz W. 1984. Dinámica del agua por moderación de neutrones en un suelo cultivo con maíz (*Zea maíz*). Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador.
- Basantes, E. 2011. *Curso de cultivos*. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí-Ecuador. 97p.
- Basantes, E. Trivelín, P.; Sui Mui TSai. 1993. Cuantificación de la fijación biológica de nitrógeno por el método isotópico y evaluación del efecto de la micorriza en leguminosas. Revista Nucleociencias, Órgano de difusión científica de la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica, Quito, año 4 (4): 37-53p.
- Basantes, M. E. 2010. *Producción y Fisiología de Cultivos con énfasis en la fertilidad del suelo*. Imprenta Unión. Primera edición. Quito-Ecuador. 433p.

- Ciência & Saúde Coletiva - New model of accumulation and agro2007. En: www.scielo.org/scielo.php?pid=S1413-81232007000100013...
- Ferraris, Gustavo N; Lucrecia Couretot, Mirta Toribio y Ricardo Falconi. 2007. *Efecto de diferentes estrategias de fertilización sobre el rendimiento de maíz y el balance de nutrientes en el noroeste de la Provincia de Buenos Aires*. INTA Pergamino, Investigación y Desarrollo, El Ceibo Cereales S.A. Argentina.
- Fertilización foliar en maíz. <http://www.andoycia.com.ar/archivo/ffmaiz/>
- Fontanetto, H.B. 1993. Efecto del método de aplicación del fertilizante fosfórico en maíz a dos niveles de disponibilidad hídrica. Tesis *Magister Scientiae*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. En internet: <http://www.fertilizando.com/articulos/Manejo%20del%20Fosforo%20en%20Maiz.asp>
- Fontanetto, Hugo, Oscar Keller, Carlos Negro y Leandro Belotti. 2004. *Maíz: Efecto de la fertilización con fósforo y azufre en la zona central de Santa Fé*. INPOFOS Informaciones Agronómicas No. 31.
- Fósforo y Azufre en el Cultivo de Maíz : Artículos Rendimiento de maíz con aplicaciones de nitrógeno y fósforo y de nitrógeno, fósforo y azufre en siete ensayos exploratorios del Centro-sur de Santa Fe y ... En Internet: <http://www.fertilizando.com/articulos/Fosforo%20Azufre%20Cultivo%20Maiz.asp>
- García F., K. Fabrizzi, M. Ruffo y P. Scarabicchi. 1997. *Fertilización nitrogenada y fosfatada de maíz en el sudeste de Buenos Aires*. Actas VI Congreso Nacional de Maíz. AIANBA. Pergamino, Buenos Aires, Argentina.
- **Importancia del maíz en la alimentación humana, animal y la industria**. 5 Nov 2009. En Internet: <http://tierrademaiz.com/articulos/agroecologia/368--importancia-del-maiz-en-la-alimentacion-humana-y-animal>.
- INPOFOS/PPI/PPIC. Dr. Fernando O. García, Cono Sur Av. Santa Fe 910 - (B1641ABO) Acassuso – Argentina. En Internet <http://www.elsitioagricola.com/>
- International Plan Nutrition Instituto. En Internet: [http://www.ipni.net/ppiweb/mexnca.nsf/\\$webindex/18E0019F4947CFE406256C150063C95A?opendocument&navigator=home+page](http://www.ipni.net/ppiweb/mexnca.nsf/$webindex/18E0019F4947CFE406256C150063C95A?opendocument&navigator=home+page)

- Manejo del Fósforo en Maíz.
<http://www.fertilizando.com/articulos/Manejo%20del%20Fosforo%20en%20Maiz.asp>
- Monasterio, P.; García, P.; Alejos, G.; Pérez, A.; Tablante, J.; Maturét, W.; Rodríguez, L. 2008. Influencia de la precipitación sobre el rendimiento del maíz: caso híbridos blancos. Revista. Agronomía Tropical Volumen 58 (1): 69 -72.
http://agrometeorologia.inia.gob.ve/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=146&Itemid=31
- Otegui, M.E. 1992. *Influencia de la sequía alrededor de antesis en el cultivo de maíz. Consumo de agua, producción de materia seca y determinación del rendimiento.* Tesis M.S. Univ. Nac. de Mar del Plata, Buenos Aires. 93 pp.
- Reta Sánchez. D.G.; Cueto. J.A.; Gaytán. A. Santamaría. J. 2007. *Rendimiento y Extracción de Nitrógeno, Fósforo, y Potasio de maíz forrajero en surcos estrechos.* Agricultura Técnica en México, mayo-agosto, año/vol.33, número 002. INIFAP, Texcoco, México pp.145-151.
- Ritchie, S., H. John, y B. Garren. 2002. Como se desarrolla una planta de maíz. Spanish edition ed. Iowa State University. www.ipni.net/.../Efecto%20del%20fraccionamiento.pdf
- Salvagiotti. F, Castellarín. J, Vernizzi, A. y Rosso, O. Maíz Zona Núcleo: Efecto de la fertilización balanceada con nitrógeno y azufre. EEA Oliveros INTA. En Internet: <http://www.elsitioagricola.com/>
- Universidad Técnica Estatal de Quevedo. En internet: http://www.uteq.edu.ec/u_investigacion/uict/guias/Triptico_economico1.pdf
- Van Ittersum, M.K. and R. Rabbinge. 1997. Field Crops Res. 52:197-20
www.ipni.net/.../18E0019F4947CFE406256C150063C95A?