

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

***EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE
NITRÓGENO Y FÓSFORO EN ARROZ
(ORIZA SATIVA L) EN DOS SITIOS DE
LA FINCA SANTA RITA***

**POR:
VARGAS S. MAXIMILIANO**

**DAVID, CHIRIQUÍ, REPÚBLICA DE PANAMÁ
2008**

EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO EN ARROZ
(ORIZA SATIVA L) EN DOS SITIOS DE LA FINCA SANTA RITA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

SOMETIDO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO FITOTECNISTA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL,
DEBE SER OBTENIDA EN LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

APROBADO

_____ DIRECTOR
_____ ASESOR
_____ ASESOR

DAVID, CHIRIQUI, REPÚBLICA DE PANAMÁ

AGRADECIMIENTO

Quiero dar gracias a nuestro señor Jesucristo por haber abierto el camino del conocimiento y sabiduría permitiendo la culminación de una de nuestras metas más añoradas, fuiste para mi fuente de iluminación para seguir hacia adelante.

Quiero agradecer a mi madre por su apoyo moral y económico en mis años de vida y muy especial en los años de mi carrera universitaria, sin su apoyo, consejos y esfuerzo no hubiera podido culminar satisfactoriamente este reto.

Al Ingeniero Tirso Solis director de este trabajo por su valiosa ayuda; al Dr. José Binns y al Ingeniero Samuel Lezcano, asesores de este trabajo, mis más sinceros agradecimientos, por su amistad y ayuda desinteresada, ya que sus asesorías y consejos fueron de gran ayuda para culminar este trabajo. Al ingeniero Luciano García, Gerente de CEGRACO, S.A. y al equipo CALESA por su ayuda y contribución, para la elaboración final de este trabajo.

A todas las personas que de una u otra manera colaboraron en la realización de este trabajo, mis más sincero agradecimiento.

A todos, gracias.

Maximiliano

DEDICATORIA

Con mucho amor quiero dedicar este trabajo a mi madre, Zenaida Saldaña, por darme el don de la vida, porque con gran abnegación y respeto supo enseñarme el camino de la rectitud, estimulándome para seguir adelante.

A mi hermana, Graciela que siempre ha estado a mi lado y que hoy y en todo momento ocupa un lugar muy importante en mi vida, quien en todo instante me apoyó, tanto moral como espiritualmente, para que llegara a una feliz culminación.

Con mucho amor y cariño.

Maximiliano

VARGAS S. MAXIMILIANO. 2008. *EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO EN ARROZ (ORIZA SATIVA L). EN DOS SITIOS DE LA FINCA SANTA RITA*

PALABRAS CLAVES: Fertilización, Rendimiento, Variedad de Arroz, Niveles de Fósforo, Niveles de Nitrógeno

RESUMEN

El experimento se llevó a cabo en la Finca Santa Rita, distrito de Santa María, provincia de Herrera, con el objetivo de evaluar la respuesta del cultivo de arroz a las aplicaciones N - P y determinar las dosis apropiadas de nitrógeno y fósforo para obtener los mejores rendimientos económicos por hectárea con la variedad Panamá 1084.

La etapa experimental tuvo una duración de cuatro meses, abarcando el periodo de junio a octubre de 1989. El arreglo utilizado fue de bloques al azar con tres repeticiones, utilizando el diseño del cuadrado doble y los tratamientos ensayados fueron cinco dosis de nitrógeno: 0, 50, 100, 150 y 200 kilogramos de N por hectárea y cinco dosis de fósforo 0, 20, 40, 60 y 80 kilogramos de P_2O_5 por hectárea.

De los resultados obtenidos se infiere que la variedad Pmá. 1048 respondió significativamente a la aplicación de nitrógeno; sin embargo, no

parece alcanzar una notable respuesta más allá de la aplicación de 150Kg de N/ha. Esta variedad tuvo poca o ausencia de respuesta a la aplicación de fósforo por lo que el suministro en suelos con altos contenidos de fósforo (parcela 812) debe reducirse a la dosis mínima (20Kg P_2O_5 /ha) para compensar las pérdidas de este nutriente a través del grano que se cosecha o las que ocurran por otras causas tales como fijación en el suelo; o bien prescindir de la aplicación de fósforo por algunos años para reducir el elevado contenido de fósforo en el suelo y evitar que interfiera con la absorción de zinc del suelo; mientras que en los suelos con un contenido de fósforo mediano bajo (parcela 804) la aplicación debe ser al menos 40Kg de P_2O_5 /ha por las razones que se indican arriba y también para mejorar la fertilidad del suelo con relación al fósforo.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
RESUMEN	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
INDICE DE CUADROS	ix
INDICE DE GRÁFICAS	xi
INTRODUCCIÓN	1
1. REVISIÓN DE LITERATURA	3
1.a. Respuesta del Arroz a la aplicación de Nutrientes.....	3
1.a.1. Nitrógeno	3
1.a.2. Fósforo	15
2. MATERIALES Y MÉTODOS	19
2.a. Ubicación y Localización	19
2.b. Antecedentes de cultivos en el terreno utilizado	20
2.c. Característica Física y Química del Suelo	20
2.d. Diseño Experimental y Tratamientos	21
2.e. Descripción de la variedad usada en el experimento	23

2.f. Preparación del Terreno	24
2.g. Siembra	25
2.h. Fertilización	25
2.i. Riego	26
2.j. Cosecha	26
3. RESULTADOS Y DISCUSION	28
3.a. Condiciones Edafo- Climáticas	28
3.b. Incidencia de Malezas, Plagas y Enfermedades	28
3.c. Rendimientos de grano	29
CONCLUSIONES	47
RECOMENDACIONES	48
BIBLIOGRAFÍA	50

INDICE DE CUADROS

		Página
CUADRO N°. I	Datos de Temperatura y Precipitación	19
CUADRO N°. II	Característica Física y Química del suelo del Campo 804...	20
CUADRO N°. III	Característica Física y Química del suelo del Campo 812...	21
CUADRO N°. IV	Niveles de Nitrógeno y Fósforo empleados y las combinaciones de los tratamientos ensayados	22
CUADRO N°. V	Diagrama representativo de los puntos de exploración para la selección de los tratamientos utilizando el diseño de cuadrado doble seleccionados en el diseño del cuadrado doble	22
CUADRO N°.VI	Dosis y Fraccionamiento de Nitrógeno y Fósforo empleados en el ensayo	23
CUADRO N°. VII	Rendimiento en kg/Ha de arroz Panamá 1048 en el campo 804 con diferentes niveles de nitrógeno y fósforo.....	34
CUADRO N°. VIII	Rendimiento en kg/Ha de arroz Panamá 1048 en el campo 812 con diferentes niveles de nitrógeno y fósforo	35
CUADRO N°. IX	Análisis de Varianza de los datos de rendimiento de arroz (Var. Pmá. 1048) en el campo 804 de la finca Santa Rita	36

CUADRO N° X	Análisis de Varianza de los datos de rendimiento de arroz (Var. Pmá. 1048) en el campo 812 de la finca Santa Rita	37
CUADRO N° XI	Análisis de Varianza de los datos estimados obtenidos con el modelo de superficie de respuesta de 2° orden en dos variables (Campo 804)	38
CUADRO N°. XII	Análisis de Varianza de los datos estimados obtenidos con el modelo de superficie de respuesta de 2° orden en dos variables (Campo 812)	39
CUADRO N°. XIII	Coefficiente de regresión parcial del modelo de superficie de respuesta (Campo 804).....	40
CUADRO N°. XIV	Coefficiente de regresión parcial del modelo de superficie de respuesta (Campo 812).....	40
CUADRO N°. XV	Rendimientos estimados (en Kg/há) según el modelo de superficie de respuesta, para las diferentes combinaciones N-P en el campo 804.....	41
CUADRO N°. XVI	Rendimientos estimados (en Kg/há) según el modelo de superficie de respuesta, para las diferentes combinaciones N-P en el campo 812.....	42

INDICE DE GRÁFICAS

	Página
GRÁFICA N°. 1 Efecto del nitrógeno en el rendimiento estimado de la variedad Panamá 1048 en el campo 804.....	43
GRÁFICA N°. 2 Efecto del fósforo en el rendimiento estimado de la variedad Panamá 1084 en el campo 804	44
GRÁFICA N°. 3 Efecto del nitrógeno en el rendimiento estimado de la variedad Panamá 1048 en el campo 812.....	45
GRÁFICA N°. 4 Efecto del fósforo en el rendimiento estimado de la variedad Panamá 1048 en el campo 812.	46

INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L), constituye para Panamá, uno de los cultivos de fundamental importancia, ya que tanto este cereal como el maíz, etc.; forma parte de la dieta de los panameños y de muchos otros países en el mundo.

Siendo el arroz un cereal de importancia en el país, su producción ha tomado gran auge debido a que el arroz es una rica fuente de nutrimentos, motivo por el cual ha despertado un gran interés entre los agricultores panameños por la siembra de este cultivo debido a su amplia adaptación y por constituir un fuerte renglón de ingresos para los agricultores que se dedican a su producción.

En Panamá se ha observado un incremento en la producción y consumo de dicho cereal, debido a que han habilitado nuevas áreas, aptas para el cultivo, además se ha incorporado nuevas técnicas y prácticas culturales. De acuerdo con las más recientes publicaciones Panamá se encuentra entre los países donde el arroz aporta más del 15% del total de las calorías del consumidor, según un informe de la Organización Mundial de la Salud. En este informe se reporta que el consumo per cápita del grano en la década de los ochenta en Panamá alcanzó una cifra cercana a los 60 kilogramos en promedio; aunque en

otras zonas agrícolas productoras mostraron un consumo más elevado (IICA, 1994).

La creciente demanda de dicho cereal, hace necesario emplear técnicas de producción dentro de los cuales están: el uso de variedades mejoradas resistentes a plagas y enfermedades, variedades de ciclo corto adaptadas a las condiciones agroclimáticas locales, utilización de pesticidas efectivos para el control de insectos dañinos, enfermedades, malezas y otras plagas, incremento de aportaciones de fertilizantes, etc.

Siendo la fertilización uno de los aspectos que más incidencia tiene en la producción de este cereal el autor se propuso en este caso investigar la respuesta del cultivo bajo riego a la aplicación de nitrógeno y fósforo en terreno de la finca Santa Rita.

1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.a. RESPUESTA DEL ARROZ A LA APLICACIÓN DE NUTRIENTES.

1.a.1. Nitrógeno:

El arroz (*Oryza sativa* L.), es un cultivo de primera importancia y después del trigo, es el cereal más cultivado en el mundo entero. (Angladette, 1969).

Según Poelhman (1956) experimentos llevados a cabo en todo el mundo han indicado la importancia que para el arroz tiene el empleo de dosis adecuadas de nitrógeno como factor determinante de grandes rendimientos.

Evatt (1964) y Matsushino (1964) concluyeron que de los tres elementos comúnmente aplicados, o sea, Nitrógeno, Fósforo y Potasio; el nitrógeno es el más importante en Estados Unidos y Japón.

Los beneficios que la fertilización nitrogenada puede producir, depende de muchos factores como son: tipo de suelo, clima, práctica

usada, época de aplicación, fuente de nitrógeno, manejo del agua (Muñoz 1974).

Según Doyle (1966) otros factores que afectan las respuestas del arroz a los fertilizantes y por consiguiente a sus rendimientos son:

- a. El grado de control de las enfermedades, los insectos y las malas hiervas.
- b. El rendimiento potencial de la variedad y sus reacciones al abonado.
- c. Los métodos de cultivo, incluye el riego
- d. Dosis.
- e. El clima.

Jacob y Uexkull, (1966); indican que aunque no existe uniformidad de criterios en cuanto a cuales son las dosis adecuadas, muchos investigadores coinciden en que dosis insuficientes de nitrógeno nos llevan a la obtención de bajos rendimientos debido a que las plantas permanecen pequeñas y cloróticas, lo que no permite realizar la síntesis proteica y clorofílica.

Espinosa (1970) afirma que las variedades de arroz de diferentes características morfológicas, y ciclos vegetativos diferentes, por lo general responden de manera diferente a aplicaciones de fertilizantes y en especial a los abonos nitrogenados.

De Datta (1975) dice que los efectos visibles de nitrógeno sobre el arroz son:

1. Da un color verde oscuro a las hojas de las plantas.
2. Crecimiento acelerado, aumento de la altura y macollamiento.
3. Incremento en el contenido proteico.
4. Aumento de la calidad de los cultivos.
5. Aumenta el tamaño de las hojas y los granos.
6. Proporciona nitrógeno a los microorganismos.

Señala Acuña (1967) que la aplicación de fertilizante al arroz debe esperar hasta que el sistema radicular de las plantas esté suficientemente desarrollado y extendido.

De acuerdo con Patrick y Paterson (1968), la mejor manera de lograr máxima respuesta del arroz al nitrógeno es aplicar el abono, ya sea urea, sulfato o nitrato de amonio antes de la siembra, colocando entre 7.5 y 1.5 centímetros de profundidad.

Jacob y Uexkull (1966) indican que la adición unilateral de nitrógeno llega con el tiempo a motivar un empobrecimiento del suelo en fósforo y potasio, lo cual indica la necesidad de suministrar ambos nutrientes.

Englestad y Terman (1968), agrónomos de la Administración del Valle de Tennessee (T.V.A), en Estados Unidos, afirman que debido a su movilidad y la cantidad que consumen las plantas, el nitrógeno no suele acumularse en los suelos de las regiones húmedas. Estos autores dicen que salvo algún residuo que quede de la cosecha anterior, las aplicaciones de nitrógeno deben basarse principalmente en las necesidades de la cosecha que se esté produciendo.

Cordero (1978), después de varios ensayos realizados en Costa Rica, concluye que el nivel adecuado de nitrógeno es de gran importancia, tanto en forma unitaria como en ubicación con otros elementos primarios (fósforo y potasio).

Espinosa (1974), al igual que otros autores, opina que la dosis total recomendada de nitrógeno en el arroz debe ser dividida en dos o tres aplicaciones fraccionadas para evitar la pérdida de abono por lixiviación. La primera aplicación puede hacerse al momento de la siembra junto con el fósforo y el potasio; la segunda aplicación, después de haber aplicado el herbicida y si hay necesidad de una tercera aplicación podría hacerse antes del espigamiento según la variedad.

Frye (1969), anota que en todas las regiones arroceras del mundo se ha comprobado que una fertilización adecuada es el método más eficaz para obtener rendimientos apreciables en el cultivo de arroz, cuando simultáneamente se ejecuten en forma correcta las demás prácticas agronómicas.

Bear (1963) sostiene que las plantas absorben nitrógeno y otros elementos minerales nutritivos en cantidades mayores, que las que pueden necesitar para su crecimiento óptimo.

Angladette (1969) interpreta algunos síntomas como lo es: planta de reducida talla, tallos poco numerosos, hojas viejas de color naranja, medianas y superiores amarillentas, pequeñas, como carencia de nitrógeno.

Según Chaney y López (1978) las aplicaciones de nitrógeno tienen que ser hechas a tiempo para ayudar al macollamiento y formación de la espiga, ya que el número de granos, está determinado por el grado de nutrición de la planta.

Nelson (1968) opina que el nitrógeno es absorbido en mayor cantidad durante el estado activo de crecimiento de las plantas, pero que la tasa de absorción declina después de pasado el periodo de floración.

También encontró que el nitrógeno aplicado en la etapa inicial de crecimiento del arroz puede ser acumulado en algunos órganos vegetativos para más tarde ser utilizado en el crecimiento si el suministro de Nitrógeno no es mantenido. Por otro lado Olsen (1958) anota que la deficiencia de nitrógeno, potasio, magnesio y hierro afectan el macollamiento en el arroz, y que la deficiencia de todos estos elementos reducen el desarrollo de raíces y partes aéreas.

Topolanski (1975), indica que la cantidad de nutrimentos vegetales del suelo que son consumidos por las plantas de arroz depende de factores, tales como: la variedad de arroz, clima, el método de cultivo, el riego, la cantidad de malezas y los fertilizantes aplicados.

El mismo autor señala que el excesivo uso de fertilizante nitrogenado crea efectos nocivos; éstos pueden y generalmente lo hacen, perjudican la calidad del cultivo e intensifican los problemas de contaminación del agua del suelo y de las corrientes de agua.

Thompson (1962) dice que se debe tener presente que la urea tiene el problema de la volatilización a diferencia del sulfato de amonio y el Nitrato de amonio, los cuales producen pérdidas menos notables, éste

aspecto adquiere importancia cuando se realiza aplicaciones superficiales de nitrógeno donde las pérdidas de urea en relación a otras fuentes pueden ser significativos.

Según Murillo y González (1982) en el uso del nitrógeno, se debe brindar especial cuidado a la incidencia de *Pyricularia oryzae*, teniéndose que programar la fertilización nitrogenada estrechamente de acuerdo con la presencia del hongo. Si ha ocurrido un fuerte ataque de la enfermedad, es conveniente reducir las cantidades de nitrógeno o en casos muy severos eliminar la aplicación totalmente.

Topolanski (1975) señala que los fertilizantes aplicados sobre la superficie antes de la inundación permanente provocan un mayor macollaje, en consecuencia, mayor número de panojas. Al igual la presencia de Nitratos da como resultado mayores panojas, mayor número de granos por panoja, y mayor peso de la semilla. Por otro lado las plantas absorben una cantidad considerablemente mayor de nitrógeno, procedente del sulfato de amonio y de la urea que del nitrato. Bajo estas condiciones la distribución profunda del fertilizante acentúa, en casi todos los casos, la absorción.

Angladette (1969) explica que la fertilización tiene en el cultivo de arroz varios objetivos como:

1. Restablecer entre los diversos elementos fertilizantes del suelo utilizados por el arroz el equilibrio preciso para su utilización.
2. Aumentar la fertilidad integral del suelo. Mayores cosechas de arroz son el producto del acrecentamiento de la fertilidad del suelo, acompañado de la utilización de variedades que asimilen bien el abono.
3. Compensar en el suelo el consumo de elementos utilizados por la cosecha de arroz.
4. Modificar eventualmente la composición química y el valor nutritivo del grano.

Robert (1984) dice que frecuentemente un cultivo de arroz no absorbe más del 25% al 50% del nitrógeno que se aplica al suelo, porque gran parte del fertilizante se pierde o no es aprovechado. Al igual comenta que hay cinco maneras principales en que el nitrógeno puede perderse después de su aplicación:

- a. Fijación del amonio.
- b. Por inmovilización de la materia orgánica en el suelo (sin embargo una parte se recupera posteriormente).

- c. Por volatilización directa del amoniacó desde el agua de inundación.
- d. Por lixiviación
- e. Por denitrificación.

Angladette (1969) y Rivera Corrales (1975) concuerdan en que el incremento de los rendimientos unitarios del cultivo de arroz es el resultado de la integración de varios factores de mayor grado o menor grado que afectan la producción.

Algunos argumentan que unos de los principales factores arriba mencionados es la introducción de variedades enanas con respuestas a la fertilización nitrogenada. En este sentido, se indica que, posiblemente, no hay otra práctica cultural que afecte tanto el rendimiento de las variedades de corta estatura como la fertilización nitrogenada (Matsushima, 1964).

Vargas(1966) es de la opinión de que el nitrógeno tiene mayor aprovechamiento en el periodo en que la planta se prepara para la floración y que comprende la formación de la yema floral y la posterior emergencia de la panoja.

En Honduras, Riveras Corrales (1975) probando niveles de fertilizantes nitrogenados de 0 hasta 150 kilogramos de nitrógeno por hectárea, en suelos franco arcillosos con 3 % de materia orgánica concluyó que las aplicaciones de nitrógeno aumentan los rendimientos en forma directa, obteniéndose los más altos rendimientos al aplicar 150 kilogramos de nitrógeno por hectárea.

Robert (1984) aclara que se ha demostrado que cuando el suelo inundado se seca, aumenta el agotamiento de nitrógeno por la denitrificación. El mismo autor reconoce que al aplicar fertilizante nitrogenado superficialmente al cultivo de arroz con un sistema radical sano y activo, la eficiencia es alta porque el nitrógeno es absorbido antes de que pueda transformarse o perderse.

Papadakis (1979) dice que ahora con los arrocillos enanos, y los retardos de crecimiento, se pueden usar altas dosis de nitrógeno y conseguir rendimientos muy altos.

Black (1975) indica que el nitrógeno es un componente de la clorofila que le da a las plantas su color verde. Como la clorofila es esencial para que haya fotosíntesis, se puede decir que el nitrógeno juega un papel esencial en la fotosíntesis. El mismo autor explica que la

aparición de síntomas de deficiencia es una manifestación externa de la competencia interna de demanda de nitrógeno entre las distintas partes de las plantas, y la diferencia de la tenacidad de los síntomas que puede aparecer en distintas hojas de una misma planta es un índice de la relativa habilidad competitiva de las hojas.

Matsushimo (1964) considera que las plantas de arroz deben tener tanto nitrógeno como necesitan en la etapa temprana y mediana de formación de renuevos, para hacer que aumenten al máximo el número de panojas, incluso durante la etapa de maduración.

Grist (1982) en estudios realizados, indica que las variedades japónicas eran superiores en lo que se refiere a la respuesta al nitrógeno y al alto rendimiento del grano.

Frye (1969) informa que en todas las regiones del mundo, se ha encontrado que una fertilización adecuada es el método más eficaz para obtener rendimiento aceptable en el cultivo del arroz cuando simultáneamente se ejecutan en forma correcta las demás prácticas agronómicas.

El mismo autor explica que la mejor época para aplicar nitrógeno es: antes de la siembra, al macollamiento, 15 días antes del embuchamiento, 15 a 20 días antes de la floración y al iniciar la floración. De estas épocas se deben seleccionar tres y aplicar en cada una de ellas un tercio de la dosis total.

Black (1975) comenta que la creencia corriente de que la susceptibilidad de la planta al vuelco aumenta con el suministro del nitrógeno puede atribuirse a que el nitrógeno aumenta el peso, la altura y el área foliar, sin aumentar a la vez la resistencia de las partes basales.

Espinosa (1970) en un ensayo realizado en Guatemala obtuvo respuestas al aplicar dosis de 75, 112,5 y 150 kilogramos por hectáreas de nitrógeno. Aunque la diferencia en respuestas no es apreciable entre niveles, el análisis económico sugiere una mayor utilidad con un nivel de 112,5 kilogramos por hectáreas. El mismo autor reportó que la variedad Dawn y Apura alcanzaron el máximo rendimiento con dosis de 75 kilogramos por hectáreas de nitrógeno y que las variedades I R-8 y Nilos 3 rindieron mejor con dosis de 150 kg/ha de nitrógeno acompañados con dosis de 100 kilogramos por hectáreas de fósforo y 60 kilogramo por hectáreas de potasio.

1.a.2. Fósforo:

Según Rufus (1963), el cultivo del arroz se ha generalizado en casi todas las áreas de la República de Panamá. Sin embargo, la producción por unidad de superficie cultivada ha sido bastante baja, lo cual puede deberse, entre otros factores, a la falta de fertilizantes o al uso inadecuado de ellos.

Angladette (1969) dice que la carencia de fósforo origina una reducción en la altura de las plantas y el ahijamiento se reduce. Al principio las hojas son de color verde azulado y las partes inferiores del tallo de un color violáceo y a medida que la carencia aumenta, las hojas viejas se secan a partir del ápice y adquieren un color violáceo. Las hojas medianas adquieren un color verde azulado y las hojas superiores se ponen verde oscuro tirando a azul.

El mismo autor señala que las aplicaciones crecientes de fósforo dan muy raramente respuestas significativas en el arroz, aunque en algunos casos mejoran débilmente los rendimientos.

Grist (1982) sostiene que los fosfatos tienden a aumentar el rendimiento de granos, pero no de paja. El mismo autor reporta que un

estudio realizado en Grecia en un suelo limoso deficiente en fósforo, pero rico en nitrógeno y potasio, la adición de fosfato no solo aumentó el rendimiento, sino que hizo que el cultivo madurara más temprano.

De acuerdo con Murillo y González (1982) la fertilización fosforada es conveniente efectuarla al momento de la siembra, en bandas para reducir las posibilidades, de fijación de fósforo y permitir mayor cantidad del elemento en formas solubles a las plantas. En los suelos evidentemente carentes de fósforo no es recomendable efectuar aplicaciones al voleo, porque ello facilita rápidamente que el fósforo sea fijado en el suelo.

Por otro lado Gris (1982) encontró que la absorción de nitrógeno depende de la concentración de fósforo y concluyó que el fósforo no sólo es útil en las etapas tempranas del crecimiento, sino que puede utilizarse en los periodos posteriores de desarrollo. También indica que los fosfatos y la potasa aumentan el crecimiento de las raíces en relación con la parte aérea, mientras que el nitrógeno estimula el desarrollo de ésta última.

Meyes (1976) afirma que una gran porción del fósforo de las plantas desarrolladas se localizan en las semillas y las frutas, donde se acumula durante el periodo de crecimiento. El mismo autor indica que las

funciones del fósforo y del nitrógeno parecen estar interrelacionadas de diversas maneras en el metabolismo vegetal.

Bertan (1966) comenta que al comienzo de la vegetación, el fósforo favorece el desarrollo radicular de las raíces y contribuye a dar vigor a las plantas jóvenes. Además, explica que el ácido fosfórico es un regulador del desarrollo de plantas, favorece los fenómenos relacionados con la fecundación, la formación y la maduración de las frutas, de los granos y de los órganos de reservas. Es también un factor de precocidad permitiendo adelantar algunos días de madurez. Es por excelencia, un elemento que mejora la calidad de las cosechas.

Cordero y Miner (1974) en estudios realizados en Costa Rica en 19 localidades no encontraron respuesta al fósforo e indicaron que el nivel crítico para el arroz en seco es de 3 ppm de P.

Aguilera (1983) explica que además del nitrógeno, el arroz requiere una cantidad considerable de fósforo para crecer vigorosamente y tener un alto rendimiento en grano. También es necesario por los siguiente:

1. Estimula el desarrollo de la planta.
2. Fomenta la floración y la maduración temprana neutralizando o reduciendo la influencia desfavorable de las siembras tardías.

3. Fomenta una formación más activa de renuevos, que permiten que las plantas de arroz se recuperan más rápidamente y de manera más completa, después de cualquier situación adversa.
4. Le da al arroz un mayor valor alimenticio, debido al contenido más alto de P en los granos.

Okada (1932) señala que una aplicación de fósforo aumenta la absorción de nitrógeno en el arroz y apresura la maduración.

Jacob y Uexkull (1966) reportan una mayor resistencia al encamado por partes de las plantas de arroz, mediante el empleo de fósforo y potasio al igual que un aumento en la resistencia al ataque de hongos y otras enfermedades.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.a. UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN.

El presente trabajo se llevó a cabo en dos sitios de la finca Santa Rita en el distrito de Santa María, provincia de Herrera, ubicada geográficamente en 08° 06' de longitud norte y 80° 41' de longitud occidental. La zona de estudio se encuentra a una altura de 12 mts. sobre el nivel del mar aproximadamente, con una precipitación anual de 1532,3 mm, una temperatura máxima de 32.8° y mínima de 21.6° C.

El cuadro I muestra las condiciones de temperatura y precipitación durante los meses en que se realizó el experimento.

CUADRO N° I

Datos de temperatura y precipitación registradas en Santa María en el año de 1989 durante los meses de mayo a diciembre.

MES	PRECIPITACIÓN (MM)	TEMPERATURA °C
Mayo	115.7	26°C
Junio	301.6	27°C
Julio	176.7	27°C
Agosto	165.2	26°C
Septiembre	281.1	27°C
Octubre	70.3	28°C
Noviembre	285.2	26°C
Diciembre	136.5	27°C

Fuente: Estación de Meteorología de Divisa. Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (I.R.H.E.).

2.b. ANTECEDENTES DE CULTIVOS EN EL TERRENO UTILIZADO.

Durante los 10 años anteriores al experimento, el terreno ha sido continuamente utilizado en la producción mecanizada de arroz comercial.

2.c. CARACTERÍSTICA FÍSICA Y QUÍMICA DEL SUELO.

Los suelos en los cuales se efectuaron los correspondientes estudios (campo 804 y 812 de la finca) son de una textura arcillosa.

En el cuadro II y III se muestran los resultados del análisis físico-químico de las muestras del suelo de los campos 804 y 812 donde se desarrollaron los experimentos, respectivamente.

CUADRO II

Características Físicas y Químicas del suelo del Campo 804.

PH	A – L – Arc	P K	Ca Mg Al	M. O.	Mn Fe Zn Cu
6.2	20 –18 62	---ppm---	Meq/100	1.52	112 -192- 4- 4
Poco Ácido	Textura Arcilla	M M	M M B	B	A A B M

A= Alto

B= Bajo

M= Medio

CUADRO III

Características Físicas y Químicas del suelo del Campo 812.

PH	A – L – Arc	P K	Ca Mg Al	M. O.	Mn Fe Zn Cu
6.0	32 – 18 – 50	---ppm---	Meq/100	1.34	---Ppm---
Poco Ácido	Textura Arcillosa	90 – 89 A M	4.13 – 3.21 - 0 M A B	B	98 -172- 4- 3 A A B M

2.d. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS.

El diseño experimental utilizado fue el de Cuadrado Doble con cuatro repeticiones, que comprendían cinco niveles de Nitrógeno y Fósforo.

En el cuadro IV se detallan los niveles de Nitrógeno y fósforo empleados y las combinaciones de los tratamientos ensayados, mientras que en el cuadro V se indica mediante un diagrama el espacio de exploración para la selección de los tratamientos ensayados y en el cuadro VI se encuentran las dosis de nitrógeno y fósforo empleados en el ensayo.

CUADRO IV

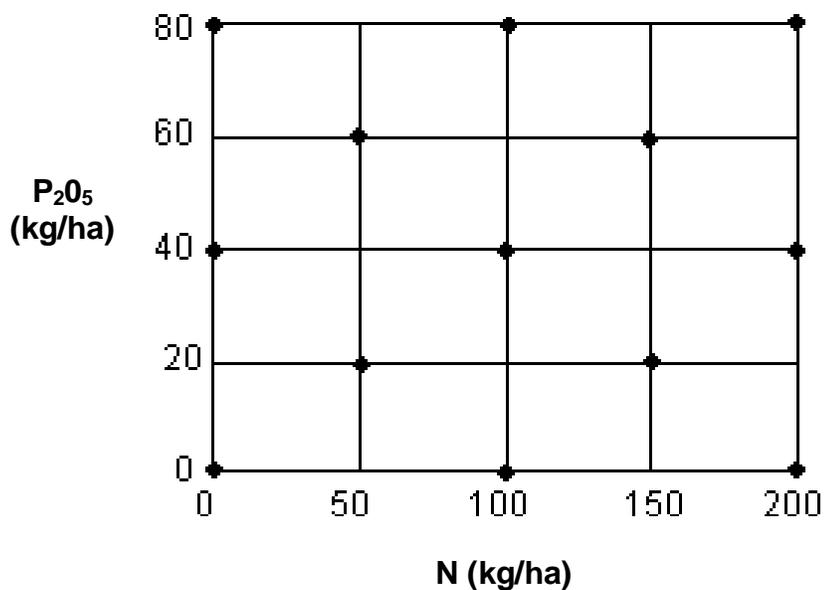
Niveles de Nitrógeno y fósforo empleados y las combinaciones de los tratamientos ensayados

N0 = 0 kg N/há	Po = 0 kg de P ₂₀₅ /há	K ₀ = 0kg de K ₂₀ /há
N1= 50 kg N/há	P1 = 20 kg de P ₂₀₅ /há	
N2 = 100 kg N/há	P2 = 40 kg de P ₂₀₅ /há	
N3 = 150 kg N/há	P3 = 60 kg de P ₂₀₅ /há	
N4 = 200 kg N/há	P4 = 80 kg de P ₂₀₅ /há	

- | | |
|-------------|--------------|
| 1. NoPoKo | 8. N2 P4 Ko |
| 2. NoP2ko | 9. N3 P1 Ko |
| 3. NoP4Ko | 10. N3 P3 Ko |
| 4. NoP1Ko | 11. N4 Po Ko |
| 5. NoP3Ko | 12. N4 P2 Ko |
| 6. NoPoKo | 13. N4 P4 Ko |
| 7. N2 P2 Ko | |

CUADRO V

Diagrama representativo de los Puntos de exploración para la selección de los tratamientos utilizando el diseño de Cuadrado Doble.



CUADRO VI

Dosis y fraccionamiento de Nitrógeno y Fósforo empleados en el ensayo.

Niveles de N	0 DDS	30 DDS	60 DDS
Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha
0	0	0	0
50	16.6	16.6	16.6
100	33.3	33.3	33.3
150	50	50	50
200	66.6	66.6	66.6

Niveles de P205	0 DDS	30 DDS	60 DDS
Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha
0	0	0	0
20	20	0	0
40	40	0	0
60	60	0	0
80	80	0	0

DDS = Días después de la siembra.

NOTA: EL nitrógeno y el fósforo se aplicó al voleo.

2.e. DESCRIPCIÓN DE LA VARIEDAD USADA EN EL EXPERIMENTO.

La variedad Panamá 1048 se caracteriza por tener un desarrollo inicial rápido y vigoroso, buen macollamiento y tallos fuertes, con un hábito de crecimiento intermedio. Las hojas son pubescentes de color verde pálido, los cuales se tornan amarillos y empiezan a secarse a medida que el grano alcanza su madurez.

La altura de la planta va desde 95 a 105 centímetros, altura que varía de acuerdo a la fertilización utilizada y la localidad. Dicha variedad es moderadamente susceptible al acame (menos que Cica 8), en particular cuando se cultiva bajo condiciones de riego y con altos niveles de fertilización nitrogenada. La panícula es mediana, moderadamente compacta, de una buena emergencia y fertilidad.

El periodo desde la siembra a madurez varía entre 115 y 122 días según la localidad. El grano es largo, delgado y presenta arista corta en una baja proporción de los granos; el grano descascarado mide entre 7.0 y 7.6 milímetros y tiene cierto grado de rusticidad, con un potencial de rendimiento alto y adaptada a condiciones de secano favorecido.

2.f. PREPARACIÓN DEL TERRENO.

La preparación del suelo se efectuó con pases de rastra sucesivas para lograr un control eficiente de las malezas. Con el propósito de proporcionar una óptima cama a la semilla, el suelo se pulverizó con un pase de rastra liviana momentos antes de la siembra.

2.g. SIEMBRA.

Las siembras se realizaron el 6 de junio y 6 de julio de 1989, en los campos 804 y 812 respectivamente, la misma se efectuó al voleo utilizando una densidad de 136.36 kg/ha de semilla y con un % de germinación de 98%, el cual se hizo con el suelo seco.

Durante la siembra, cada tratamiento se estableció en parcelas de 20 mts cuadrados (5mt x 4 mt).

La construcción de las parcelas se efectuaron en forma de piscinas niveladas con separación de 0.50 m entre tratamientos y 3.00 mts entre réplicas.

El área para estos ensayos era de 2,088 m². Cada repetición ocupaba un área de 576 m². En cada réplica se construyó un canal de riego y drenaje independiente para evitar alteraciones de los resultados, debido a efecto de arrastre de nutrientes.

2.h. FERTILIZACIÓN.

La fertilización nitrogenada se realizó, utilizando como fuente Urea al 45% de N, aplicándola al voleo y fraccionada de la siguiente forma: 1/3 de la dosis, para cada nivel ensayado, al momento de la siembra. La segunda a los 30

DDS, aplicando la misma dosis anterior para los niveles del ensayo, con el propósito de estimular el ahíje y el resto a los 60 DDS, en el período próximo al inicio del desarrollo del primordio floral.

Como fuente de fósforo se utilizó el súper fosfato triple (46% P₂O₅), el cual fue aplicado al voleo en su totalidad al momento de la siembra.

En relación al potasio, no se aplicó, el diseño, no contemplaba utilizar ninguna fuente de potasio.

2.i. RIEGO.

El riego sólo se utilizó en forma complementaria. La frecuencia del mismo dependería de los eventos de lluvia sobre el área del ensayo. Para esto se tomó de parámetro el siguiente aspecto: después de dos días sin lluvia se aplicaba riego al tercer día para mojar completamente el suelo.

2.j. COSECHA.

La cosecha se hizo a mano, cortando la planta por la base con la ayuda de un machete, en los surcos centrales de cada parcela, descartándose los surcos exteriores para evitar el efecto de borde. La parcela efectiva o de cosecha fue de 4.6 mts de largo por 3.6 mts de ancho.

La cosecha de las parcelas en el campo 804 se hizo el 6 de octubre y la del campo 812 se realizó el 6 de noviembre de 1989.

Para realizar la cosecha, se tomó en cuenta la duración de la variedad para su maduración. Esta operación se hizo cuando el sol había secado el rocío que se había depositado en las noches sobre el follaje, evitándose así un error sistemático al pesar las muestras.

La trilla o desgrane se hizo a mano, ya que de esta manera se evitan rajaduras internas en el grano trillado. Una vez trillado el arroz, las muestras se colocaron en bolsas para ser llevadas al laboratorio y luego de ser limpiadas, pesadas y determinada la humedad del grano. Después se procedió al secado del arroz el cual se hizo al sol hasta que alcanzara una humedad del 13%.

Rendimiento.

Los rendimientos fueron ajustados al 13% de humedad en el grano y reportados en términos de kg por hectárea. Los rendimientos estimados fueron calculados con la ecuación de regresión:

$$Y = B_0 + B_1N + B_2P + B_3N^2 + B_4P^2 + B_5NP$$

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.a. CONDICIONES EDAFO-CLIMÁTICAS.

De acuerdo con los datos de precipitación y temperatura suministrados por el I.R.H.E. (Cuadro N°.1), se puede apreciar que la zona en la cual se llevó a cabo el presente proyecto puede ser considerada como apta para la siembra de arroz, siempre y cuando sea acompañada dicha actividad por un sistema de riego, lo cual permite cumplir y complementar las necesidades de agua del cultivo cuando la precipitación pluvial es insuficiente.

El análisis de suelo correspondiente a los lotes experimentales se detallan en los cuadros N°. II y III. Según este informe el suelo contiene baja cantidad de materia orgánica, un contenido de medio a alto de fósforo, contenido medio de potasio y calcio y un contenido de medio a alto de magnesio. Entre los micronutrientes el contenido de manganeso y hierro es alto, bajo el contenido de zinc y mediano el contenido de cobre.

3.b. INCIDENCIA DE MALEZAS, PLAGAS Y ENFERMEDADES.

Debido a los controles efectuados para controlar las malezas, plagas y enfermedades en el ensayo, no hubo efecto negativo de las mismas en los rendimientos. Esto se debió a que las aplicaciones de pesticidas se hicieron

oportunamente con las dosis recomendadas, las cuales fueron propanil + prowl a razón de 6 y 3 Lts/ha, respectivamente para controlar las malezas; Kasumin a 1.5 Lts/ha para controlar los hongos y Decis a 250 cc/ha para controlar insectos.

3.c. RENDIMIENTOS DE GRANO.

Los datos obtenidos en cuanto a los rendimientos de la variedad Panamá 1048 aparecen en el cuadro N°. VII y VIII. En estos cuadros se presentan los rendimientos en kilogramos por hectáreas de cada tratamiento utilizado en el presente proyecto.

De los trece tratamientos aplicados, sólo dos han resultado en rendimientos mayores de 4090.5 kg/ha a saber los tratamientos 100 –40 –0 y 200 – 80 – 0 de N, P₂O₅ y K₂O, los cuales fueron 4142.33 y 4176.0 kg/ha respectivamente.

Por otra parte, se obtuvo el menor rendimiento en el campo 804 con el tratamiento 0 – 0 – 0 de N – P – K el cual fue de 2069 kg/ha. Este rendimiento representa el 49.5% de la producción obtenida en relación con el tratamiento que alcanzó la mayor producción.

De los tratamientos aplicados en el campo 812, los 4 mejores rendimientos fueron obtenidos con los tratamientos 100 –40 –0, 150 – 20 – 0, 200 – 40 – 0 y 150 – 60 - 0 de N P₂O₅ - K₂O respectivamente. Los rendimientos alcanzados fueron de 3809.5, 3704.0, 3682.3 y 3678.3 kg/ha .

Efectos de los tratamientos sobre la producción de arroz.

Como se observa en el análisis de varianza cuadro (IX y X), los tratamientos correspondientes a las diferentes dosis aplicadas al cultivo de arroz en el campo 804 y 812 resultaron con diferencia altamente significativas, los diferentes tratamientos ensayados afectaron las respuestas o rendimientos obtenidos en estos ensayos.

Los resultados o rendimientos obtenidos experimentalmente se ajustaron a una función de producción para variable de respuesta a través de la ecuación cuyo modelo fue:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_1^2 + b_4X_2^2 + b_5X_1xX_2$$

en que: Y = rendimiento de arroz en kilogramos por hectárea.

X1 = dosis de nitrógeno

X2 = dosis de fósforo

B_i = coeficientes de regresión parcial

Las ecuaciones resultantes del uso de dicho modelo fueron:

Campo 804:

$$\hat{y} = 2188.20 + 13.99 N + 15.6929 P - 0.0283 N^2 - 0.0865 P^2 - 0.0437 N \times P$$

Campo 812:

$$\hat{y} = 1952.99 - 22.335205N + 4.52640P - 0.069630N^2 + 0.052841P^2 - 0.009165 N \times P.$$

El análisis de varianza aplicado a los resultados estimados con la ecuación de regresión indicada arriba se presentan en los cuadros XI y XII. Los coeficientes de regresión parcial según el modelo utilizado, aparecen en los cuadros XIII y XIV de los campos 804 y 812, respectivamente y los datos de rendimientos estimados con las ecuaciones de regresión aparecen en los cuadros XV y XVI.

El análisis estadístico de los resultados estimados con las ecuaciones de regresión indica que en el campo 804 hubo una respuesta lineal altamente significativa ($P < 0.01$) y cuadrática significativa ($P < 0.05$) a la aplicación de nitrógeno lo que sugiere que los rendimientos de arroz fueron incrementados con la aplicación de este nutriente pero que la tasa de incremento tendió a decrecer con cada incremento de la dosis de aplicación de nitrógeno. La respuesta lineal a la aplicación de fósforo fue significativa ($P < 0.05$) pero la cuadrática resultó no significativa ($P > 0.05$). La interacción $N \times P$ resultó no

significativa lo que sugiere que los efectos de los nutrientes sobre los rendimientos fueron independientes el uno del otro.

Del análisis estadístico de los rendimientos estimados del campo 812 se infiere que hubo una respuesta lineal y cuadrática altamente significativa ($P < 0.01$) a la aplicación de nitrógeno lo que señala que los incrementos en las aplicaciones de nitrógeno tendieron a aumentar la producción, pero al igual que en el campo 804, los incrementos en la producción tendieron a decrecer conforme aumentaban las dosis de aplicación de nitrógeno. No hubo respuesta lineal ni cuadrática a la aplicación de P ($P > 0.05$), como resultado de alta disponibilidad de fósforo en este campo (90 ppm de P). La interacción NxP resultó igualmente no significativa ($P > 0.05$).

La respuesta significativa a la aplicación de nitrógeno en los campos 804 y 812 pudo deberse en gran medida a la baja disponibilidad de este nutriente en estos suelos como resultado del bajo contenido de materia orgánica, según se aprecia en los Cuadros II y III.

Los rendimientos más altos obtenidos en el campo 804 fueron con los tratamientos: 200-80-0, 100-40-0, 200-0-0 y 150-20-0 de N-P₂O₅-K₂O, los cuales fueron: 4176, 4142.33, 3826.66 y 3783.33 Kg/ha respectivamente.

En el campo 812 se observaron los rendimientos más altos con los tratamientos: 100-40-0, 150-20-0, 200-40-0 y 150-60-0 de N-P₂O₅-K₂O, los cuales fueron: 3809.50, 3704.0, 3682.3 y 3678.3 Kg/ha respectivamente, como se puede apreciar en los Cuadros VII y VIII.

La respuesta de la variedad Pmá 1048 a la aplicación de Nitrógeno y Fósforo utilizando los resultados estimados con las ecuaciones antes anotada aparecen gráficamente en las figuras 1 y 2 (campo 804) y figuras 3 y 4 (campo 812).

Para evitar posibles efectos de multicolinealidad se prefirió utilizar el tipo III de la suma de cuadrados (Parcial) en vez de utilizar el tipo I (Secuencial). Esto es lógico ya que los modelos de superficie de respuestas son modelos polinomiales con dos variables por lo general de segundo orden o más de dos.

CUADRO VII

Rendimiento en kg/ha de arroz Panamá 1048 en el campo 804 con diferentes niveles de Nitrógeno y Fósforo.

Tratamiento	Niveles N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Total	Media
N0 P0 K0	0 - 0 - 0	1789	2032	1861	5682	1894.00
N0 P2 K0	0 - 40 - 0	2357	3068	2998	8423	2807.66
N0 P4 K0	0 - 80 - 0	2741	2826	3295	8862	2954.00
N1 P1 K0	50 - 20 - 0	2543	2854	2714	8111	2703.66
N1 P3 K0	50 - 60 - 0	3366	3182	3566	10714	3371.33
N2 P0 K0	100 - 0 - 0	3607	3439	3636	10682	3560.66
N2 P2 K0	100 - 40 - 0	3948	4034	4445	12427	4142.33
N2 P4 K0	100 - 80 - 0	3409	3182	3325	9916	3305.33
N3 P1 K0	150 - 20 - 0	4191	3323	3636	11350	3783.33
N3 P3 K0	150 - 60 - 0	3707	3523	3636	10866	3622.00
N4 P0 K0	200 - 0 - 0	3850	3623	4007	11480	3826.66
N4 P2 K0	200 - 40 - 0	3920	3707	3680	11307	3769.00
N4 P4 K0	200 - 80 - 0	4204	4304	4020	12528	4176.00

- Rendimiento ajustado a 13% de humedad en el grano.

CUADRO VIII

Rendimiento en kg/ha de arroz Panamá 1048 en el campo 812 con diferentes niveles de Nitrógeno y Fósforo.

Tratamiento	Niveles N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Total	Media
N0 P0 K0	0 - 0 - 0	1789	2032	1961	2273	8055	2013.70
N0 P2 K0	0 - 40 - 0	1818	2130	2386	1861	8195	2048.80
N0 P4 K0	0 - 80 - 0	1591	2302	2373	1704	7970	1992.50
N1 P1 K0	50 - 20 0	2259	2770	2770	2924	10723	2680.80
N1 P3 K0	50 - 60 - 0	2898	3380	2500	3139	11917	2979.30
N2 P0 K0	100 - 0 - 0	3552	3552	3409	3780	14293	3573.30
N2 P0 K0	100 - 40 - 0	2854	3309	4218	4857	15238	3809.50
N2 P4 K0	100 - 80 - 0	3409	3439	3395	3282	13525	3381.30
N3 P1 K0	150 - 20 - 0	3352	4148	3466	3850	14816	3704.00
N3 P3 K0	150 - 60 - 0	3225	3493	3720	4275	14713	3678.30
N4 P0 K0	200 - 0 - 0	3098	3152	3807	4418	14475	3618.80
N4 P2 K0	200 - 40 - 0	3295	3225	4602	3607	14729	3682.30
N4 P4 K0	200 - 80 - 0	2998	3720	3366	4007	14091	3522.80

- Rendimiento ajustado a 13% de humedad en el grano.

CUADRO IX

Análisis de varianza de los datos de rendimiento de arroz
(Var. Pmá. 1048) en el campo 804 de la finca Santa Rita.

Fuente de Variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F_c	P_r > F
Bloques	2	688973.69	34486.85	0.66	0.5242 N.S.
Tratamientos	12	13525703.90	1127141.99	21.69	0.0001 xx
Error	24	1247465.64	51977.74		
Total	38	14842143.23			

CV = 6.72%

NS = Indica diferencia no significativa.

xx = Indica diferencias significativas al nivel de probabilidad del 1%.

CUADRO X

Análisis de varianza de los datos de rendimiento de arroz
(Var. Pmá. 1048) en el campo 812 de la finca Santa Rita.

Fuente de Variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F_c	P_r > F
Bloques	3	2552937.38	850979.13	5.68	0.0027 xx
Tratamientos	12	23932206.81	1994350.57	13.31	0.0001 xx
Error	36	5394694.12	149852.61		
Total	51	31879838.31			

CV = 12.36%

xx = Indica diferencias significativas al nivel de probabilidad del 1%.

CUADRO XI

Análisis de Varianza de los datos estimados obtenidos con el modelo de superficie de respuesta de 2° orden en dos variables (Campo 804).

Fuente de Variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F _c	P _r > F
N	1	2859546.635	285946.635	24.47	0.0001 xx
P	1	575647.861	575647.861	4.93	0.0334 x
N ²	1	574108.366	574108.366	4.91	0.0337 x
P ²	1	137286.806	137286.806	1.17	0.2863 NS
N x P	1	389594.240	389594.240	3.33	0.0769 NS

N.S. = Indica un efecto no significativo.

x = Indica un efecto significativo al nivel de probabilidad del 5%.

xx = Indica un efecto significativo al nivel de probabilidad del 1%.

CUADRO XII

Análisis de varianza de los datos estimados obtenidos con el modelo de superficie de respuesta de 2° orden en dos variables (Campo 812).

Fuente de Variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F_c	P_r > F
N	1	9717404.280	9717404.280	51.86	0.0001 xx
P	1	63855.365	63855.365	0.34	0.5622 N.S
N ²	1	4630289.206	4630289.206	24.71	0.0001 xx
P ²	1	68265.539	68265.539	0.36	0.5491 NS
N x P	1	22849.445	22849.445	0.12	0.7285 N.S

N.S. = Indica un efecto no significativo.

xx = Indica un efecto significativo al nivel de probabilidad del 1%.

CUADRO XIII

Coeficientes de regresión parcial del modelo de superficie de respuesta (Campo 804).

Parámetro	Estimación
Intercepto	2188.200407
N	13.990485
P	15.692879
N ²	-0.028311
P ²	-0.086527
N x P	-0.043701

CUADRO XIV

Coeficientes de regresión parcial del modelo de superficie de respuesta (Campo 812).

Parámetro	Estimación
Intercepto	1952.994079
N	22.335205
P	4.526406
N ²	- 0.069630
P ²	- 0.052841
N x P	- 0.009165

CUADRO XV

Rendimientos estimados (en kg/ha), según el modelo de superficie de respuesta, para las diferentes combinaciones N-P en el campo 804

Kg/ha	Nivel de N		Niveles de Fósforo (kg P ₂ O ₅ /ha)			Media de Nitrógeno
	0	20	40	60	80	
0	2188.2	2466.0	2671.8	2805.6	2867.4	2599.8 c
50	2812.7	3050.5	3216.3	3310.1	3331.9	3144.3 b
100	3287.2	3485.0	3610.8	3664.6	3646.4	3538.8 a
150	3611.7	3769.5	3855.3	3859.1	3810.9	3781.3 a
200	3786.2	3904.0	3949.8	3923.6	3825.4	3877.8 a

Media de Fósforo:

3137.2	3335.0	3460.8	3514.6	3496.4
b	a	a	a	a

- Las medias con las mismas letras no son significativamente diferentes.

CUADRO XVI

Rendimientos estimados (en kg/ha), según el modelo de superficie de respuesta, para las diferentes combinaciones N-P en el campo 812

Kg/ha	Nivel de N		Niveles de Fósforo (kg P ₂ O ₅ /ha)			Media de Nitrógeno
	0	20	40	60	80	
0	1952.99	2023.59	2054.19	2044.79	1995.39	2014.19 c
50	2894.49	2955.09	2975.69	2956.29	2896.89	2935.69 b
100	3485.99	3536.59	3547.19	3517.79	3448.39	3507.19 a
150	3727.49	3768.69	3768.69	3729.29	3649.89	3728.69 a
200	3618.99	3649.59	3640.19	3590.79	3501.39	3600.19 a

Media de Fósforo:

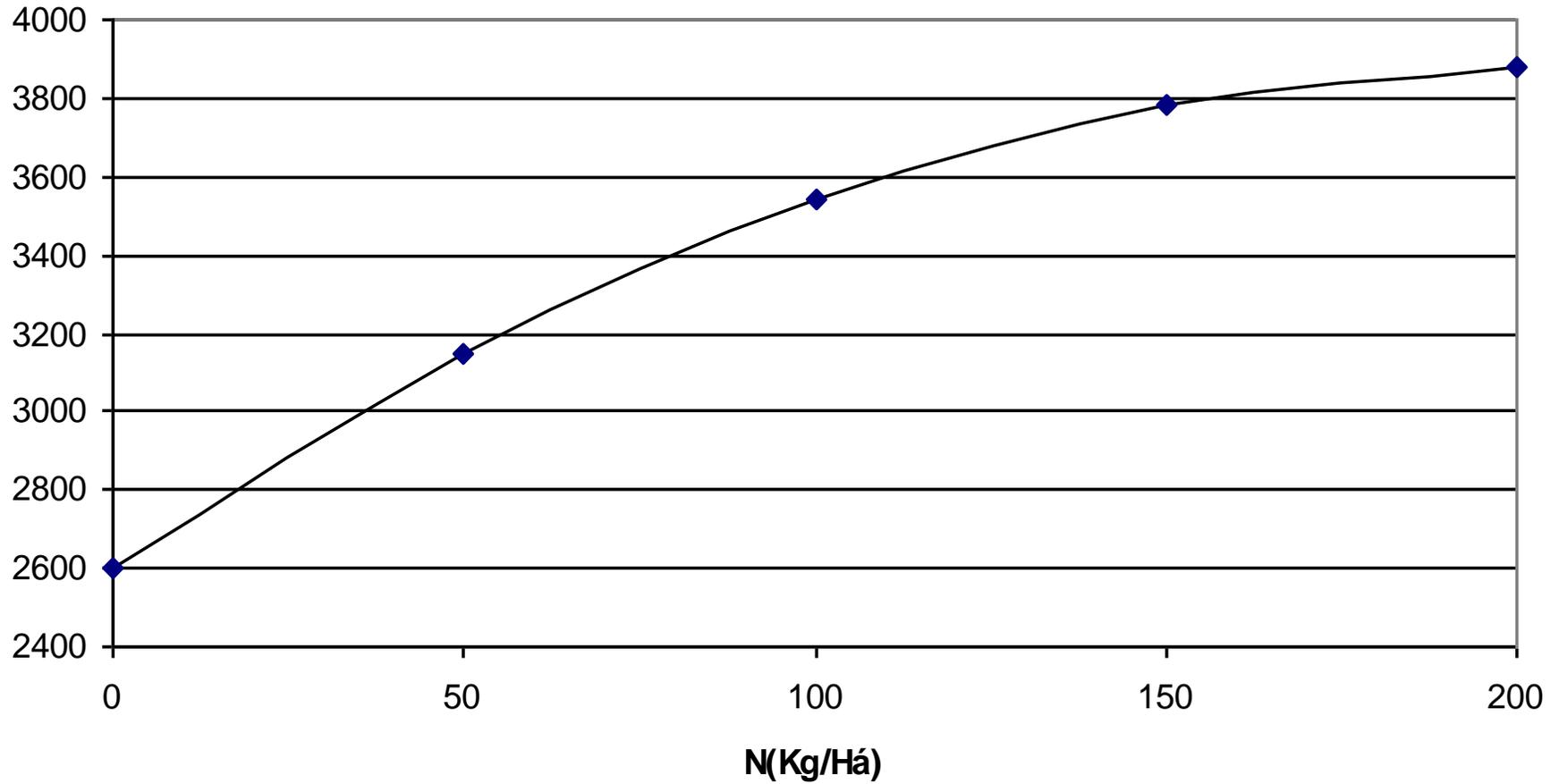
3135.99	3186.71	3197.19	3167.79	3098.39
a	a	a	a	a

- Las medias con las mismas letras no son significativamente diferentes.

GRAFICAN° 1

Efecto del Nitrógeno en el Rendimiento Estimado de la Variedad Panamá 1048 en el Campo 804

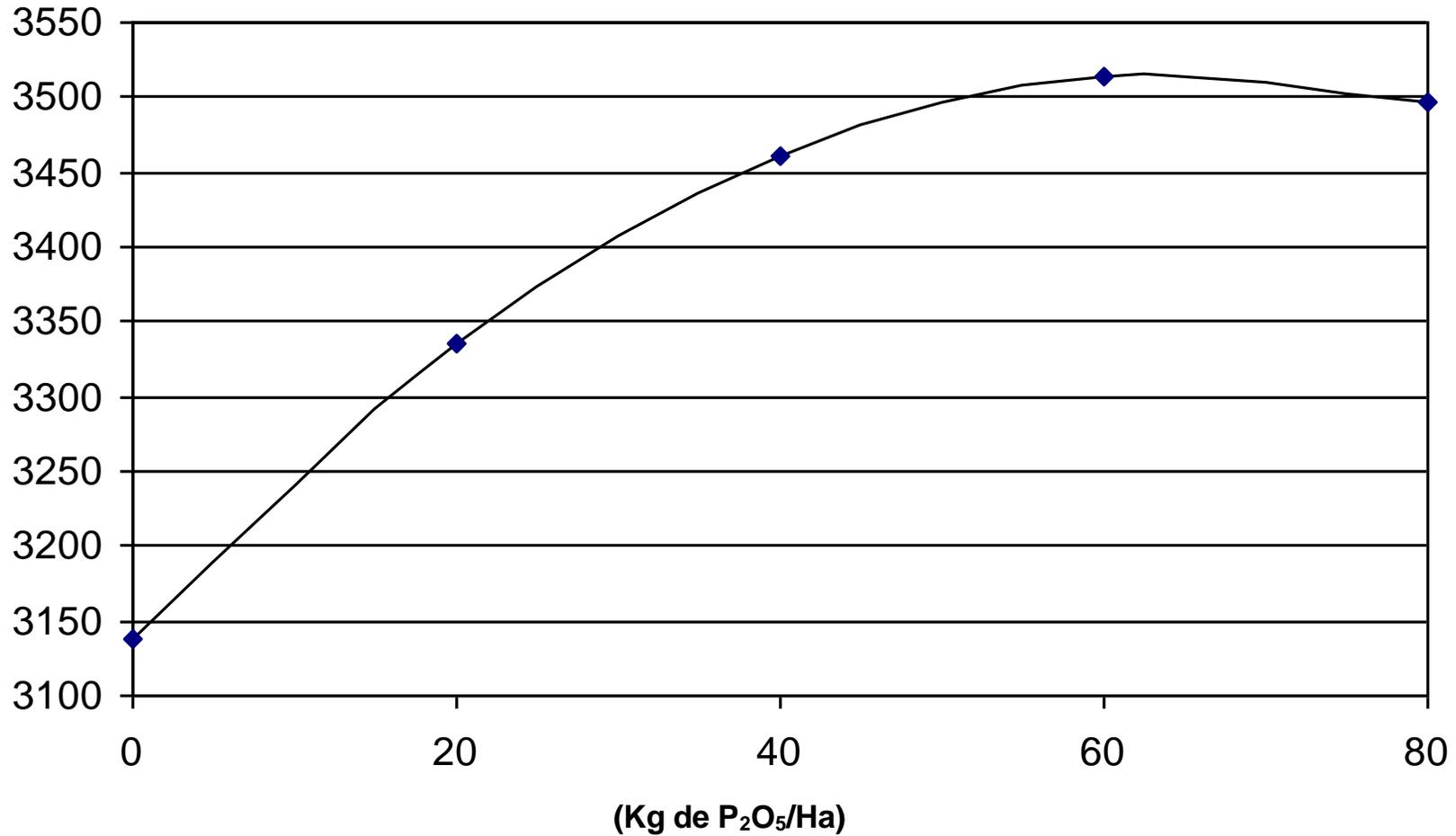
Rendimiento
(Kg/Há)



GRÁFICA N° 2

Efecto del Fósforo en el Rendimiento Estimado de la Variedad Panamá 1048 en el Campo 804

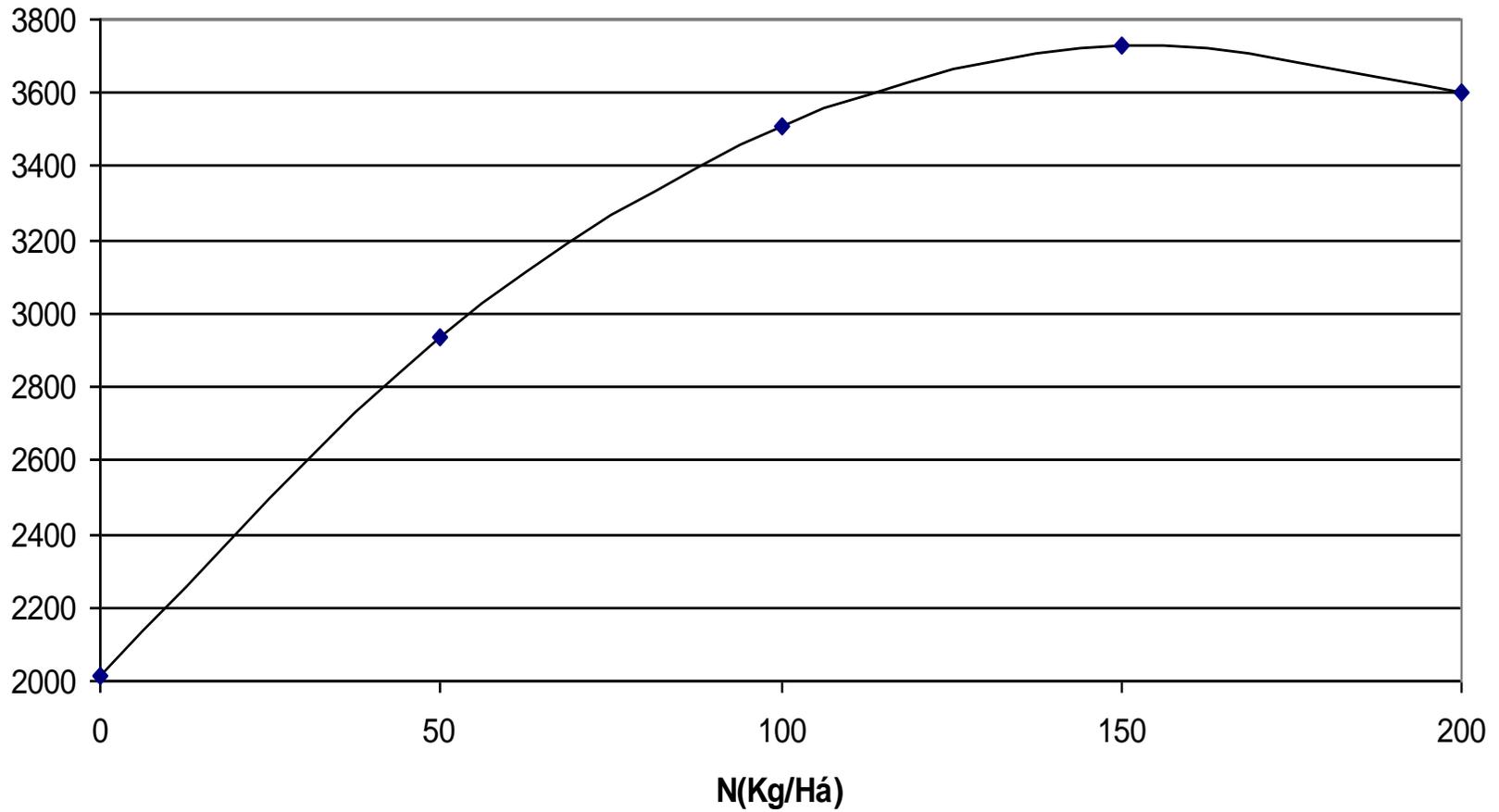
Rendimiento(Kg/Há)



GRÁFICA N° 3

Efecto del Nitrógeno en el Rendimiento Estimado de la Variedad Panamá 1048 en el Campo 812

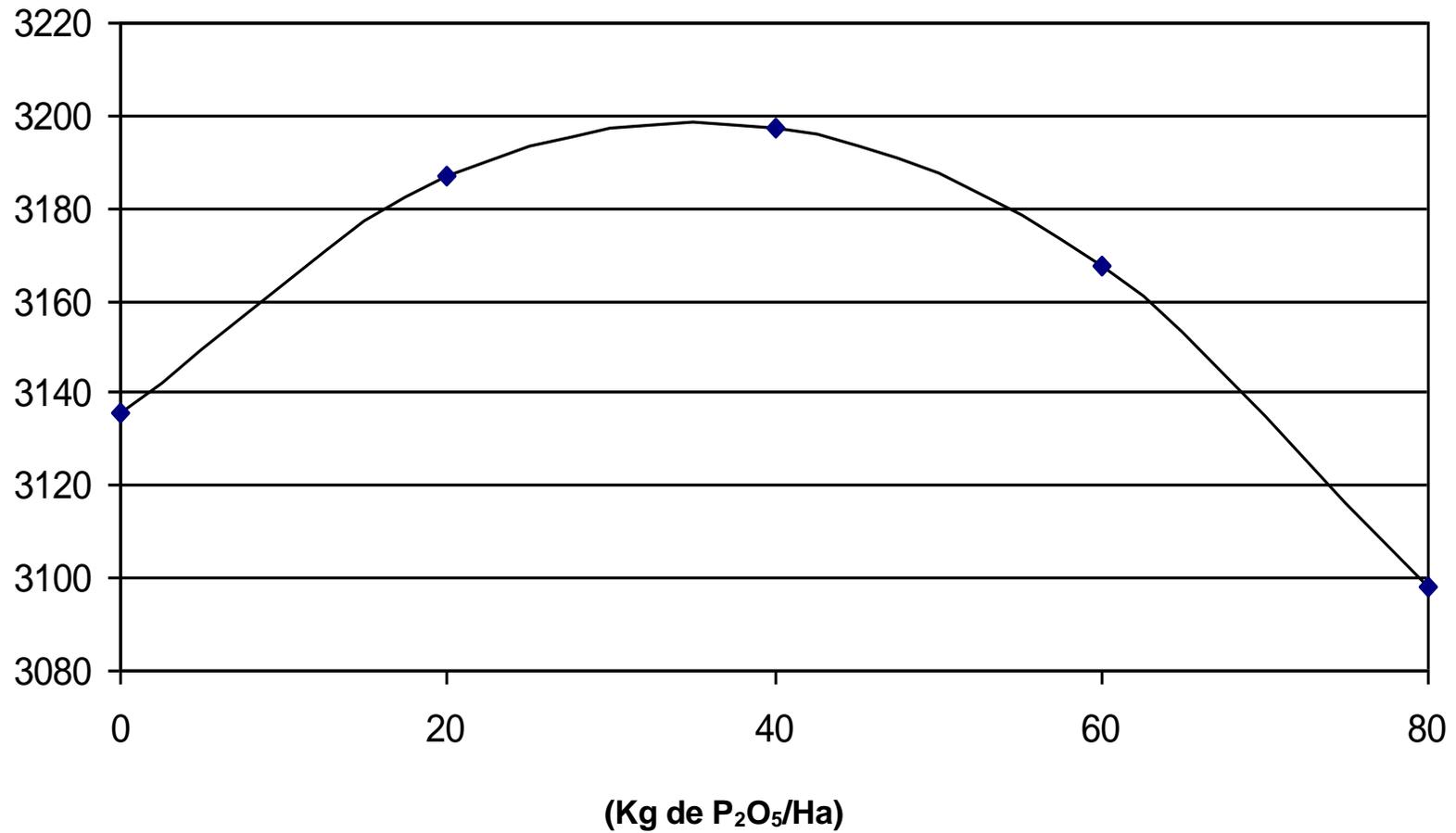
Rendimiento (Kg/Há)



GRÁFICA N° 4

Efecto del Fósforo en el Rendimiento Estimado
de la Variedad Panamá 1048 en el Campo 812

Rendimiento(Kg/Há)



CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente trabajo, se puede concluir lo siguiente:

1. La aplicación de nitrógeno contribuyó significativamente a incrementar la producción de arroz en los campos 804 y 812. Sin embargo, no parece existir una apreciable respuesta más allá del nivel de 150 Kg de N/ha.
2. La variedad Panamá 1048 no respondió a la aplicación de fósforo en el campo 812 pero tuvo una respuesta significativa a la aplicación de este nutriente en el campo 804. Sin embargo, en el campo 804 la aplicación de fósforo más allá de la dosis de 20Kg de P_2O_5 por hectárea no incrementó significativamente los rendimientos de la variedad Panamá 1048 a pesar del contenido mediano bajo (13ppm P) de fósforo en el suelo.

RECOMENDACIONES

Las conclusiones del presente estudio permiten recomendar lo siguiente:

1. Los resultados de estos ensayos, nos señalan que la aplicación de nitrógeno en las condiciones de manejo efectuado, no deberían sobrepasar la dosis de 150 kg de N por hectárea para alcanzar rendimientos óptimos con la variedad Panamá 1048.
2. Debido a que en forma general no hubo respuesta a la aplicación de fósforo, la aplicación de este elemento en el campo 812 debería mantenerse a un mínimo de 20 kg de P_2O_5 /ha para compensar las pérdidas de este nutriente a través del grano que se cosecha y aquellas que se fijan en el suelo, o bien dejar de aplicar fósforo por algunos años para aprovechar el fósforo disponible que se tiene en el suelo y reducir la elevada concentración de fósforo ya que podría intervenir con la absorción de zinc en el sueño como se reporta en la literatura en algunos estudios. En el campo 804 debería incrementarse, al menos, hasta 40Kg P_2O_5 /ha por las mismas razones que se señalan en el campo 812 y además para ayudar a incrementar la disponibilidad de este elemento en el suelo.

3. Los suelos estudiados deberían muestrearse con adecuada frecuencia y analizarse para determinar la concentración de macro y microelementos en el suelo y monitorear los cambios que se producen en la fertilidad del suelo a través del tiempo, a fin de tomar medidas correctivas y oportunas.

4. Realizar muestreos y análisis foliares en este cultivo en los campos estudiados para determinar si las concentraciones de los distintos elementos esenciales se encuentran dentro del rango apropiado para el cultivo. Esta información podría servir para tomar decisiones acertadas y eficaces en el manejo del programa de fertilización del cultivo en estos dos sitios, con el propósito de mantener una alta producción

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILERA, V. 1983. **EL ARROZ**, Ministerio D. Agropecuario Sub- Dirección Nacional de Extensión Agrícola. Departamento de Granos Programa de Arroz. 78 p
- ALEMÁN, R.E. 1969. **PRUEBA DE FERTILIZANTES COMPLETO (N- P – K) EN ARROZ**. Progreso de labores de investigación agropecuaria. Facultad de Agronomía. Universidad de Panamá. p 20 – 25.
- ANGLADETE, A. 1969. **EL ARROZ**. Barcelona, España. Editorial Blume, 9 p.
- BEAR, f. 1963. **SUELOS Y FERTILIZANTES**. Barcelona, España. Editorial Omega. 441 p.
- BERTRAM, c. 1966. **NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS Y FERTILIZACIÓN EN VENEZUELA**. 133 p.
- BLACK, C.A. 1975. **RELACIÓN SUELO – PLANTA**. Traducido por Armando Rabuffeti. Editorial Hemisferio Sur. 866 p.
- BROADBENT, F.E. 1938. **ES ESENCIAL LA MATERIA ORGÁNICA**. Adaptado

por la revista Hacienda, del libro "Suelo". Anuario del Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos. 85 p.

CASCANTE, R.E. 1971. **RESPUESTA DE LA VARIEDAD DE ARROZ NILO 1 (MAGALI) A NIVELES DE FERTILIZACIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO**. Tesis Ing. Agr. Universidad de Panamá. 39 p.

C.I.A. Marzo 1964. (Corresponsal Internacional Agrícola) Departamento Agronómico para el Extranjero. Hannoreg Alemania, Vol. N° 3. 34 p.

CORDERO, A.V.1978. **ESTUDIO DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN ARROZ**. Reunión Anual de Programa Cooperativo Centroamericano para el mejoramiento de los cultivos alimenticios. Antigua, Guatemala. p 23-26

CORDERO, A.; Miner G. 1974. **PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN EN CAMPO PARA OBTENER DATOS DE INVESTIGACIÓN**. Departamento de Agronomía, Dirección de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. 44 p.

CHEANEY, R.; López R. 1978. **MEJORANDO LA EFICIENCIA CON LA UTILIZACIÓN DE NITRÓGENO EN LA FERTILIZACIÓN DEL ARROZ**. Segundo Seminario Técnico de Arroz. 1978. p 21-24

DE DATTA, S.K. 1975. **CULTIVO DE ARROZ**. Manual de Producción. México. Editorial Limusa. 139 p.

DEMOLÓN, A. 1966. **PRINCIPIOS DE AGRONOMIA II**. Crecimiento de los vegetales cultivados. Editorial Omega. 293 p.

DOYLE, J.H. 1966. **THE RESPONSE OF RICE TO FERTILIZER**. Agricultural Studies. .F.A.O. 71 p.

ENGLESTAD, O.P.; Terman, G.L. 1968. **NATURALEZA DE NITRÓGENO**. Revista Internacional Agricultura de las Américas. 17 (9) 16.

ESPINOZA, E. 1970. **RESPUESTA DE TRES VARIEDADES DE ARROZ DE DIFERENTES CARACTERÍSTICAS A NIVEL DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA**. XVI Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de los Cultivos Alimenticios. Antigua Guatemala. 65 p.

ESPINOZA, E.; Navas D. Tejeira, R. 1974. **GUÍAS PARA EL CULTIVO DE ARROZ**. Facultad de Agronomía. Universidad de Panamá. 92 p.

EVATT, N.S. 1964. **THE TIMING OF NITROGENOUS FERTILIZER**

APPLICATIONS ON RICE. In: The Mineral Nutritons at the International Rice Research Institute. The John Hopkins Press. p 243 – 253.

Universidad Filipinas, Escuela de Agricultura. 1975. **CULTIVO DE ARROZ.**

Manual de Producción, México, Editorial Lumin. 426 p.

FRYE, G. 1969. **LOS SUELOS BAJO INUNDACIÓN Y LA FERTILIZACIÓN DEL ARROZ.** Cursos de Arroz. I.C.A. Universidad de Telima. p 44 – 79.

GRIST, D.H.. 1982. **ARROZ.** 1° ed. en Español. Traducido del Inglés. 716 p.

Instituto Colombiano Agropecuario (I.C.A.) 1977. **EL FÓSFORO DEL SUELO.**

Temas Didácticos. Bogotá, Colombia. Vol. V. N°. 3 - 4. p 1-24.

Instituto Interamericano de Cooperación Para la Agricultura (I.I.C.A) 1994.

COSECHAS, MOLINOS Y MERCADEO. La economía de arroz en Panamá. programa de análisis y planeación de la política agraria. Publicaciones misceláneas; San José, Costa Rica. I.I.C.A. 84 p.

INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. 1976 – 1977. Facultad de Agronomía, Universidad de Panamá. p. 159 –277

JACOB, A.; Uexkull, H.V. 1966. **FERTILIZACIÓN, NUTRICIÓN Y ABONADO DE LOS CULTIVOS TROPICALES Y SUBTROPICALES.** Traducido por L. López Martínez de Alva. Hannover, Alemania 626 p.

MALAVOLTA, E. 1970. **ABC DA ADUBCAO,** 3ª Edición Sao Paulo, Brasil. Editorial Agronomía Ceres.189 p.

MATSUSHINA, S. 1964. **NITROGEN REQUERIMENTS AT DIFFERENT STAGES OF GROWTH.** In the Mineral Nutritions at the International Rice Research Institute. The John Hopkins Press. p. 219 –240.

MEYER, B.S.; Anderson, D.B.; Bohing, R.H. 1976. **INTRODUCCIÓN A LA FISIOLÓGÍA VEGETAL.** Traducido del Inglés por Luis Guibert y Pitterba, Buenos Aires, Argentina. 556 p.

MORALES, R.C. 1975. **EFFECTO DE FRACCIONAMIENTO Y DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN LOS RENDIMIENTOS DEL CULTIVO DE ARROZ.** Memorias, Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento del Cultivo Alimenticio (PCCMCA). San Salvador, Salvador. p. 491-498.

MUÑOZ, R. 1974. **ALGUNOS ASPECTOS DE LA FERTILIZACIÓN**

NITROGENADA EN EL CULTIVO DE ARROZ (Oryza Sativa L) EN SUELOS DE COLOMBIA. Los Suelos y Enfermedades en el Cultivo del Arroz. II Seminario Técnico de Fede-Arroz. p. 34 –38

MURILLO, J. González Vaneja, R. 1982. **MANUAL DE PRODUCCIÓN PARA ARROZ DE SECANO EN COSTA RICA.** 132 p.

NELSON, L.B. 1968. **CHANGING PATTERN IN FERTILIZAER USE.** Madison, Wisconsin. Soil Science of America. 466 p.

NOGUCHI, Y. 1954. **THE RESULT OF RESEARCH ON THE EFFECT OF PATACH ON PADDY RICE IN JAPAN.** Rep. for the 5 meeting of the Int. Rice comm. Working party on rice breeding. Tokio, Japan. p. 4 - 9. (Citado por Jacob A. y Uexkull H.V. 1966. Fertilización nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Traducido por L. López Martínez de Alva. Hannover. Alemania . 626 p.

OCAÑA, B. 1967. **LA PRODUCCIÓN MECANIZADA DE ARROZ DE SECANO EN PANAMÁ Y ALGUNAS SUGERENCIAS PARA SU MEJORAMIENTO.** Servicios de Divulgación Agrícola de Panamá. Ministerio de Agricultura, Comercio e Industria. 85 p.

- OKADA , T. 1932. **RELATION OF PHOSPHOROUS FERTILIZER TO THE ABSORPTIONS OF NITROGEN.** Trans Toltori. Soc. Agr. 4 p. 67-70.
- OKAMATO, S.P. 1946. **THE EFFECTS OF PHOSPHATE DEFICIENCY IN RICE.**
Proc. Indian School Sci,23: p 165 –193.
- OLSE, K.L. 1958. **MINERAL DEFICIENCY SYMPTOMS IN RICE.** ARKANSAS.
Experiment Sta. Bull No 605:11.
- PAPADAKIS, J. 1979. **FERTILIZANTES, CÓMO USARLOS PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA DE AMÉRICA LATINA.** 174 p.
- PATRICK. W.H.Y.; Paterson, F.J. 1968. **NITRÓGENO EN EL ARROZ.** Revista
Internacional Agricultura de las Américas 17 (5): p 26 –27.
- POELHMAN, J.M. 1956. **MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LAS COSECHAS.**
1ª Edición. Universidad de Missouri. Editorial Limusa. 453 p.
- RÍOS, V. 1967. **SUELOS Y FERTILIZANTES.** Memoria del Congreso Nacional
Arrocero. Panamá. 77 p.
- RIVERA CORRALES, J.M. 1975. **EFFECTO DEL FRACCIONAMIENTO DE LA**

FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN LOS RENDIMIENTOS DEL CULTIVO DE ARROZ. Memoria, Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento del Cultivo Alimenticio, (PCCMCA), San Salvador. p. 491- 498.

CHANDLER R.F. 1984. **ARROZ EN LOS TRÓPICOS.** Guía para el desarrollo del Programa Nacional. Traducido del Inglés por Edilberto Camacho. San José, Costa Rica; ICA. 304 p.

RUFUS, W.K. 1963. **INFORME SOBRE ASPECTOS DE LA PRODUCCIÓN DE ARROZ EN PANAMÁ.** 25 p.

SÁNCHEZ, P.A. 1972. **FERTILIZACIÓN Y MANEJO DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE ARROZ TROPICAL.** Suelos Ecuatoriales (Colombia) v 4 (1): p197 –240 .

SHAW, E. 1968. **MANUAL DE FERTILIZACIÓN.** México, Agencia para el Desarrollo Internacional. 235 p.

SOUSA, F.; Arauz, R.; Morales, R. 1976. **ESTUDIO DE FERTILIZACIÓN EN ARROZ REALIZADAS EN EL ÁREA DEL ALANJE Y CARRIZALES (LA PINTADA).** I.D.I.A.P. 18 p.

THOMPSON, L.M. 1962. **EL SUELO Y SU FERTILIZACIÓN.**

Editorial Reverte. 407 p.

TOPOLANSKI, E. 1975. **EL ARROZ, SU CULTIVO Y PRODUCCIÓN.** Buenos

Aires Argentina. Editorial Hemisferio Sur, 304 p.

VAN ROSSEAU, C. 1917. **MEDEELIGEN VAN HET AGR. CHEM LABOR**

BUITENZORG. Nr 17. Citado por Jacob A. y Uexkull, H.V. 1966.

Fertilización, Nutrición y Abonado de los Cultivos Tropicales y

Subtropicales. Traducido por L. López Martínez de Alva Hannover,

Alemania. 626 p.

VARGAS, A. 1966. EL ARROZ EN COSTA RICA. Ministerio de Agricultura y

Ganadería. Dirección de Investigación Agrícola, Boletín Misceláneo, N°.

30, San José, Costa Rica. p 21 –24.