

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**



**Departamento Académico de Ciencias Agrarias**



**“ENCALADO Y FERTILIZACION POTASICA EN EL  
RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE SOYA  
(*Glycine max L. Merrill*) EN UN SUELO ACIDO DE  
TINGO MARIA”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO DE:**

**INGENIERO AGRONOMO**

**Yuri Blas Natividad Bardales**

**Promoción 2003 - I**

**“UNASINOS ESCUDO DEL EXITO Y LIDERAZGO DE NUESTRA NACION”**

**Tingo María - Perú**

**2006**

## **DEDICATORIA**

A Dios padre Nuestro: único poseedor de la verdad y la vida.

A mi madre Susana con eterna gratitud, por  
ser ejemplo de sacrificio, abnegación y lucha  
que han marcado firmes derroteros en mi vida  
y trabajo profesional.

A Doris y Daniel, compañera e hijo,  
por su gran apoyo y fuerza motivadora.

A mis hermanos por el constante  
apoyo y comprensión brindados y  
a la memoria de mi padre Cosme Natividad Arostegui.

A mis queridos sobrinos y sobrinas que de una u otra manera les sirva como  
ejemplo esta tesis.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi sincero agradecimiento a todas las personas que han colaborado en la culminación del presente trabajo, entre ellos.

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Al Ing. LUIS MANSILLA MINAYA, asesor de la presente tesis.
- Al Ing. M.Sc. DAVID NATIIVIDAD BARDALES, Ing. M.Sc. WILFREDO ZAVALA SOLORZANO, por sus acertadas orientaciones, durante la ejecución y redacción, las cuales reflejan su gran profesionalismo alcanzado.
- A las hermanas del fundo "Divino Niño Jesús" por su apoyo desinteresado en favorecerme con su terreno para la ejecución del trabajo.
- A mi prima CLOTILDE RUIZ TINEO, por su invalorable apoyo desinteresado en la tramitación y sustentación de mi trabajo.
- A mi cuñado CARLOS NILSON GARRIDO BAZAN, por la amistad y apoyo desinteresado en la habilitación de su movilidad y computadora.
- Al Sr. CONCEPCION ARIZA ESPINOZA y ALFREDO RAYMUNDO HUAMAN por su apoyo desinteresado en la ejecución de los análisis de suelo; y habilitación de material bibliográfico.

## INDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1. Generalidades de la soya.....	11
Taxonomía.....	11
Clima y suelo.....	11
Importancia y usos.....	13
Influencia del cultivo de soya sobre la fertilidad del suelo.....	15
Abonado.....	15
2.2. Suelos ácidos.....	16
2.3. Efecto del aluminio sobre el desarrollo de la soya.....	17
2.4. Encalado de suelo.....	17
2.5. Fertilización potásica.....	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1. Campo experimental.....	25
3.2. Materiales.....	28
3.3. Metodología.....	29
Componentes en estudio.....	29
Tratamientos en estudio.....	30
Diseño experimental.....	30
Disposición experimental.....	32
3.4. Ejecución del experimento.....	33
3.5. Determinaciones de características biométricas.....	34

Rendimiento total.....	34
Nodulación.....	35
Número de vainas por planta.....	35
Peso de 100 granos.....	35
3.6. Análisis de rentabilidad.....	36
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
4.1. Rendimiento.....	38
4.2. Nodulación.....	51
4.3. Numero de vainas por planta.....	60
4.4. Peso de 100 granos.....	68
4.5. Análisis de rentabilidad.....	72
V. CONCLUSIONES.....	78
VI. RECOMENDACIONES.....	79
VII. RESUMEN.....	80
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	82
IX. ANEXO.....	85

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Pág.</b>
1. Composición química de 100 g. de soya.....	14
2. Caracterización del análisis del suelo.....	26
3. Datos meteorológicos durante la ejecución del experimento (Setiembre 2003 - Enero 2004).....	28
4. Análisis del material encalante.....	28
5. Descripción de los tratamientos en el estudio.....	30
6. Esquema del análisis de varianza.....	31
7. Prueba de Duncan para el efecto de la cal en el rendimiento de grano por el cultivo de soya.....	39
8. Prueba de Duncan para el efecto del $K_2O$ en el rendimiento del cultivo de la soya.....	40
9. Prueba de Duncan para el efecto simple del $K_2O$ en cada nivel de cal en el rendimiento de soya.....	42
10. Prueba de Duncan para el efecto simple de cal sobre el $K_2O$ en el rendimiento de la soya.....	44
11. Rendimiento de la soya por tratamientos.....	45
12. Prueba de Duncan para el efecto de la cal en el número de nódulos de la planta de soya al momento de la floración.....	52
13. Prueba de Duncan para el efecto del $K_2O$ en el número de nódulos presentes en la planta de soya al momento de floración.....	53
14. Prueba de Duncan para el efecto del potasio en cada nivel de cal para nódulos de la planta de soya al momento de floración.....	56

15. Prueba de Duncan para el efecto de la cal en cada nivel de potasio para nódulos de la planta de soya al momento de floración.....	57
16. Prueba de Duncan para el número de nódulos de las plantas de soya por tratamiento a 45 días.....	58
17. Prueba de Duncan para el efecto de la cal en el número de vainas por planta de soya.....	61
18. Prueba de Duncan para el efecto del $K_2O$ en el número de vainas por planta de soya.....	61
19. Prueba de Duncan para el efecto del potasio en cada nivel de cal para los números de vainas por planta de soya al momento de la cosecha.....	64
20. Prueba de Duncan para el efecto de la cal en cada nivel de potasio para los números de vainas por planta de soya al momento de la cosecha.....	65
21. Prueba de Duncan para el número de vainas de las plantas de soya por tratamiento al momento de la cosecha.....	66
22. Prueba de Duncan para el efecto de la cal en el peso de 100 granos de soya.....	68
23. Prueba de Duncan para el efecto del $K_2O$ en el peso de 100 granos de soya.....	69
24. Prueba de Duncan para los efectos simples en los niveles de potasio sobre en cada nivel de cal en el peso de 100 granos de soya.....	73
25. Prueba de Duncan para los efectos simples en los niveles de cal sobre en cada nivel de potasio en el peso de 100 granos de soya.....	74

26. Prueba de Duncan para el efecto de la aplicación de Cal y K <sub>2</sub> O en el peso de 100 granos de soya.....	75
27. Análisis de rentabilidad del cultivo de soya según tratamientos en estudio.....	76



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Pág.</b>
1. Efecto de los niveles de potasio en cada nivel de encalado en el rendimiento de grano de soya.....	46
2. Efecto de los niveles de encalado en cada nivel de potasio en el rendimiento de grano de soya.....	48
3. Rendimiento de la soya según tratamiento.....	50
4. Número de nódulos de las plantas de soya según tratamientos.....	59
5. Número de vainas de las plantas de soya según tratamiento.....	67
6. Peso de 100 granos de soya según tratamiento.....	77

## I. INTRODUCCIÓN

Las leguminosas de grano son tradicionalmente fuente importante de proteínas en muchas partes del mundo y especialmente en áreas de desarrollo. En la región del alto Huallaga, el consumo de proteínas es deficiente y no alcanza cubrir los mínimos requerimientos del poblador de la selva lo que se debe a muchos factores, entre otros, a los bajos rendimientos de los cultivos por el bajo pH de los suelos y problemas relacionados.

El encalado de los suelos ha sido considerado como una medida para el manejo de estos suelos pero también se sabe que un uso deficiente podría ocasionar problemas de sobre encalado.

Considerando que el potasio y el calcio, conjuntamente con el magnesio, presentan efectos antagónicos se hace necesario evaluar hasta que punto el encalado podría alterar la fertilización o nutrición potásica.

Considerando ello se plantea, los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto de los niveles de encalado y niveles de fertilización potásica en el rendimiento del cultivo de Soya (*Glycine max*), en suelos ácidos.
- Determinar la relación beneficio costo (B/C) del encalado y la fertilización potásica, en los diferentes tratamientos.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Generalidades del cultivo de la soya

#### Taxonomía

La soya es una planta anual, herbácea, originaria de la zona comprendida entre China, Japón y Manchuria, constituye una base de la alimentación humana y por fijar nitrógeno atmosférico en las raíces, es una planta de mucha importancia ya que mejora y enriquece el suelo. (Barriga, 1994), clasifica la soya de la siguiente forma:

Subreino : Cormobionta

División : Spermatophyta

Subdivisión : Angiospermae

Clase : Dicotyledoneae

Subclase : Archichlamydae

Orden : Rosales

Suborden : Leguminosinae

Familia : Leguminosae

Subfamilia : Papilionaceae

Tribu : Phaseoleae

Subtribu : Phaseolinae (Glycininae)

Género : *Glycine* L.

Subgénero : *Glycine* subg. Soja (Moench)

Especie : *Glycine max* (L) Merrill.

#### Clima y suelo

Las temperaturas óptimas para el desarrollo de la soya están comprendidas entre los 20 y 30°C, siendo las temperaturas próximas a 30°C las ideales para su desarrollo. El crecimiento vegetativo de la soya es pequeño o casi nulo en presencia de temperaturas próximas o inferiores a 10°C,

quedando frenado por debajo de 4°C. Sin embargo, es capaz de resistir heladas de - 2 a - 4 °C sin morir. Temperaturas superiores a los 40°C provocan un efecto no deseado sobre la velocidad de crecimiento, causando daños en la floración y disminuyendo la capacidad de retención de legumbres.

Las temperaturas óptimas oscilan entre los 15 y los 18°C para la siembra y los 25°C para la floración. Sin embargo, la floración de la soya puede comenzar con temperaturas próximas a los 13°C. Las diferencias de fechas de floración, entre años, que puede presentar una variedad, sembrada en la misma época, son debidas a variaciones de temperatura. La soya es una planta sensible a la duración del día, es una planta de día corto; es decir, que para la floración de una variedad determinada, se hacen indispensables unas determinadas horas de luz, mientras que para otra, no. Respecto a la humedad, durante su cultivo se necesita al menos de 300 mm de agua, que puedan ser en forma de riego o en forma de lluvia. La soya no es muy exigente en suelos muy ricos en nutrientes, por lo que a menudo es un cultivo que se emplea como alternativa para aquellos terrenos poco fertilizados que no son aptos para otros cultivos. Se desarrolla en suelos neutros o ligeramente ácidos; con un pH de 6 hasta la neutralidad se consiguen buenos rendimientos. Es especialmente sensible a los encharcamientos del terreno, por lo que en los de textura arcillosa con tendencia a encharcarse no es recomendable su cultivo. Si el terreno es llano, debe estar bien, nivelado, para que el agua no se estanque en los rodales. Sin embargo es una planta que requiere mucha agua, por lo que en los terrenos arenosos deberá regarse con frecuencia. La soya es algo resistente a la salinidad, (Nuez, 1995).

### **Importancia y usos**

Según (F.A.O, 2003), la importancia de la soya deriva fundamentalmente de su estrecha relación con el tema de los alimentos, ya sea a través de su aceite o de su harina, tal es así que se ubica entre las ocho materias primas más importantes del mundo "Una hectárea de soya puede producir suficiente proteína para alimentar a una persona por 5500 días, mientras que la carne producida en la misma área lo hace por no mas de 300 a 600 días". La harina de soya es de aplicación directa al consumo humano como integrante de otros productos alimenticios o como materia prima para la obtención de proteínas concentradas o aisladas. El consumo de aceite se relaciona directamente con la dieta humana, en la que las grasa son un componente esencial por su valor energético - dinámico; el de harinas con la formulación de alimentos balanceados para la producción de carnes rojas y blancas, y finalmente, el de la utilización de la harina o de las proteínas de soya en la alimentación humana con el enriquecimiento de otros alimentos.

Según (Kirk, 1999), visto de otro punto, la importancia radica en que 1 kg de grano tiene proteína equivalente a 2.5 kg de carne de res, hasta 3 kg de carne de cerdo, hasta 1.75 kg de carne de pollo, hasta 1.75 kg de pescado, hasta 2.75 kg de huevo y hasta 6 litros de leche de vaca. En el Cuadro 1, se muestra la composición química de la soya.

**Cuadro 1.** Composición química de 100 g. de soya

<b>Principios inmediatos</b>	<b>Contenido</b>	<b>Minerales</b>	<b>Contenido</b>
Agua	10 g	Sodio	4 mg
Proteínas	40 g	Potasio	1.8 mg
Grasas	18 g	Calcio	218 mg
Hidratos de carbono	22 g	Magnesio	241 mg
Celulosa	5 g	Hierro	1.1 mg
Cenizas	5 g	Fósforo	563 mg
<b>Vitaminas</b>		Azufre	300 mg
Vitamina A	130 U.I	Cloro	24 mg
Vitamina B1	0.9 mg	Cobre	0.9 mg
Vitamina B2	0.3 mg	Manganeso	4.1 mg
Vitamina PP	1.2 mg	Cinc	2.1 mg
Vitamina K	0.2 mg	Yodo	0.2 mg
Vitamina C	indicios		
Vitamina E	indicios		
Acido pantoténico	indicios		

**Fuente:** (Kirk, 1999)

### **Influencia del cultivo de soya sobre la fertilidad del suelo**

Según (Darwich, 1998), pueden distinguirse dos aspectos importantes:

Incremento de la fertilidad actual tal vez sea este el aporte más significativo para los sistemas de producción agrícola donde entra la soya. La actividad de fijación simbiótica de las colonias de *Rhizobium japonicum* en las raíces, abastece a la planta de nitrógeno, elevando además su disponibilidad para el cultivo siguiente. En zonas en rotación con pasturas, el aumento de la fertilidad actual permitió alargar los ciclos agrícolas, mejorando el margen global.

Incidencia sobre las condiciones físicas del suelo: el rastrojo remanente de un cultivo de soya presenta un escaso volumen en relación a los cultivos de especies gramíneas (maíz, sorgo, trigo). El sistema radicular también difiere sustancialmente por ser de raíz pivotante, de menor volumen y más fácil descomposición. Resulta evidente, para quién haya comparado lotes que salgan de soya y maíz, la diferencia en el estado de agregación del suelo, la tierra se encuentra más "suelta" en un rastrojo de soya. Esta diferencia en las condiciones físicas tiene un aspecto positivo en el menor requerimiento de labranzas de un rastrojo de soya.

### **Abonado**

Según (Cubero, 1983), la extracción de elementos fertilizantes de una cosecha de soya de unos 3000 t.ha<sup>-1</sup> de grano, pueden cifrarse en unos 300 kg N. ha<sup>-1</sup>, 60 - 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. ha<sup>-1</sup> y 100 - 120 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup>. Las cantidades de fertilizante a emplear en un cultivo de soya dependen del tipo de suelo y de

cómo se abonó el cultivo precedente. Como orientación puede emplearse como abonado de fondo la siguiente fórmula:

Nitrógeno: 50 UF por ha. equivalente a 250 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato amónico.

Fósforo: 100 a 125 UF por ha. equivalentes a 500 - 700 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato.

Potasio: 125 -150 UF por ha. equivalentes a 300 kg ha<sup>-1</sup> de cloruro o sulfato potásico.

Aunque la soya es más tolerante a la acidez que otras leguminosas, es conveniente realizar un encalado en los suelos pobres en cal, ya que se aumentará el rendimiento en grano y las bacterias se desarrollarán mejor. Realizar la corrección de la acidez por encalado hasta los niveles críticos de 5.5 y 6.0, pueden resultar convenientes (Sánchez, 1981).

## **2.2. Suelos ácidos**

Según (Plaster, 1997), el origen de la acidez en los suelos se debería principalmente a la extracción diferencial de los nutrientes calcio y magnesio de la capa arable por los cultivos realizados.

La adaptabilidad de las plantas es diversa y varía a lo largo de la escala de pH, determinándose que para valores entre 6,5 – 6,8 no habría restricciones de crecimiento para ninguna de ellas. Muchos suelos en regímenes de humedad udic son muy ácidos (pH menores de 5) y es limitado el crecimiento por toxicidades de aluminio, manganeso o ambos. El catión intercambiable más importante en los suelos ácidos es el aluminio.



El aluminio en suelos ácidos se encuentra en minerales primarios (feldespatos, piroxeno y otros) y minerales secundarios formando parte de las láminas tetraédricas y octaédricas de las arcillas. Dichas formas son degradadas para dar lugar a formas cambiables y solubles de aluminio en el suelo (Fassbender, 1975).

### **2.3 Efecto del aluminio sobre el desarrollo de la soya**

El efecto más notorio se presenta en el sistema radicular, produciéndose una inhibición de la división celular de las raíces principales observándose raíces más gruesas de lo normal. En las raíces laterales se observa una reducción de la plasticidad de las membranas celulares al ser remplazado el calcio por aluminio a nivel de la lamina péctica. Una alta concentración de aluminio puede causar formación de raíces cortas, con manchas negras, ya que el aluminio frecuentemente se acumula en la raíz e impide la absorción y translocación de fósforo y calcio a la parte aérea de la planta; la toxicidad de aluminio parece operar mediante la precipitación del fósforo como fosfato de aluminio en las paredes celulares de la raíz y las membranas citoplasmáticas. Las cantidades de aluminio en la solución suelo es 1 ppm, pues a este nivel los síntomas son bien notorios y corresponde aproximadamente al 60% de saturación de aluminio (Plaster, 1997).

### **2.4 Encalado de suelo**

Según (Sánchez, 1981), el encalado de los suelos es una práctica usada para reducir problemas de la acidez de los suelos. Su acción radica en que

producen un desplazamiento de los iones predominantes de los suelos ácidos hacia la solución; también incorporan al suelo, grupos de hidroxilos, los cuales son responsable directos de la precipitación del aluminio.

Según (Plaster, 1997), la cal neutraliza el suelo de dos formas. Primero, el calcio reemplaza a los iones de hidrogeno y de aluminio en los sitios de intercambio por acción masa. Al hacerlo, el encalado aumenta el porcentaje de saturación de base. Segundo, la cal convierte el hidrogeno en agua.

La reacción más simple es la de la cal hidratada. Al disolverse la cal hidratada, se desprenden calcio e iones de hidroxilo. El calcio reemplaza al hidrógeno y aluminio en los sitios de intercambio, liberando esos cationes hacia la solución del suelo. Los iones de aluminio se someten a una hidrólisis completa para formar hidróxido de aluminio insoluble, con la liberación de más iones de hidrógeno (Plaster, 1997).

Según (Sánchez, 1981), el encalado también influye en las propiedades físicas mejorando y favoreciendo el movimiento del agua y aire del suelo; y en las propiedades biológicas, mejorando la mineralización de la materia orgánica. Entre los materiales encalantes se tiene al carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), hidróxido de calcio y dolomita, considerándose en la actualidad a los silicatos de calcio ( $\text{CaSiO}_3$ ) como una fuente encalante de importancia.

Según (Convenio UNAS – PEAH, 1991), para recomendar un determinado nivel de encalado es necesario considerar los resultados de las curvas de titulación potenciométricas, la C.I.C del suelo, los iones acidificantes, las bases cambiables, el % de saturación de aluminio y el cultivo a sembrar.

Los objetivos del encalado son: aumentar la estabilidad de la estructura del suelo, disminución de los iones  $H_3O^+$  (Hidronio), aumento de los iones (Oxidrilos), disminución de la solubilidad de los iones aluminio, manganeso y hierro, que a determinadas concentraciones pueden ser tóxicos, aumento de la solubilidad del fósforo, aumento de las cantidades disponibles de calcio y magnesio por el agregado con los materiales calizos, estimular los microorganismos del suelo, aumentar el ritmo de mineralización de la materia orgánica con el consiguiente aumento del Nitrógeno disponible (Plaster, 1997)

Como se enumeró anteriormente la práctica del encalado se realiza con el fin de obtener diversos beneficios pero es importante evitar el llamado sobre encalado, el cual tiene efectos indeseables sobre el suelo, pudiendo resultar más perjudicial que la propia deficiencia en cal. Algunos de los efectos indeseables del sobre encalado. Son la disminución en la disponibilidad de Fe, P, Mn, B, Zn. En las áreas sobre encaladas, las plantas manifiestan un crecimiento deprimido y una coloración amarillenta. En general, puede aceptarse que el pH de los suelos ácidos no debe elevarse por encima de 7,0 (Plaster, 1997).

Según (Cueva, 1973), la aplicación de cal a cantidades de 3, 4 y 5 t.ha<sup>-1</sup> elevan el pH de (5.0 a valores de 5.6 – 5.9), que para condiciones de trópico es considerado óptimo para el cultivo de soya. Se debe agregar que las aplicaciones de cal para este tipo de suelo incrementa la disponibilidad de calcio para el cultivo y es muy baja la proporción disminuyendo el efecto de toxicidad de aluminio, magnesio y fierro.

### **Productos utilizados para encalar**

Según Plaster (1997), el término de cal agrícola es aplicado a la caliza molida y a otros productos hechos de caliza. Estos materiales contienen calcio. Cuando la cal se mezcla en el suelo, neutraliza el exceso de acidez. Los materiales de encalado común incluyen la cálcica calcita, la caliza dolomítica, la cal viva y la cal hidratada. Las calizas están formadas por carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y carbonato de magnesio ( $\text{MgCO}_3$ ) en cantidades variables. La cal viva se obtiene por calcinación del  $\text{CaCO}_3$ , y tiene generalmente una pureza del 90% siendo un producto de acción rápida. La cal apagada o hidratada  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , que la cal viva que se hidrata, escorias Thomas producto residual de la producción del acero que contiene un 32% de Ca, además de fósforo. También existen otros productos de utilización regional como las espumas azucareras y conchillas marinas.

Según (Informaciones agronómicas, 1989), citados por (Convenio UNAS – PEAH, 1991), clasifica las calizas en función a su contenido de Ca y Mg en calizas calcicas 1 – 2.5% MgO, magnesianos 2.5 – 10% MgO y dolomíticos + 10% MgO

### **2.5. Fertilización potásica**

Según (Tisdale, 1991), manifiesta que el potasio, es uno de los macronutrientes esenciales más importantes que permiten el funcionamiento de sistemas agropecuarios. Cumple funciones vitales en la fisiología vegetal y por lo tanto su deficiencia origina importantes mermas en el rendimiento y/o calidad de los cultivos. En la fisiología de las plantas, actúa a nivel del proceso

de la fotosíntesis, en la translocación de fotosintatos, síntesis de proteínas, activación de enzimas claves para varias funciones bioquímicas, mejora la nodulación de las leguminosas, etc.

Las deficiencias de K no solo pueden determinar pérdidas de rendimiento, sino también pueden afectar la calidad de los productos cosechados. En términos generales, para la mayoría de las especies cultivadas, los síntomas de deficiencia se presentan como clorosis (y en casos severos de carencia, necrosis) en los márgenes y puntas de las hojas.

Según (Potash & Phosphate Institute, 1996), el potasio (K) es un macronutriente o nutriente primario al igual que el nitrógeno y el fósforo que participa de manera importante en muchos procesos fisiológicos y bioquímicos vitales en el metabolismo de los vegetales. De igual forma, el K ayuda a las plantas en periodos de sequía por su función en la regulación de la apertura y cerrado de los estomas y otros procesos relacionados con la economía hídrica de las plantas, investigaciones realizadas han demostrado que al mantener una adecuada cantidad de potasio en la planta, ésta soportará mejor el estrés ocasionado por factores tales como sequía, altas temperaturas, enfermedades, insectos, etc.

Además de otros importantes beneficios, como lo son el mejorar la eficiencia en el consumo del agua e incrementar el efecto de los fertilizantes nitrogenados, el papel del K en la producción agrícola se resume en fomentar la actividad fotosintética, acelerar el flujo de los productos asimilados, mejorar la translocación de estos productos (Tisdale, 1991).

### **Funcionamiento del K en el sistema suelo-planta**

Según (Gething, 1994), las plantas absorben el potasio que se encuentra en la solución del suelo en forma del catión  $K^+$ . La cantidad de K en la solución del suelo esta en función de la liberación del potasio intercambiable, generalmente localizado alrededor de las partículas (micelas) de arcilla. Los cultivos extraen grandes cantidades de potasio del suelo para su crecimiento y desarrollo y como es de esperarse, la falta de éste elemento, influye negativamente en el rendimiento y calidad del cultivo. Además, la deficiencia de potasio aumenta la vulnerabilidad del cultivo a enfermedades y lo hace menos resistente a condiciones de "stress" tales como sequías, heladas etc.

Las entradas de K al sistema suelo-planta provienen básicamente de la fertilización. Esto explica la rapidez con la que se pierde la fertilidad potásica en suelos no fertilizados. En cuanto a las pérdidas, la principal vía corresponde a la extracción por parte de los cultivos y de no existir erosión, la otra vía a monitorear es la lixiviación de  $K^+$ . Este proceso adquiere más relevancia en suelos de texturas gruesas, y está determinado por una serie de factores: ocurrencia de eventos de lluvia o uso de riego, profundidad del sistema radicular de los cultivos, presencia de flujos preferenciales de agua en el perfil, grado de cobertura, dosis de fertilizante, etc. En zonas tropicales y subtropicales, el escenario edáfico cambia totalmente. Las intensas precipitaciones y la presencia de suelos muy meteorizados, determinan que gran parte del  $K^+$  disponible en la solución del suelo sea lavado fuera de la zona de aprovechamiento radical, por ello, la fertilización potásica es una

herramienta imprescindible para alcanzar niveles de producción elevados y de óptima calidad (Mengel y Kirkby, 1994).

### **Fertilización potásica y clorada**

Según (Conti, 2000), la fertilización no sólo tiene como fin proveer de nutrientes esenciales a los cultivos cuando el suelo no es capaz de hacerlo, sino que también, en muchas situaciones, constituye una herramienta eficaz para prevenir o reducir la incidencia de enfermedades. La interacción entre fertilización y presencia de enfermedades ha sido extensamente estudiada a nivel internacional. La fertilización con cloro ha sido relacionada con la reducción de la incidencia de diferentes enfermedades ocasionados por *Fusarium sp.*, y *Gaeumannomyces graminis var. tritici*, entre otras; por lo tanto, se considera como una herramienta eficaz para reducir la incidencia de enfermedades.

Según (Roldan, 1972), existen respuestas estadísticas significativas a la aplicación de potasio, las aplicaciones de potasio favorecen la población microbiana.

Según (Nelson T. L. 1970), citado por (Roldan, 1972) realizó experimentos en North Carolina, en suelos muy bajo de potasio, demostró un cuádruple aumento de rendimientos debido a la aplicación de potasio. La adición de potasio causó mayor retención de las vainas, aumento el grado de relleno de la misma y mejoró la calidad de la semilla. La aplicación de 134 kg  $K_2O$ .  $ha^{-1}$  en el suelo pobre también aumentó el contenido de aceite cerca del 2% y redujo el contenido de proteínas 5%.

Según Cervantes (1973), las aplicaciones de potasio incrementan los rendimientos de grano de soya. Obteniéndose el mayor incremento al suministrar 40 kg.  $K_2O$ .  $ha^{-1}$  en relación al niveles 0.0 kg  $K_2O$ .  $ha^{-1}$ , pero al duplicar la dosis de potasio (80 kg  $K_2O$ .  $ha^{-1}$ ) se obtiene un ligero incremento en la producción lo que indicaría que aplicaciones de 40 y 80 kg  $K_2O$ .  $ha^{-1}$ , influyen favorablemente en la producción de grano de soya.

Para elevar los rendimientos de los diferentes cultivos intervienen una serie de factores como la fertilización, tipo de suelo, calidad y variedad de semillas y el nivel técnico del conductor (Ministerio de Agricultura, 1997).



### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Campo experimental**

##### **Ubicación.**

El presente estudio se desarrolló en el terreno de propiedad de las hermanas "Divino Niño Jesús", ubicado en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, a la margen izquierda de la carretera Tingo María-Huánuco, a la altura del kilómetro 2. Fisiográficamente es una colina alta con una pendiente aproximada de 20-30%. Se encuentra ubicado geográficamente entre las coordenadas.

Latitud : 09°45' sur.

Longitud : 75° 57' oeste.

Altitud : 690 m.s.n.m.

##### **Historia del campo.**

Las referencias nos llevaron hasta aproximadamente el año 1970, como sigue:

- 1970 - 1984 : Cultivo de coca.
- 1985 - 1993 : Cultivo de pan llevar (yuca y fréjol de palo).
- 1993 - 2003 : Sin cultivo, abandonado.
- Oct. 2003 - Ene 2004 : Estudio de soya.

### **Análisis químico del suelo.**

El suelo del campo experimental del presente estudio, fue analizado en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva; los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Caracterización del análisis del suelo.

<b>Tipo de análisis</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Métodos</b>
<b>Análisis mecánico</b>		
Arena	57.0 %	Hidrómetro
Limo	20.0 %	"
Arcilla	23.0 %	"
Clase Textural	Fo. Ar. Ao.	Triangulo textural
pH	4.80	Potenciómetro
Materia organica	2.80 %	Walkley - Black
N total	0.12 %	%M.O x 0.045
P disponible	4.30 ppm	Olsen modificado
K <sub>2</sub> O disponible	128 kg/ha	Ácido sulfurico 6N
<b>Cationes cambiables</b>		
Al + H	3.00 me/100g	Yuan
Al <sup>***</sup>	2.50 me/100g	Yuan
Ca + Mg	3.00 me/100g	E.D.T.A
CiCe	6.00 me/100g	Desplazamiento con KCl

**Fuente:** Laboratorio de análisis de suelos - Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Como se puede apreciar, el campo experimental presentó una clase textural franco arcillo arenoso propio de los suelos ácidos del Alto Huallaga, con pH de 4.8, (extremadamente ácidos), un porcentaje de materia orgánica y

nitrógeno medio bajo, fósforo y potasio disponible bajos mientras que la CICE es considerada por Sánchez (1981) como adecuada para el suelo de trópico con una saturación de acidez cambiante de 50% considerada alta para el cultivo de soya.

### **Registro climático**

En el Cuadro 3, se presenta los datos meteorológicos durante los meses que duró el experimento, los meses que presentaron mayor humedad relativa fueron Diciembre y Enero, siendo en este mes la realización de las cosechas del cultivo; presentando este último un porcentaje de humedad relativa de 84%, el cual no causó mermas en la producción de la soya. Simultáneamente las cantidades de precipitación pluvial no provocaron encharcamiento alguno en el cultivo ya que el terreno presentaba una pendiente de 20 – 30% de inclinación.

En cuanto los requerimientos de agua del cultivo de soya es 300 mm durante su cultivo; pero estas cantidades de agua se excedieron durante el cultivo, no provocando pérdidas en la producción ya que se puede atribuir a la influencia del clima; el exceso de humedad y las altas temperaturas actúan como “factores de compensación”.

**Cuadro 3.** Datos meteorológicos durante la ejecución del experimento (Setiembre 2003 - Enero 2004).

Meses	Temperatura media (°C)	Precipitación fluvial (mm)	Humedad relativa (%)
Setiembre	25.90	450.8	79
Octubre	26.20	272.4	80
Noviembre	25.95	330.9	83
Diciembre	25.10	598.1	86
Enero	25.65	301.1	84

Fuente: Estación meteorológica de "CORPAC S.A." - Tingo María.

### 3.2. Materiales

#### Material genético.

Semilla de soya (*Glycine max L. Merrill*) variedad INIA – UCAYALI II.

Sus principales características son incluidas en el (Anexo 6-A).

#### Material encalante.

La composición química del material encalante utilizado en el experimento se presenta en el Cuadro 4.

**Cuadro 4.** Análisis del material encalante.

Análisis	Origen	%CaO	%MgO	%CaCO <sub>3</sub>
Cal hidratada	Cuevas de las Pavas	52.7	0.05	93.9

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos - Universidad Nacional Agraria de la Selva.

La cal utilizada correspondería a una caliza cálcica; esta cal fue obtenida del caserío de las Cuevas de las Pavas, presentando un porcentaje de  $\text{CaO} = 52.7\%$  y  $\text{MgO} = 0.05\%$ . Realizando los cálculos para la obtención de  $\%\text{CaCO}_3$ , dio como resultado, un porcentaje de  $93.9\%$ , presentando una buena evidencia que el material encalante obtenido presentó un buen porcentaje, en cuanto a la pureza del material encalante, manifestándose estos en los efectos del encalado en el cultivo de soya.

### 3.3. Metodología.

#### Componentes en estudio.

Niveles de cal : (c)

$c_1$  : 0.0 me Ca/100g

$c_2$  : 2.5 me Ca/100g

$c_3$  : 5.0 me Ca/100g

$c_4$  : 7.5 me Ca/100g

Niveles de  $\text{K}_2\text{O}$  : (k)

$k_1$  : 0.00 kg

$k_2$  : 100 kg  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$

$k_3$  : 150 kg  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$

$k_4$  : 200 kg  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$

### Tratamientos en estudio.

Los tratamientos se muestran en el Cuadro 5.

**Cuadro 5.** Descripción de los tratamientos en el estudio.

Tratamiento	Clave	CaCO <sub>3</sub> (me Ca/100g)	(kg K <sub>2</sub> O. ha <sup>-1</sup> )
T <sub>1</sub>	c <sub>1</sub> k <sub>1</sub>	0.00	0
T <sub>2</sub>	c <sub>1</sub> k <sub>2</sub>	0.00	100
T <sub>3</sub>	c <sub>1</sub> k <sub>3</sub>	0.00	150
T <sub>4</sub>	c <sub>1</sub> k <sub>4</sub>	0.00	200
T <sub>5</sub>	c <sub>2</sub> k <sub>1</sub>	2.5	0
T <sub>6</sub>	c <sub>2</sub> k <sub>2</sub>	2.5	100
T <sub>7</sub>	c <sub>2</sub> k <sub>3</sub>	2.5	150
T <sub>8</sub>	c <sub>2</sub> k <sub>4</sub>	2.5	200
T <sub>9</sub>	c <sub>3</sub> k <sub>1</sub>	5.0	0
T <sub>10</sub>	c <sub>3</sub> k <sub>2</sub>	5.0	100
T <sub>11</sub>	c <sub>3</sub> k <sub>3</sub>	5.0	150
T <sub>12</sub>	c <sub>3</sub> k <sub>4</sub>	5.0	200
T <sub>13</sub>	c <sub>4</sub> k <sub>1</sub>	7.5	0
T <sub>14</sub>	c <sub>4</sub> k <sub>2</sub>	7.5	100
T <sub>15</sub>	c <sub>4</sub> k <sub>3</sub>	7.5	150
T <sub>16</sub>	c <sub>4</sub> k <sub>4</sub>	7.5	200

### Diseño experimental.

Se usó el diseño Bloque Completamente al Azar con arreglo factorial de 4 x 4, cuyo esquema del análisis de varianza se muestra en el Cuadro 6. Para las diferencias de medias se aplicó la prueba de significación estadística de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ).

## Cuadro 6. Esquema del análisis de varianza

Fuentes de variabilidad	Grados de libertad
Bloques	2
Tratamientos	15
A	3
B	3
AB	9
Error Experimental	30
Total	47

Fuente: (Steel y Torrie, 1996)

### Modelo aditivo lineal.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \delta_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Respuesta obtenida o valor observado en la unidad experimental de la i-ésima dosis de cal y la j-ésima dosis de potasio.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo nivel del factor dosis de cal

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo nivel del factor dosis de potasio.

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción de los factores  $\alpha$  y  $\beta$ .

$\delta_k$  = Efecto de la k-ésima repetición.

$\varepsilon_{ijk}$  = Efecto del error de dicha unidad experimental.

## **Disposición experimental**

### **Características de los bloques**

Número de bloques	3
Largo de bloques	19.80 m
Ancho de bloques	15.00 m
Área de cada bloque	297.00 m <sup>2</sup>

### **Características de las parcelas**

Número de parcelas (tratamientos) por bloque	16
Largo de cada parcela	4.20 m
Ancho de cada parcela	3.00 m
Área de cada parcela	12.6 m <sup>2</sup>

### **Características de las hileras de las parcelas**

Distancia entre hileras	0.60 m
Distancia entre golpes	0.25 m
Número de hileras	7
Número de golpes por hilera	12
Número de golpes por parcela	84
Número de semillas por golpe	3
Modalidad de siembra	golpe



### **3.4. Ejecución del experimento.**

#### **Limpieza, preparación y demarcación.**

Se eligió el área del terreno que presentaba malezas de "macorilla" (*Pteridium sp*); propio de los suelos ácidos. Luego del desmalezado manual se hizo la demarcación y muestreo del suelo.

#### **Preparación del terreno**

Se hizo la remoción del suelo en forma manual utilizando azadones y picos hasta una profundidad aproximado de 20 a 25 cm.

#### **Encalado**

El encalado se realizó manualmente de acuerdo a los tratamientos establecidos esparciendo en forma uniforme la cal sobre el suelo de las parcelas e incorporándolo con azadón aproximadamente a una profundidad de 15 cm.

#### **Siembra y fertilización**

La siembra del cultivo de la soya se efectuó con tacarlo, 7 días después del encalado. La fertilización se hizo en el mismo momento de la siembra de acuerdo a los tratamientos establecidos: 90 kg. N ha<sup>-1</sup>, 60 kg. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> y 0, 100, 150 y 200 kg. K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, utilizando como fuentes: urea (46% N), superfosfato triple (46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), cloruro de potasio (60% K<sub>2</sub>O).

#### **Control de malezas**

El control de las malezas se realizó manualmente con la ayuda de machetes y azadones cada vez que encontraban indicios de estas.

### **Control de plagas**

Se aplicó (*Metamidophos*) Tamarón para combatir a los grillos cortadores (*Acheta assimilis*), cuya población aumentó después de la siembra y en el momento de la floración. El daño provocado fue en el corte transversal al nivel de las ramas, de flores y ápices de las hojas de algunas plantas. La dosis usada fue una disolución al 0.15% (30 mL. por cada 20 litros de agua); las aplicaciones se realizaron después de la siembra y en la floración.

### **Cosecha**

Se realizó el 13 de enero del 2004; cuando la totalidad de los vainas mostraron una coloración marrón claro, teniendo una edad el cultivo de 102 días; la cosecha se efectuó manualmente extrayéndose las plantas.

### **3.5. Determinación de características biométricas**

De una muestra de plantas de soya extraídas y al azar de cada parcela, se obtuvo un promedio para la determinación de las siguientes características.

#### **Rendimiento**

Se determinó pesando el rendimiento del área neta cuyo valor final fue reajustado al 14% de humedad para finalmente convertir las unidades de  $\text{g.m}^{-2}$  a  $\text{t.ha}^{-1}$ . Con el factor de corrección  $F_c=0.946$ , se obtuvo el peso corregido de los granos de soya de cada parcela correspondiente a los 16 tratamientos.

### **Nodulación**

Se determinó la cantidad de nódulos de coloración rosada y forma aproximadamente esférica presentes en las raíces de la soya, tomándose los nódulos en dos sectores: raíz principal y raíces laterales. Las evaluaciones se realizaron de 5 plantas de la parcela neta, en la época de floración. (Los datos transformados a  $\sqrt{X+1}$ , según (Stell y Torrie, 1996).

### **Número de vainas por planta**

Se evaluó el número de vainas (frutos) por planta a la cosecha, el mismo que fue determinado promediándose las vainas de una muestra de 5 plantas por parcela neta. (Los datos transformados a  $\sqrt{X}$ , según (Stell y Torrie, 1996)

### **Peso de 100 granos**

Se contaron 100 granos al azar de la cosecha de cada parcela y se pesaron. El porcentaje de humedad inicial promedio fue determinado gravimétricamente en laboratorio, para finalmente ajustar dicho peso al 14% de humedad de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Peso corregido} = \frac{(100 - \% \text{ humedad inicial})}{(100 - 14)} (\text{Peso inicial})$$

La humedad inicial de los granos de soya después de trillarse y ventearse fue determinada de 4 repeticiones de muestras tomadas al azar y alcanzó un promedio 18.6 % a partir del cual se calculó el Factor de Corrección obteniéndose como resultado un factor de 0.9464

$$F_c = \frac{(100 - H_i)}{(100 - H_f)} = \frac{(100 - 18.6)}{(100 - 14)} = 0.946$$

Con el factor de corrección calculado se determinó el peso corregido de los 100 granos de soya correspondiente a los 16 tratamientos.

### 3.6. Análisis de rentabilidad

Con la finalidad de conocer la rentabilidad de cada uno de los tratamientos se procedió de la siguiente manera: primero, se determinó el costo constante de producción de 1 ha<sup>-1</sup>. de cultivo de soya, considerándose las necesidades de insumos, mano de obra, transporte y otras operaciones, como se muestra en el (Anexo 5-A), pero sin considerar el uso de cal y potasio; en segundo lugar, al costo constante para todos los tratamientos se le adicionó el costo que representaría el uso de la cal y del cloruro de potasio por hectárea, guardando relación con los niveles de los tratamientos, calculándose de esta manera el costo de producción para una hectárea de soya de cada uno de los tratamientos.

Para la determinación del ingreso total, renta neta, índice de rentabilidad y relación beneficio costo, se utilizaron las siguientes relaciones:

Ingreso bruto (S/.) = Rendimiento de la soya según tratamientos  
(kg ha<sup>-1</sup>) x precio del kg de soya en nuevos  
soles

Renta neta (S/.) = Ingreso total (S/.) - Costo de producción (S/.)

Índice de rentabilidad = Renta neta / Costo de producción

Relación B/C = Ingreso total (S/.) / Costo de producción (S/.)

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Rendimiento de grano

Realizado el análisis de variancia y la prueba F (Anexo 1-A), se encontró que hubo diferencias significativas a nivel de bloques y a nivel de la interacción de los factores C x K; de otro lado, existió diferencias altamente significativas para los efectos principales de los niveles de cal y niveles de  $K_2O$ .

#### **Efecto de los niveles de cal**

El Cuadro 7, presenta los resultados del efecto de la cal en el rendimiento de soya. Se aprecia que no existió diferencias significativas entre los niveles de 7.5 y 5 me Ca/100g produciendo ambos, mayores rendimientos que los obtenidos con 2.5 y 0 me Ca/100g. Existen una serie de factores como, la fertilización, calidad y variedad de semillas, el nivel técnico del conductor entre otros, que son importantes para un buen rendimiento; en nuestros resultados, al encalar el suelo se ha mejorado sus propiedades físicas y químicas que luego se evidenciaron en el rendimiento del cultivo de la soya. Esto se debió a que la cal reemplazó a los iones de hidrogeno y de aluminio en los sitios de intercambio por acción de masa, aumentando el porcentaje de saturación de bases.

**Cuadro 7.** Prueba de Duncan para el efecto de la cal en el rendimiento de grano por el cultivo de soya.

<b>Niveles de cal</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Significación*</b>
<b>(me Ca/100g)</b>	<b>(t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>(<math>\alpha=0.05</math>)</b>
C <sub>4</sub> (7.5)	2266.05	a
C <sub>3</sub> (5.0)	2164.46	a
C <sub>2</sub> (2.5)	1796.78	b
C <sub>1</sub> (0.0)	769.31	c

\*: Los rendimientos con igual letra en la columna no difieren estadísticamente

### **Efecto de los niveles de potasio**

Para el efecto de los niveles de potasio, la prueba de significación de Duncan, mostrada en el Cuadro 8, muestra que los rendimientos con los niveles de 200 y 150 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> no presentaron diferencias estadísticas produciendo rendimientos significativamente mayores a los otros niveles (0 y 100 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup>). Los niveles altos de potasio tuvieron como resultado rendimientos altos en comparación de los otros niveles. Esto indica que las fertilizaciones a base de potasio y a niveles mayores del requerimiento del cultivo de soya han influido favorablemente en los rendimientos. Estos resultados nos indicarían un *consumo de lujo*, es decir que la planta puede absorber grandes cantidades de potasio, sin un aumento correspondiente en el crecimiento dando como resultado una acumulación del elemento en la planta. (Tisdale, 1991).

**Cuadro 8.** Prueba de Duncan para el efecto del K<sub>2</sub>O en el rendimiento del cultivo de soya.

<b>Niveles de potasio</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Significación*</b>
<b>(kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>(t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>(α=0.05)</b>
k <sub>4</sub> (200)	2043.17	a
k <sub>3</sub> (150)	1884.02	a
k <sub>2</sub> (100)	1681.45	b
k <sub>1</sub> (0.0)	1387.97	c

\*: Los rendimientos con igual letra en la columna no difieren estadísticamente

### **Efecto de interacción**

#### **Efecto de los niveles de K en cada uno de los niveles de cal.**

En términos generales (Cuadro 9), el encalado incrementó el efecto de la fertilización potásica debido probablemente a una mejora de las condiciones químicas del suelo que haya originado la liberación de fósforo por la elevación del pH produciéndose un mayor desarrollo radicular, mayor toma de nutrientes y mayor rendimiento.

El mismo cuadro muestra que cuando no se aplica cal, se pueden obtener rendimientos hasta de 877.67 t.ha<sup>-1</sup> utilizando el más alto nivel de potasio (200 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup>). Asimismo, al aplicar 2.5 me Ca/100g sólo requirió de 150 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> para alcanzar rendimientos estadísticamente comparables a los del más alto nivel. Al aplicar mayores niveles de encalado 7.5 me Ca/100g fueron suficientes 100 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> para producir más de 2263.85 t.ha<sup>-1</sup>.



Los resultados del cuadro 9 también son representados en la Figura 1 observándose tendencias lineales de la fertilización potásica en cada nivel de cal aplicado con altos coeficientes de determinación. Tal tendencia indicaría que el cultivo de soya aceptaría mayores niveles de potasio sin que se produzca reducción de sus rendimientos, ratificando lo mencionado anteriormente respecto al consumo de lujo.

### **Efecto de los niveles de cal en cada uno de los niveles de K**

Analizando los resultados del Cuadro 10, se observa que en términos generales hubo incrementos decrecientes en el rendimiento en cada nivel de potasio al incrementarse los niveles de cal; es decir, al incrementarse los niveles de cal se obtienen incrementos en el rendimiento que se van haciendo cada vez menores hasta llegar un momento en el cual los incrementos en rendimiento se tornan negativos, tal como lo indica la Ley de los Rendimientos Decrecientes de Mitscherlich (Tisdale, 1991). Es probable que esta tendencia se deba a un efecto de sobreencalado lo que estaría conduciendo a algunas deficiencias nutricionales por efectos antagónicos especialmente con P y Zn, incluso con el mismo K.

Se observa en el Cuadro 11 que en el nivel 0 de potasio se obtuvieron rendimientos de solo 587.81 hasta 1950.80 t.ha<sup>-1</sup> al incrementar los niveles de cal; pero conforme se elevaron los niveles de potasio hasta el último nivel (200 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup>) los rendimientos se hicieron cada vez mayores conforme se incrementó el nivel de encalado, indicando un efecto sinérgico entre estos dos cationes siempre que se encuentren en proporciones equivalentes. De este modo, conociendo que en el rendimiento de los cultivos intervienen factores

como fertilización, tipo de suelo, calidad y variedad de semillas y el nivel técnico del conductor (Ministerio de Agricultura, 1997), asumimos, que los efectos positivos en el rendimiento de nuestros tratamientos obedecieron a los niveles de fertilización y encalado, dado a que la calidad y variedad de las semillas así como el nivel técnico aplicado, fueron constantes para todos los tratamientos.

Derivando las ecuaciones de regresión de la Figura 2 se obtiene que los mas altos rendimientos se obtuvieron cuando se encalo el suelo con 5.7 me Ca/100g y se abonó con 200 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> produciendo un rendimiento de 2666 t.ha<sup>-1</sup>, para la (Figura 2-d), y cuando se encaló con 5.5 me Ca/100g y se abonó con 150 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> dando un rendimiento de 2427 t.ha<sup>-1</sup> (Figura 2-c)

### **Efectos generales de los tratamientos en el rendimiento de grano**

Una visión general del cuadro 11 nos permite afirmar que en términos generales, el encaldo del suelo fue mas importante que la fertilización potasita en el presente estudio, o que en todo caso, el rendimiento varió mas en función de los niveles de Ca que el K, deduciendo por el hecho que los seis últimos lugares del cuadro mencionado fueron ocupados por los tratamientos que llevaron los niveles mas bajos de Ca; sin embargo, los 5 primeros lugares correspondieron a los niveles mas altos de K. La Figura 3 muestra los rendimientos según tratamientos del cultivo de soya. En esta Figura también observar que los mas bajos rendimientos correspondieron a aquellos tratamientos que no llevaron cal (0 me Ca/100g), lo que indicaría la necesidad de estos suelos de elevar su pH para así liberar nutrientes disponibles para la planta.

**Cuadro 9.** Prueba de Duncan para el efecto simple del K<sub>2</sub>O en cada nivel de cal en el rendimiento de soya.

Nivel de potasio (kg K <sub>2</sub> O. ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> )	Significación* (α=0.05)
Efectos simples para K en C <sub>1</sub> (0.0 me Ca/100g.)		
k <sub>4</sub> (200)	877.67	a
k <sub>3</sub> (150)	844.16	a
k <sub>2</sub> (100)	767.63	a
k <sub>1</sub> (0.0)	587.81	a
Efectos simples para K en C <sub>2</sub> (2.5 me Ca/100g.)		
k <sub>4</sub> (200)	2346.70	a
k <sub>3</sub> (150)	2082.88	a
k <sub>2</sub> (100)	1583.96	b
k <sub>1</sub> (0.0)	1173.60	c
Efectos simples para K en C <sub>3</sub> (5.0 me Ca/100g.)		
k <sub>4</sub> (200)	2405.54	a
k <sub>3</sub> (150)	2302.15	a
k <sub>2</sub> (100)	2110.35	a b
k <sub>1</sub> (0.0)	1839.69	b
Efectos simples para K en C <sub>4</sub> (7.5 me Ca/100g.)		
k <sub>4</sub> (200)	2576.29	a
k <sub>3</sub> (150)	2273.28	a b
k <sub>2</sub> (100)	2263.85	a b
k <sub>1</sub> (0.0)	1950.80	b

\*: Los rendimientos con igual letra en la columna no difieren estadísticamente

**Cuadro 10.** Prueba de Duncan para el efecto simple de cal sobre el  $K_2O$  en el rendimiento de la soya.

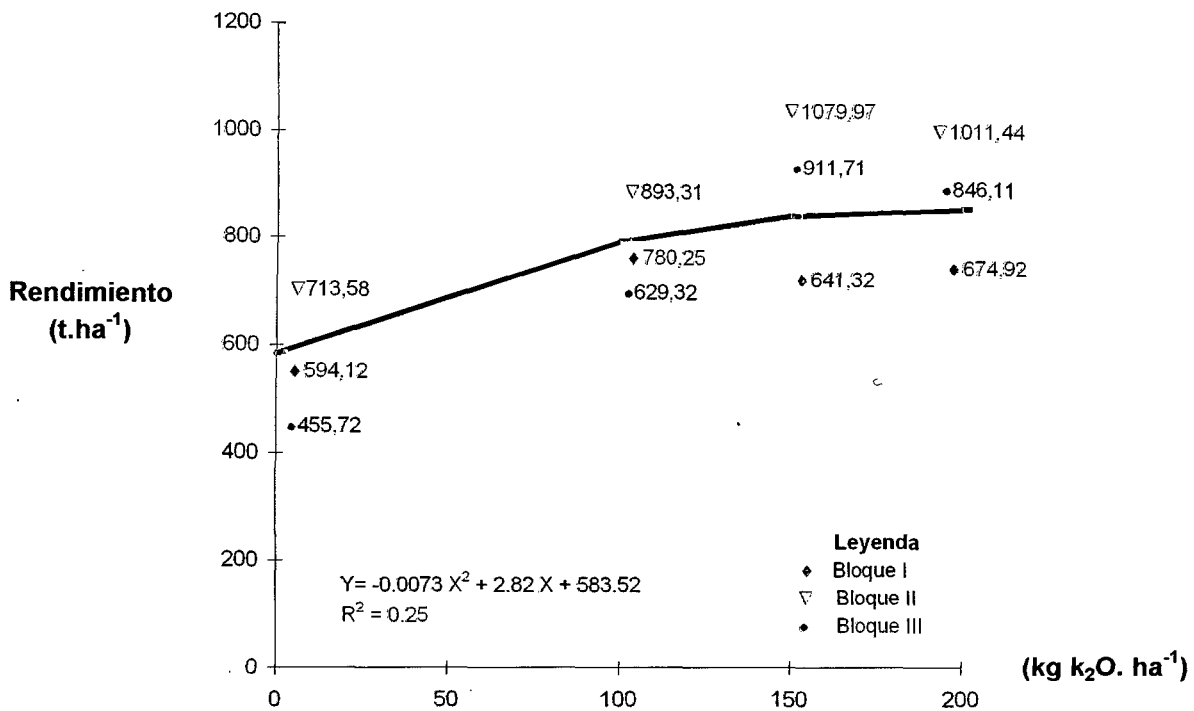
Nivel de cal (me Ca/100g)	Rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> )	Significación* ( $\alpha=0.05$ )
Efectos simples para cal en $K_1$ (0 kg $K_2O$ . ha <sup>-1</sup> )		
c <sub>4</sub> (7.5)	1950.80	a
c <sub>3</sub> (5.0)	1839.69	a
c <sub>2</sub> (2.5)	1173.60	b
c <sub>1</sub> (0.0)	588.81	c
Efectos simples para cal en $k_2$ (100 kg $K_2O$ . ha <sup>-1</sup> )		
c <sub>4</sub> (7.5)	2263.85	a
c <sub>3</sub> (5.0)	2110.35	a
c <sub>2</sub> (2.5)	1583.96	b
c <sub>1</sub> (0.0)	767.63	c
Efectos simples para cal en $k_3$ (150 kg $K_2O$ . ha <sup>-1</sup> )		
c <sub>3</sub> (5.0)	2302.25	a
c <sub>4</sub> (7.5)	2273.28	b
c <sub>2</sub> (2.5)	2082.88	b
c <sub>1</sub> (0.0)	877.67	c
Efectos simples para cal en $k_4$ (200 kg $K_2O$ . ha <sup>-1</sup> )		
c <sub>4</sub> (7.5)	2576.29	a
c <sub>3</sub> (5.0)	2405.54	a
c <sub>2</sub> (2.5)	2346.70	a
c <sub>1</sub> (0.0)	844.16	b

\*: Los rendimientos con igual letra en la columna no difieren estadísticamente

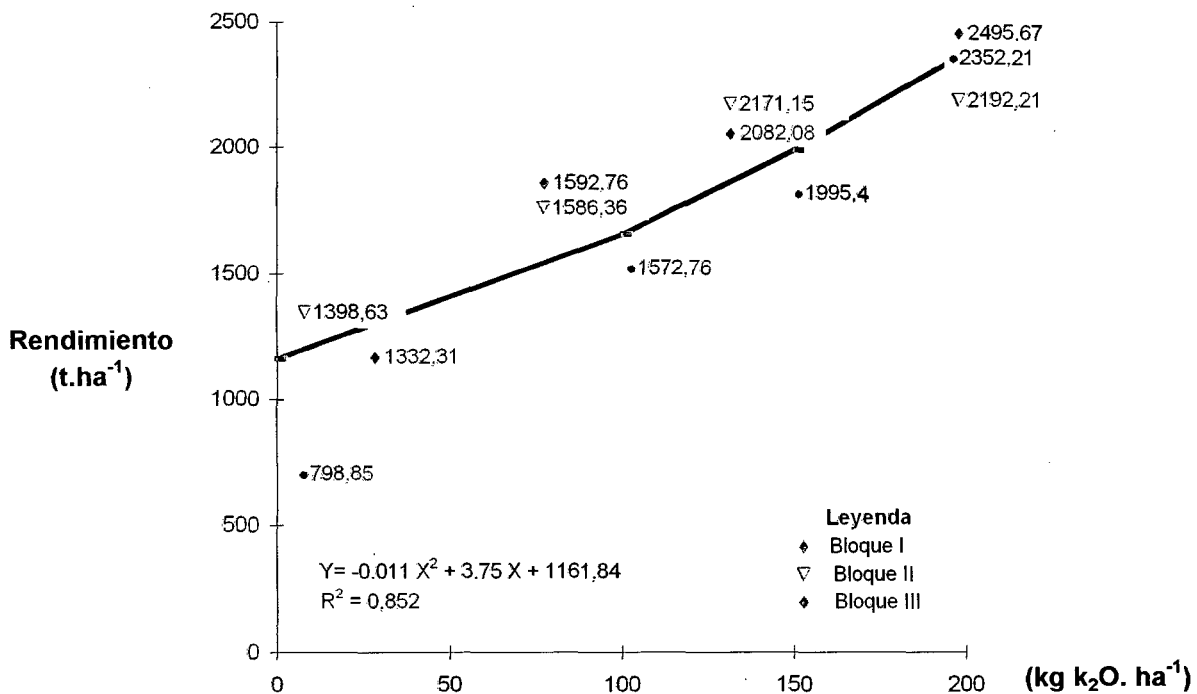
**Cuadro 11.** Rendimiento de la soya por tratamientos

Tratamiento		Rendimiento	Significación*
me Ca/100 kg K <sub>2</sub> O. ha <sup>-1</sup>		(t.ha <sup>-1</sup> )	( $\alpha=0.05$ )
(7.5)	(200)	2576.29	a
(5.0)	(200)	2405.54	a b
(2.5)	(200)	2346.70	a b
(5.0)	(150)	2302.25	a b c
(7.5)	(150)	2273.28	a b c
(7.5)	(100)	2263.85	a b c
(5.0)	(100)	2110.35	b c d
(2.5)	(150)	2082.88	b c d
(7.5)	(0.0)	1950.80	c d
(5.0)	(0.0)	1839.69	d e
(2.5)	(100)	1583.96	e
(2.5)	(0.0)	1173.60	f
(0.0)	(150)	877.67	f g
(0.0)	(200)	844.16	f g
(0.0)	(100)	767.63	g
(0.0)	(0.0)	587.81	g

\*: Los rendimientos con igual letra en la columna no difieren estadísticamente

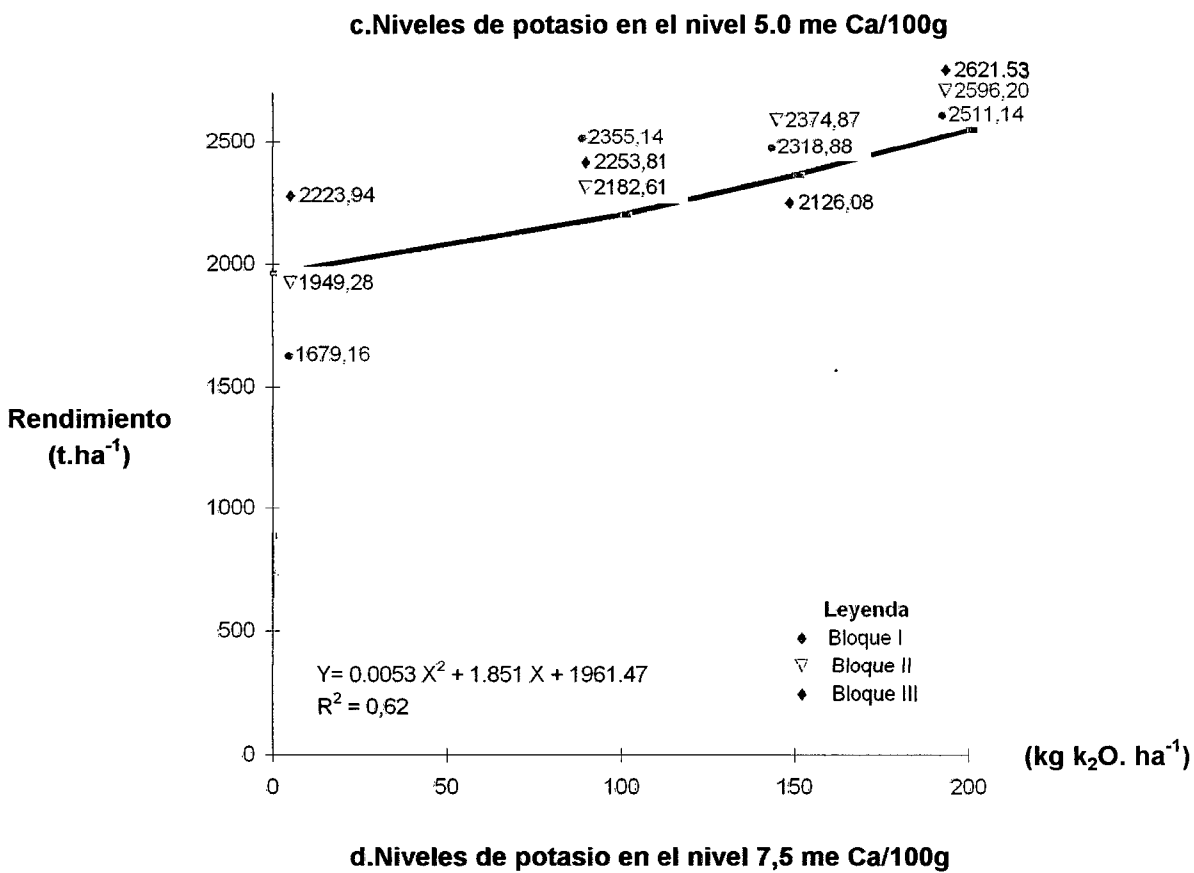
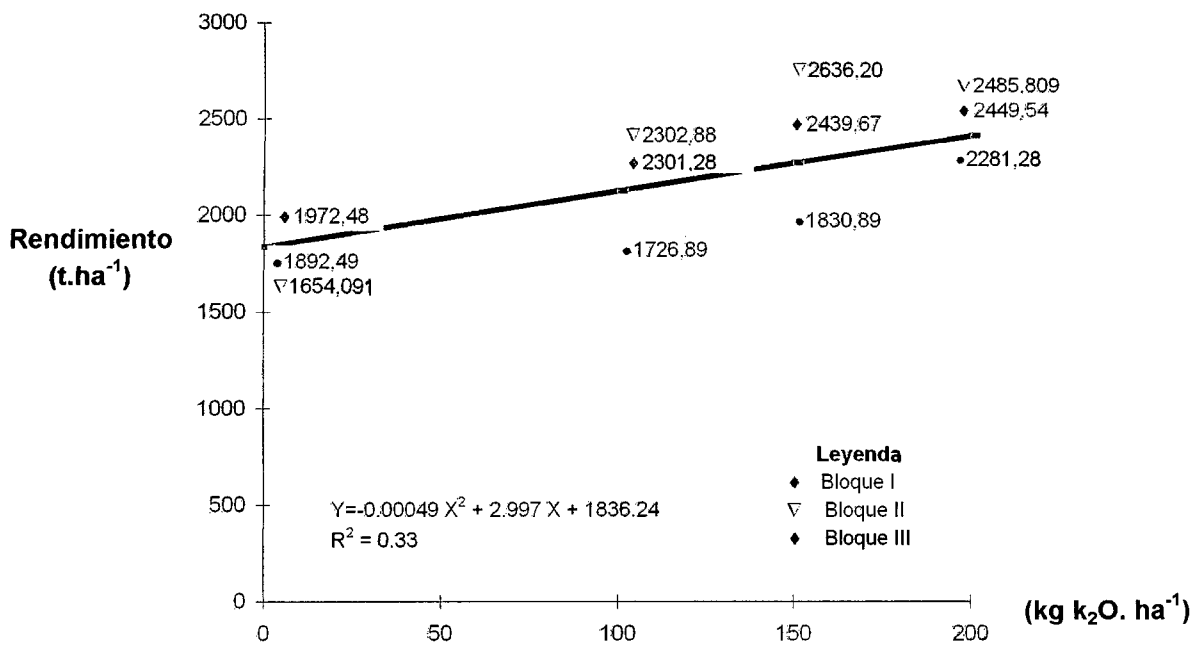


**a. Niveles de potasio en el nivel 0.0 me Ca/100g**

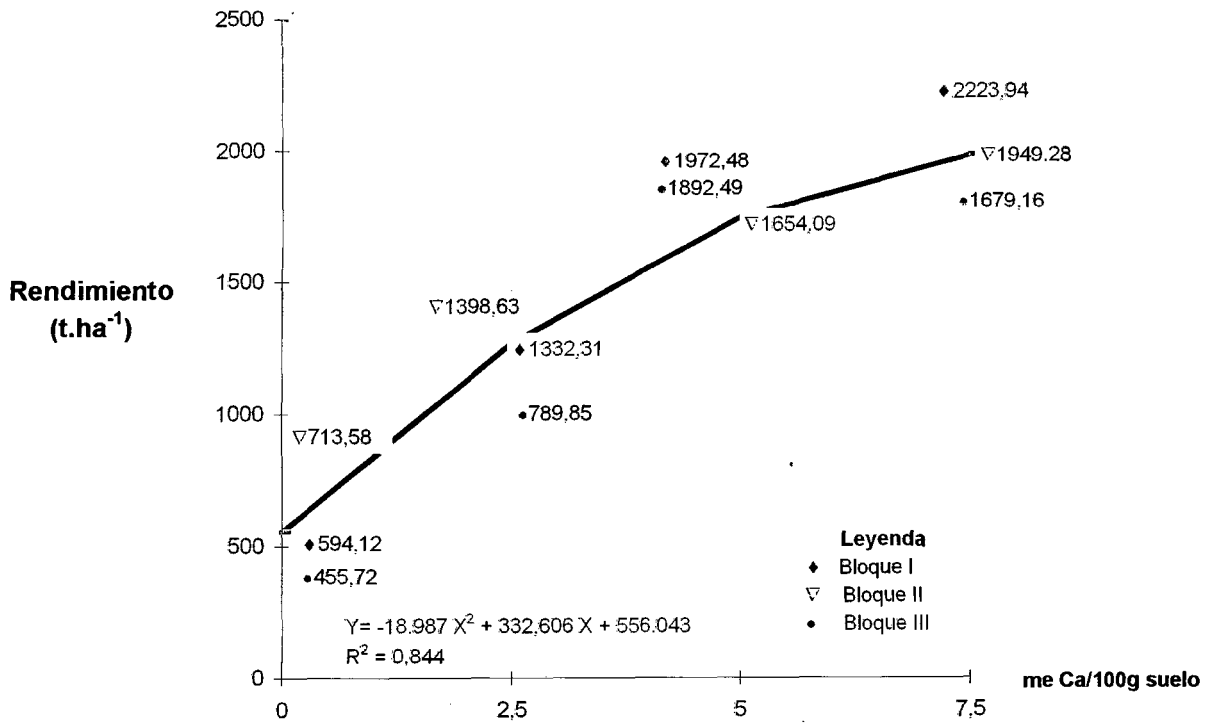


**b. Niveles de potasio en el nivel 2.5 me Ca/100g**

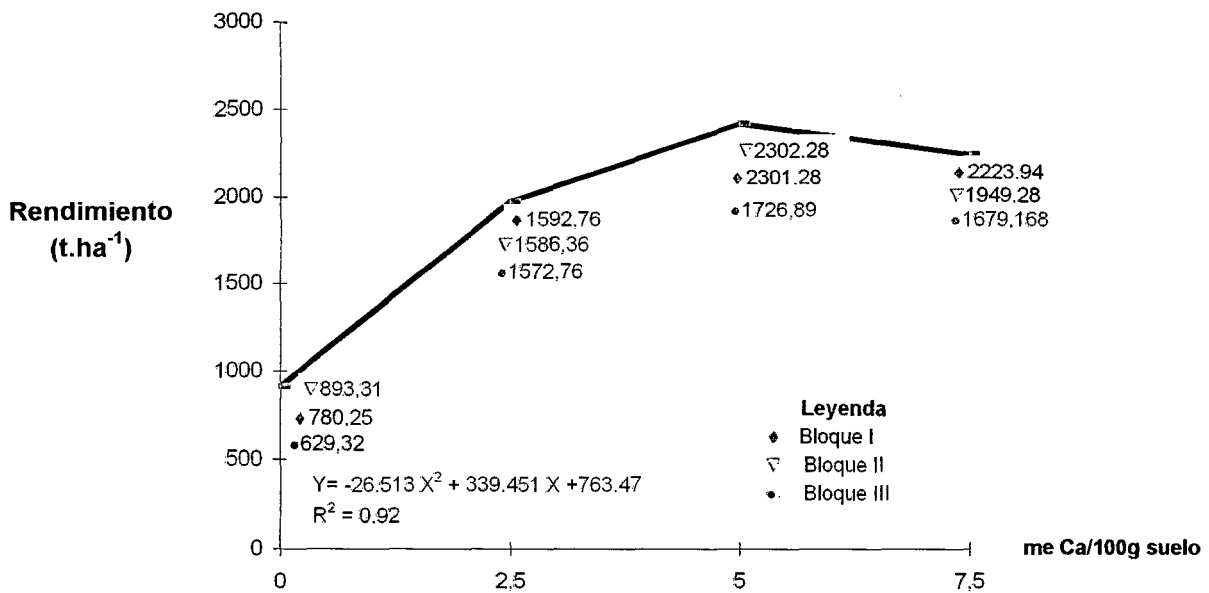
**Figura 1. Efecto de los niveles de potasio en cada nivel de cal en el rendimiento de grano de soja**



... Continuación de la Figura 1



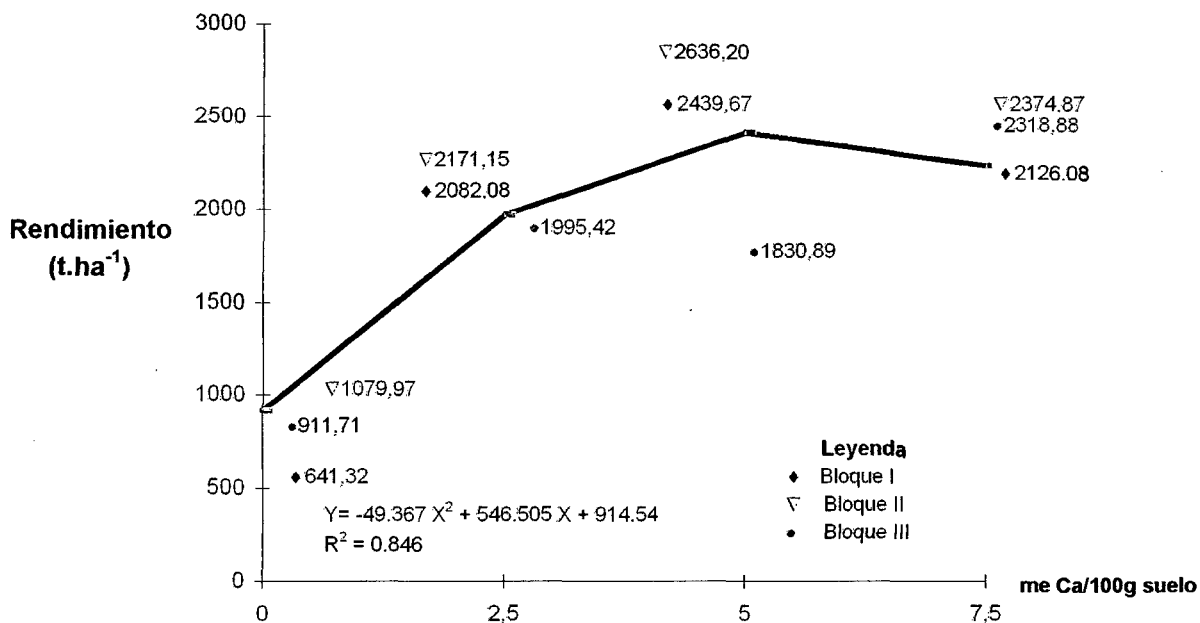
**a. Niveles de cal en el nivel 0 de K<sub>2</sub>O**



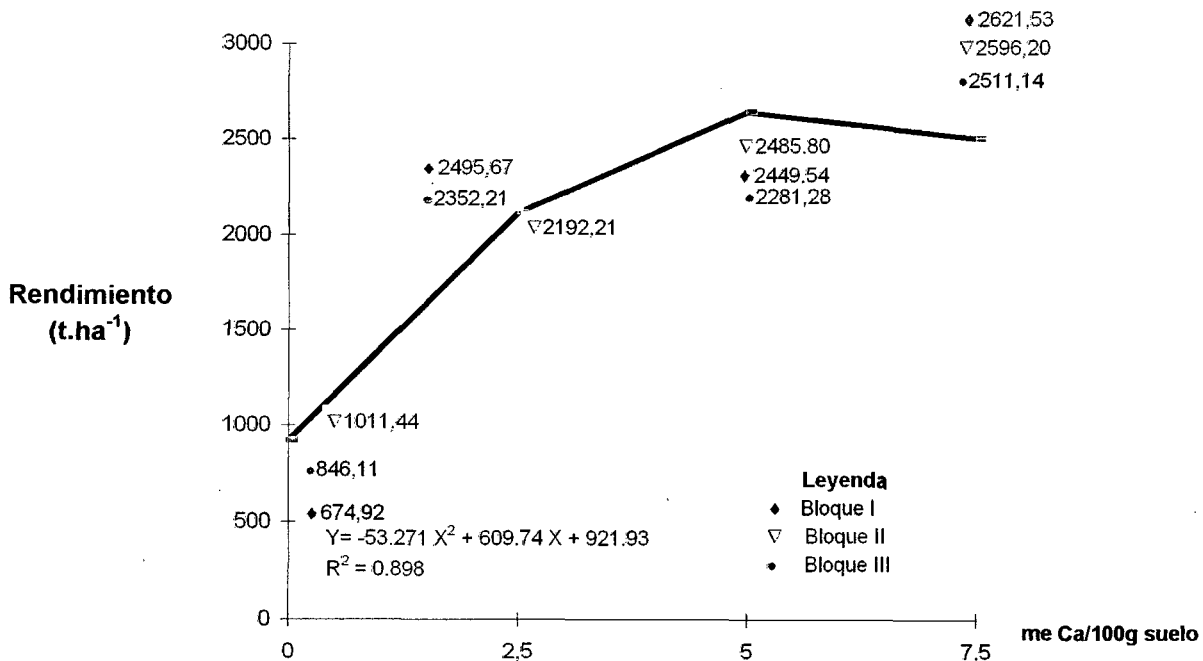
**b. Niveles de cal en el nivel 100 de K<sub>2</sub>O**

**Figura 2.** Efecto de los niveles de cal en cada nivel de potasio en el rendimiento de grano de soya.



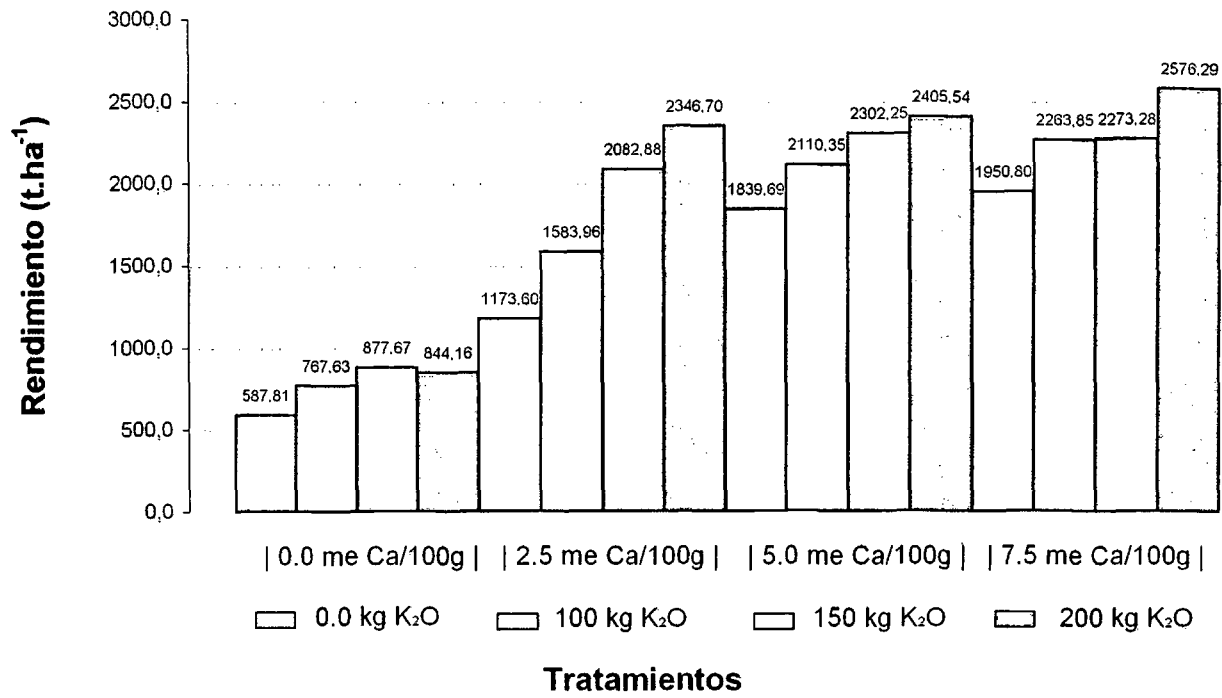


**c. Niveles de cal en el nivel 150 de K<sub>2</sub>O**



**d. Niveles de cal en el nivel 200 de K<sub>2</sub>O**

...Continuación de la Figura 2.



**Figura 3.** Rendimiento de la soya según tratamientos.



## **4.2. Nodulación**

Al momento de la floración de las plantas a 45 días de la siembra los resultados del conteo de nódulos por (*Rhizobium japonicum*), sometidos al análisis de varianza que se muestra en el (Anexo 2-A), mostraron que no existió diferencias significativas entre bloques; pero a nivel de tratamientos y niveles de factores C, K y C x K existió altas diferencias estadísticas.

### **Efecto de los niveles de cal**

Específicamente los datos tratados en relación a los niveles de cal con relación a número de nódulos presentes en la raíz principal y secundarias de la planta de soya al momento de floración, indican según la prueba de comparación Duncan, que existió diferencias estadísticas entre los promedios de los niveles 0, 2.5 me Ca/100g y de éstos dos últimos frente a los promedios más altos 5.0, 7.5 me Ca/100g. El análisis de este factor muestra que la cal, tuvo un efecto positivo sobre la nodulación de la planta de soya, por consiguiente los niveles mayores de encalado presentan mayor número de nódulos; la nodulación propio y características de las leguminosas, pero influenciada por un factor como la acidez del suelo, lo cual concuerda con nuestros resultados, que cuando encalamos estamos mejorando las propiedades físicas y químicas del suelo.

**Cuadro 12.** Prueba de Duncan para el efecto de la cal en el número de nódulos de la planta de soya al momento de la floración.

<b>Niveles de cal (me Ca/100g)</b>	<b>Número de nódulos</b>	<b>Significación* (<math>\alpha=0.05</math>)</b>
c <sub>4</sub> (7.5)	4.21	a
c <sub>3</sub> (5.0)	4.16	a
c <sub>2</sub> (2.5)	3.61	b
c <sub>1</sub> (0.0)	1.96	c

\*: Los rendimientos con igual letra en la columna no difieren estadísticamente

### **Efecto de los niveles de potasio**

Con relación a los niveles de  $K_2O$ , la prueba Duncan, señala que el nivel 200 kg  $K_2O$ . ha<sup>-1</sup> con promedio de 4.05 nódulos, marcó diferencias estadísticas con los otros tres niveles 150, 100 y 0.0 kg  $K_2O$ . ha<sup>-1</sup>, entre los cuales no existió diferencias estadísticas.

La fertilización potásica también dejó sentir su efecto, tal es así, que en las dosis de cloruro de potasio, el mayor nivel de fertilización 200 kg  $K_2O$ . ha<sup>-1</sup>, logró obtener un promedio de 4.05 nódulos. En cuanto a la fertilización con cloruro de potasio, influyó en la nodulación, por que el potasio cumple funciones trascendentales en la fisiología de las plantas, como también mejora la nodulación de las leguminosas (Tisdale, 1991).

**Cuadro 13.** Prueba de Duncan para el efecto del  $K_2O$  en el número de nódulos presentes en la planta de soya al momento de floración.

Niveles de potasio (kg $K_2O$ . ha <sup>-1</sup> )	Número de nódulos	Significación* ( $\alpha=0.05$ )
k <sub>4</sub> (200)	4.05	a
K <sub>3</sub> (150)	3.32	b
k <sub>2</sub> (100)	3.27	b
k <sub>1</sub> (0.0)	3.11	b

\*: Los rendimientos con igual letra en la columna no difieren estadísticamente

### Efecto de interacción

#### efecto de los niveles de K en cada uno de los niveles de cal

Evaluated el número de nódulos presentes en las raíces mediante los efectos simples Cuadro 14 vemos que el nivel de 200 kg  $K_2O$ . ha<sup>-1</sup> en el nivel 5.0 me Ca/100g resultó muy superior a los niveles de 100 y 0.0 kg  $K_2O$ . ha<sup>-1</sup>, pero los niveles 150 y 200 kg  $K_2O$ . ha<sup>-1</sup>, en el mismo nivel de cal, no presentan significación estadística. De la misma manera el promedio de nódulos con los niveles 100, 0.0 y 200 kg  $K_2O$ . ha<sup>-1</sup> de en el nivel de 0.0 me Ca/100g resultaron no significativos; mientras que el nivel 100 kg  $K_2O$ . ha<sup>-1</sup>, con menor número de nódulos en promedio, si difiere significativamente del nivel 150 kg  $K_2O$ . ha<sup>-1</sup> para el mismo nivel de cal. Como podemos observar, los mayores niveles de potasio 200 y 150 kg  $K_2O$ . ha<sup>-1</sup> con los diferentes niveles de encalado resultaron con mayor número de nódulos presentes en las raíces. Esto quizás

se puede deber a que las raíces de las plantas encontraron suficiente K en el suelo y fueron aprovechadas por estas.

### **Efecto de los niveles de cal en cada uno de los niveles de K**

Los resultados de los efectos simples que se muestran en el Cuadro 15, evidencian que los niveles 5.0, 7.5 y 2.5 me Ca/100g en el nivel 200 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup>, resultaron superiores en cuanto al número de nódulos siendo estos no significativos, de igual forma los mismos niveles de encalado pero con abonado de 150, 100 y 0.0 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> no presentan significación estadística, pero si difieren estadísticamente con los niveles que no fueron encalados 0.0 me Ca/100g, por presentar menor número de nódulos.

Asimismo, los niveles (5.0, 7.5 y 2.5 me.Ca/100g) para el nivel de 0.0 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> no presentan significación estadística, en cuanto al promedio de nódulos por planta; pero estos difieren significativamente con el nivel 0.0 me Ca/100g, siendo éste último el nivel que presenta en promedio menor números de nódulos. Estos resultados evidencian que los niveles de encalado y fertilización potásica tuvieron que ver con éstas diferencias en los promedios de los nódulos; con estos promedios se percibe claramente que es el encalado, es el que juega el papel más importante, ayudando a que el potasio sea disponible por las plantas.

### **Efecto general de los tratamientos en el número de nódulos**

Los promedios de las interacciones CxK sometidos a la prueba de comparación de Duncan mostrados en el Cuadro 16, indican que los tratamientos con mayor número de nódulos fueron los que tuvieron mayores

niveles de encalado y mayores niveles de potasio, siendo estos tratamientos 5.0, 7.5 y 2.5 me Ca/100g con 200, 200 y 200 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup>, no presentando significación estadística; asimismo los niveles de 7.5, 5.0 y 7.5 con 150, 150 y 100 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup>, no presentan significación estadística con los niveles altos, ya mencionados por presentar similar número de nódulos respectivamente.

Mientras que los que fueron encalados con los diferentes niveles de cal y abonados con niveles bajos de potasio resultaron con menor número de nódulos, siendo estos tratamientos 5.0, 2.5, 5.0 y 7.5 me Ca/100g con 100, 150, 0.0 y 0.0 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> y a su vez estos, no difieren estadísticamente.

De igual forma los niveles bajos de encalado y con diferentes niveles de potasio 0.0, 0.0, 0.0 y 0.0 me Ca/100g con 100, 0.0, 200 y 150 kg K<sub>2</sub>O, ha<sup>-1</sup>, son los tratamientos que obtuvieron menor número de nódulos presentes en las raíces de la soya. Con estos resultados obtenidos se ratifica según (Sánchez, 1981) y (Potash & Phosphate Institute, 1996), que el encalado estimula a los microorganismos del suelo, favoreciendo la actividad y desarrollo de los *Rhizobium* y la fertilización potásica influyó en la nodulación de las raíces, ya que el potasio cumple funciones trascendentales en la fisiología de la planta.

La Figura 4 grafica los promedios del número de nódulos de las plantas de soya según tratamiento.

**Cuadro 14.** Prueba de Duncan para el efecto del potasio en cada nivel de cal para nódulos de la planta de soya al momento de floración.

<b>Nivel de potasio (kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Número de nódulos</b>	<b>Significación* (<math>\alpha=0.05</math>)</b>
<b>Efectos simples para k en c<sub>1</sub> (0.0 me Ca/100g.)</b>		
k <sub>2</sub> (100)	2.39	a
k <sub>1</sub> (0.0)	2.17	a b
k <sub>4</sub> (200)	1.93	a b
k <sub>3</sub> (150)	1.38	b
<b>Efectos simples para k en c<sub>2</sub> (2.5 me Ca/100g.)</b>		
k <sub>4</sub> (200)	4.55	a
k <sub>3</sub> (150)	3.71	a b
k <sub>1</sub> (0.0)	3.24	b
k <sub>2</sub> (100)	2.99	b
<b>Efectos simples para k en c<sub>3</sub> (5.0 me Ca/100g.)</b>		
k <sub>4</sub> (200)	5.18	a
k <sub>3</sub> (150)	4.14	a b
k <sub>2</sub> (100)	3.73	b
k <sub>1</sub> (0.0)	3.65	b
<b>Efectos simples para k en c<sub>4</sub> (7.5 me Ca/100g.)</b>		
k <sub>4</sub> (200)	4.91	a
k <sub>3</sub> (150)	4.45	a b
k <sub>2</sub> (100)	4.06	a b
k <sub>1</sub> (0.0)	3.45	b

\*: Los rendimientos con igual letra en la columna no difieren estadísticamente



**Cuadro 15.** Prueba de Duncan para el efecto de la cal en cada nivel de potasio para nódulos de la planta de soya al momento de floración.

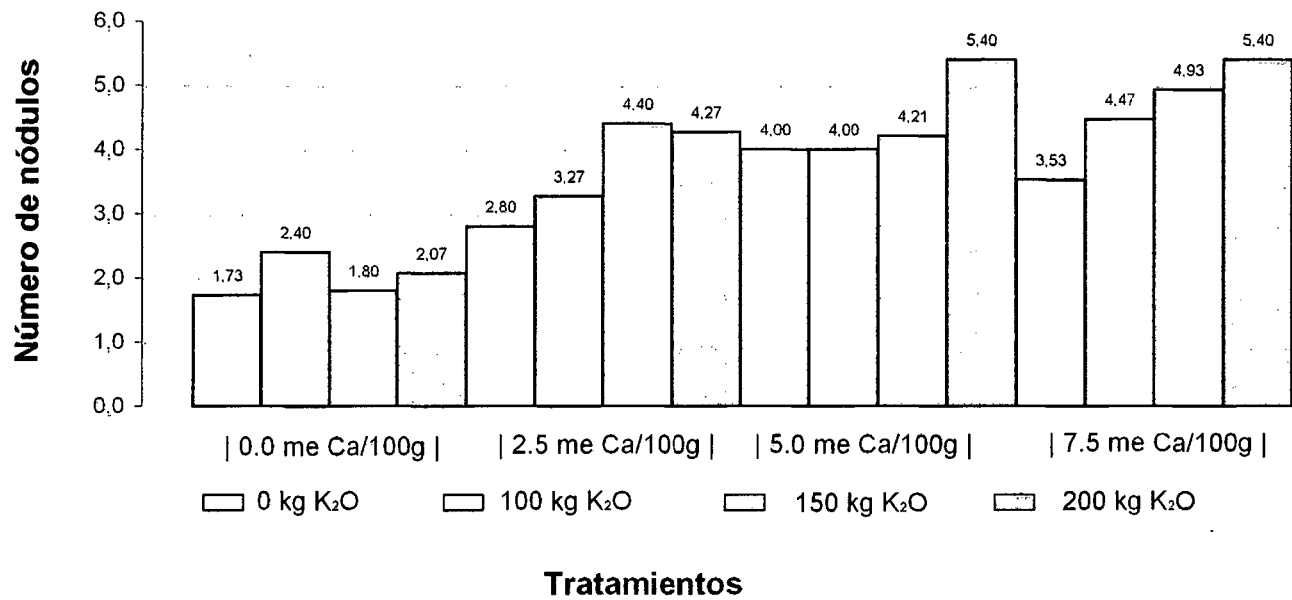
Nivel de cal (me Ca/100g)	Número de nódulos	Significación* ( $\alpha=0.05$ )
Efectos simples para cal en $k_1$ (kg $K_2O$ . $ha^{-1}$ )		
$c_3$ (5.0)	3.65	a
$c_4$ (7.5)	3.45	a
$c_2$ (2.5)	3.24	a
$c_1$ (0.0)	2.17	b
Efectos simples para cal en $k_2$ (kg $K_2O$ . $ha^{-1}$ )		
$c_4$ (7.5)	4.06	a
$c_3$ (5.0)	3.73	a b
$c_2$ (2.5)	2.99	b c
$c_1$ (0.0)	2.39	c
Efectos simples para cal en $k_3$ (kg $K_2O$ . $ha^{-1}$ )		
$c_4$ (7.5)	4.45	a
$c_3$ (5.0)	4.14	a
$c_2$ (2.5)	3.71	a
$c_1$ (0.0)	1.38	b
Efectos simples para cal en $k_4$ (kg $K_2O$ . $ha^{-1}$ )		
$c_3$ (5.0)	5.18	a
$c_4$ (7.5)	4.91	a
$c_2$ (2.5)	4.55	a
$c_1$ (0.0)	1.93	b

\*: Los rendimientos con igual letra en la columna no difieren estadísticamente

**Cuadro 16.** Prueba de Duncan para el número de nódulos de las plantas de soya por tratamiento a 45 días.

Tratamiento		Número de nódulos	Significación* ( $\alpha=0.05$ )
me Ca/100	kg K <sub>2</sub> O. ha <sup>-1</sup>		
(5.0)	(200)	5.18	a
(7.5)	(200)	4.91	a b
(2.5)	(200)	4.55	a b c
(7.5)	(150)	4.45	a b c
(5.0)	(150)	4.14	a b c d
(7.5)	(100)	4.06	a b c d
(5.0)	(100)	3.73	b c d
(2.5)	(150)	3.71	b c d
(5.0)	(0.0)	3.65	c d
(7.5)	(0.0)	3.45	c d e
(2.5)	(0.0)	3.24	d e
(2.5)	(100)	2.99	d e f
(0.0)	(100)	2.39	e f g
(0.0)	(0.0)	2.17	f g
(0.0)	(200)	1.93	g h
(0.0)	(150)	1.38	h

\*: Los rendimientos con igual letra en la columna no difieren estadísticamente



**Figura 4.** Número de nódulos de las plantas de soya según tratamientos.

### **4.3. Número de vainas por planta**

Realizado el análisis de variancia para el número de vainas por planta, los cuales se muestran en el (Anexo 3-A), se observa que existen diferencias significativas entre bloques, diferencias altamente significativas para los efectos principales de Cal y Potasio, mientras que a nivel de la interacción Cal x Potasio no hubo diferencias estadísticas.

#### **Efecto de los niveles de cal**

El Cuadro 17, presenta los datos del efecto de la cal con relación al número de vainas. Se observa que no hubo significación estadística entre los niveles 5.0 y 7.5 me Ca/100g, y que ambos tratamientos fueron estadísticamente superiores a los niveles más bajos de Cal 0.0 y 2.5 me Ca/100g. Estos resultados no se pueden interpretar como que el Ca favoreció una mayor formación de vainas y granos, desde que esta función es más atribuida al Potasio. Tratándose de un efecto principal, es indudable que dentro de los resultados presentados se encuentra incluido el efecto de la fertilización potásica.

#### **Efecto de los niveles de potasio**

De igual forma, efectuando la prueba Duncan Cuadro 18, a los niveles de cloruro de potasio, se observa que los promedios de los niveles 200,150 y 100 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> no presentan diferenciación significativa; pero, comparándose estos tres con el promedio mas bajo 0.0 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup>, con 32.71 vainas en promedio se encuentra diferencias significativas. De lo visto se podría concluir que no se requieren grandes niveles de K para producir un mayor número de

vainas. Vemos los resultados que el mayor número de vainas por planta se obtuvo con los mayores niveles de potasio, esto indica que las plantas aprovecharon bien la disponibilidad del potasio del sustrato.

**Cuadro 17.** Prueba de Duncan para el efecto de la cal en el número de vainas por planta de soya.

<b>Niveles de cal (me Ca/100g)</b>	<b>Número de vainas</b>	<b>Significación (<math>\alpha=0.05</math>)</b>
c <sub>3</sub> (5.0)	48.60	a
c <sub>4</sub> (7.5)	58.56	a
c <sub>2</sub> (2.5)	43.02	b
c <sub>1</sub> (0.0)	23.27	c

\*: Los rendimientos con igual letra en la columna no difieren estadísticamente

**Cuadro 18.** Prueba de Duncan para el efecto del K<sub>2</sub>O en el número de vainas por planta de soya.

<b>Niveles de potasio (kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Número de Vainas</b>	<b>Significación* (<math>\alpha=0.05</math>)</b>
k <sub>4</sub> (200)	44.00	a
k <sub>3</sub> (150)	43.38	a
k <sub>2</sub> (100)	40.48	a
k <sub>1</sub> (0.0)	32.94	b

\*: Los rendimientos con igual letra en la columna no difieren estadísticamente

## **Efecto de interacción**

### **Efecto de los niveles de K en cada uno de los niveles de cal**

Los efectos simples que muestra el Cuadro 19, presenta los número de vainas por planta al momento de la cosecha, de los niveles de potasio en cada nivel de cal, vemos que los niveles de 200, 150 y 100 kg  $K_2O$ .  $ha^{-1}$  en el nivel 7.5 me Ca/100g, presentan la mayor cantidad de vainas en promedio por planta, y estos a su vez no presentan significación estadística entre ellos por resultar con similares promedios de vainas. De igual manera, la diferencia de promedios de números de vainas de los niveles de 200, 150 y 100 kg  $K_2O$ .  $ha^{-1}$  en el nivel de 5.0 me Ca/100g, no presentan diferenciación estadística significativa; sin embargo, en el mismos nivel 5.0 me Ca/100g, si difieren significativamente los niveles extremos 200 y 0.0 kg  $K_2O$ .  $ha^{-1}$  éste último presentando el promedio de vainas por planta más bajo.

Por otro lado, los promedios alcanzados con los niveles 100, 150 y 200 kg  $K_2O$ .  $ha^{-1}$  en el nivel 0.0 me Ca/100g, resultaron no significativos, encontrándose solamente diferencias con el nivel 0.0 kg  $K_2O$ .  $ha^{-1}$  cuyo promedio de vainas fue el más bajo. En efecto los niveles mayores de potasio tuvieron mejor resultado en cuanto a la cantidad de vainas por planta; esto nos indica la importancia del potasio en la fertilización del cultivo de soya, esencialmente en lo que se refiere, a que evita la merma en el rendimiento y/o calidad de los vainas o frutos. (Potash & Phosphate Institute, 1996 y Tisdale, 1991).

### **Efectos de los niveles de cal en cada uno de los niveles de K**

En el Cuadro 20, se presentan los efectos simples del encalado en cada nivel de potasio, los efectos simples de los niveles 7.5, 5.0 y 2.5 me Ca/100g en 200 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup>, son los que presentan mayor número en promedio de vainas por planta, y difieren significativamente solo con 0.0 me Ca/100g, mientras que entre ellos de acuerdo a la estadística no existe diferenciación.

Resultó interesante también que el nivel 0.0 me Ca/100g en todos los niveles de potasio 0.0, 100, 150 y 200 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup>, presentan menor número de vainas por planta; sin embargo, que a medida que aumenta los niveles de potasio aumenta; también aumento el número de vainas por planta. Consideramos que estos aumentos obedecen de alguna forma al encalado, muy importante en los suelos ácidos.

### **Efectos generales de los tratamientos en el número de vainas por planta**

Similarmente, todos los tratamientos que no llevaron cal 0.0 me Ca/100g, produjeron el menor número de vainas por planta lo que evidencia la necesidad de un mínimo nivel de encalamiento de 2.5 me Ca/100g para incrementar la producción de vainas. La gráfica que expresa los números de vainas de las plantas de soya según tratamiento se muestra en la Figura 5.

**Cuadro 19.** Prueba de Duncan para el efecto del potasio en cada nivel de cal para los números de vainas por planta de soya al momento de la cosecha.

Nivel de potasio (kg K <sub>2</sub> O. ha <sup>-1</sup> )	Número de vainas	Significación* (α=0.05)
Efectos simples para k en c <sub>1</sub> (0.0 me Ca/100g.)		
k <sub>2</sub> (100)	25.97	a
k <sub>3</sub> (150)	25.23	a b
k <sub>4</sub> (200)	23.35	a b
k <sub>1</sub> (0.0)	18.87	b
Efectos simples para k en c <sub>2</sub> (2.5 me Ca/100g.)		
k <sub>4</sub> (200)	50.57	a
k <sub>3</sub> (150)	50.39	a
k <sub>2</sub> (100)	41.99	a
k <sub>1</sub> (0.0)	30.75	b
Efectos simples para k en c <sub>3</sub> (5.0 me Ca/100g.)		
k <sub>4</sub> (200)	52.72	a
k <sub>3</sub> (150)	50.64	a b
k <sub>2</sub> (100)	48.80	a b
k <sub>1</sub> (0.0)	42.54	b
Efectos simples para k en c <sub>4</sub> (7.5 me Ca/100g.)		
k <sub>4</sub> (200)	53.73	a
k <sub>3</sub> (150)	50.51	a b
k <sub>2</sub> (100)	47.47	a b
k <sub>1</sub> (0.0)	42.86	b

\*: Los rendimientos con igual letra en la columna no difieren estadísticamente



**Cuadro 20.** Prueba de Duncan para el efecto de la cal en cada nivel de potasio para los números de vainas por planta de soya al momento de la cosecha.

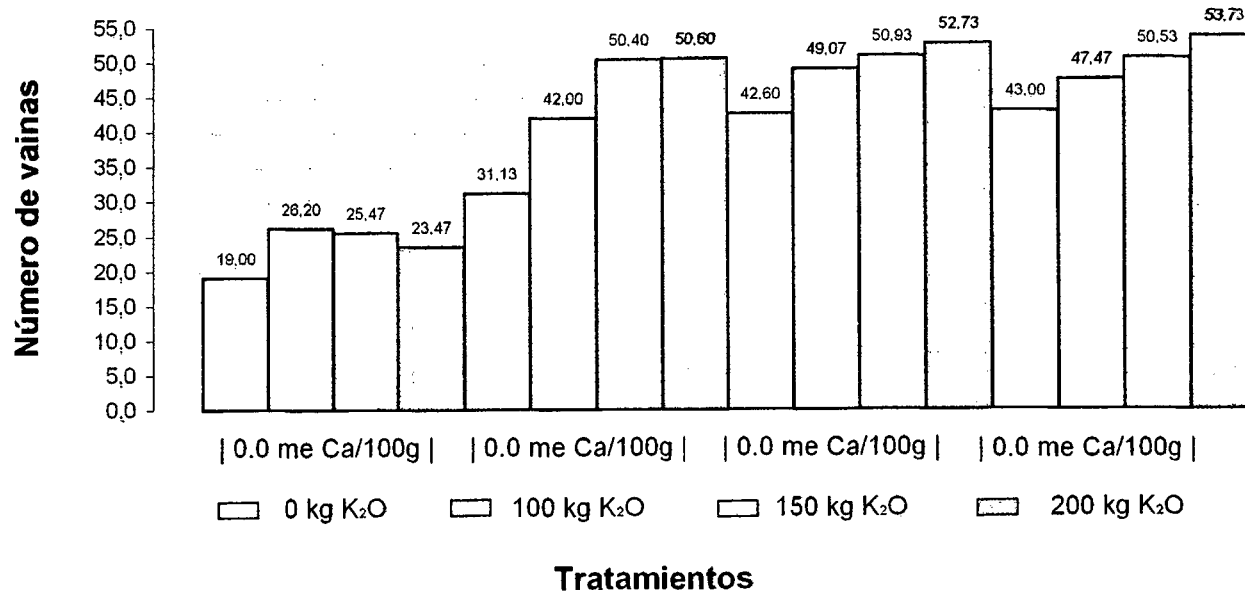
Nivel de cal (me Ca/100g)	Número de vainas	Significación* ( $\alpha=0.05$ )
Efectos simples para cal en $k_1$ (0.0 kg $K_2O$ . $ha^{-1}$ )		
$c_4$ (7.5)	42.86	a
$c_3$ (5.0)	42.54	a
$c_2$ (2.5)	30.75	b
$c_1$ (0.0)	18.87	c
Efectos simples para cal en $k_2$ (0.0 kg $K_2O$ . $ha^{-1}$ )		
$c_3$ (5.0)	48.80	a
$c_4$ (7.5)	47.47	a
$c_2$ (2.5)	41.99	a
$c_1$ (0.0)	25.97	b
Efectos simples para cal en $k_3$ (0.0 kg $K_2O$ . $ha^{-1}$ )		
$c_3$ (5.0)	50.64	a
$c_4$ (7.5)	50.51	a
$c_2$ (2.5)	50.39	a
$c_1$ (0.0)	25.23	b
Efectos simples para cal en $k_4$ (0.0 kg $K_2O$ . $ha^{-1}$ )		
$c_4$ (7.5)	53.73	a
$c_3$ (5.0)	52.72	a
$c_2$ (2.5)	50.57	a
$c_1$ (0.0)	23.35	b

\*: Los rendimientos con igual letra en la columna no difieren estadísticamente

**Cuadro 21.** Prueba de Duncan para el número de vainas de las plantas de soja por tratamiento al momento de la cosecha.

Tratamiento		Número de vainas	Significación* ( $\alpha=0.05$ )
me Ca/100	kg K <sub>2</sub> O. ha <sup>-1</sup>		
(7.5)	(200)	53.73	a
(5.0)	(200)	52.72	a b
(5.0)	(150)	50.64	a b c
(2.5)	(200)	50.57	a b c
(7.5)	(150)	50.51	a b c
(2.5)	(150)	50.39	a b c
(5.0)	(100)	48.80	a b c
(7.5)	(100)	47.47	a b c
(7.5)	(0.0)	42.86	b c
(5.0)	(0.0)	42.54	c
(2.5)	(100)	41.99	c
(2.5)	(0.0)	30.75	d
(0.0)	(100)	25.97	d e
(0.0)	(150)	25.23	d e
(0.0)	(200)	23.35	d e
(0.0)	(0.0)	18.87	e

\*: Los rendimientos con igual letra en la columna no difieren estadísticamente



**Figura 5.** Número de vainas de las plantas de soya según tratamientos.

#### 4.4. Peso de 100 granos

En los resultados obtenidos, luego de someterse al análisis de variancia, se encontró que no existió diferencias significativas a nivel de bloques; mientras que para los efectos principales e interacción las diferencias fueron altamente significativas (Anexo 4-A).

##### Efecto de los niveles de cal

Para el peso de 100 granos el efecto de la cal nuevamente confirma su influencia en el cultivo de la soya; es así que a mayor nivel de cal (7.5 me Ca/100g) se logró un mayor peso promedio de granos, superior a los otros niveles. Sin embargo, esto no significa necesariamente que el Ca haya influenciado directamente en un mayor crecimiento de los granos, sino que a través de una eficiente fertilización potásica se haya propiciado un mayor desarrollo de granos.

**Cuadro 22.** Prueba de Duncan para el efecto de la cal en el peso de 100 granos de soya.

Niveles de cal (me Ca/100g)	Peso de 100 granos (g)	Significación* ( $\alpha=0.05$ )
c <sub>4</sub> (7.5)	11.62	a
c <sub>3</sub> (5.0)	11.08	a
c <sub>2</sub> (2.5)	10.18	a
c <sub>1</sub> (0.0)	8.42	a

\*: Los rendimientos con igual letra en la columna no difieren estadísticamente

### Efecto de los niveles de potasio

Lo mencionado en el párrafo anterior puede ser confirmado analizando el Cuadro 23, que muestra la prueba de significación de Duncan, donde se observa que con los niveles de 200 y 150 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> se obtuvo los mayores promedios de peso de grano en relación a los niveles de 100 y 0 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup>, no presentándose significación estadística entre estos dos últimos niveles. Los resultados obtenidos posiblemente se deban a que el potasio cumple un papel muy importante en acelerar el flujo de los productos asimilados, fomentar la actividad fotosintética y en mejorar la translocación de estos productos, que finalmente se tradujeron en mayor incremento en el peso de los granos de soya, efecto observado repetidamente, principalmente en cultivos que acumulan sustancias de reserva (Potash & Phosphate Institute, 1996).

**Cuadro 23.** Prueba de Duncan para el efecto del K<sub>2</sub>O en el peso de 100 granos de soya.

Niveles de potasio (kg K <sub>2</sub> O. ha <sup>-1</sup> )	Peso de 100 granos (g.)	Significación* (α=0.05)
k <sub>4</sub> (200)	10.93	a
k <sub>3</sub> (150)	10.40	b
k <sub>2</sub> (100)	10.08	c
k <sub>1</sub> (0.0)	9.88	c

\*: Los rendimientos con igual letra en la columna no difieren estadísticamente

## **Efecto de interacción**

### **Efecto de los niveles de K en cada uno de los niveles de cal.**

El Cuadro 24 muestra con mucha claridad que en cada nivel de cal, al incrementarse los niveles de Potasio, se incrementó el peso de 100 semillas y que además de ellos los mayores pesos fueron obtenidos al elevarse los niveles de encalado, indicando ello un efecto sinérgico entre ambos cationes. La bibliografía indica la existencia de un efecto antagónico entre ambos cationes, es decir, que el exceso de uno produciría un "bloqueo" en la absorción del otro. Esto ha sido observado en soya (Informaciones Agronómicas, 1991), cultivo en el que el encalado produjo una reducción en el rendimiento de grano por una mala formación o cuajado de granos, como producto de una deficiente fertilización potásica. Sin embargo, como se verá más adelante (Cuadro 25) los resultados parecen ser algo contradictorios, más aún considerando el bajo nivel de K disponible del suelo en el que se instaló el experimento ( $128 \text{ kg K}_2\text{O. ha}^{-1}$ ). Estos resultados confirman la influencia que ejerce la fertilización potásica y el encalado en el cultivo de soya, es así que a mayor nivel de cal ( $7.5 \text{ me Ca/100g}$ ) se logró el mayor peso promedio de semillas, lo que se tradujo posteriormente en un mayor rendimiento por hectárea.

Similarmente a lo observado en el rendimiento de grano y otras características, a menor nivel de encalado menor fue el efecto de la fertilización potásica; así, cuando no se aplicó cal ( $0 \text{ me Ca/100g}$ ), los pesos de 100 semillas fueron menores que cuando se aplicó en nivel más alto ( $7.5 \text{ me}$

Ca/100g). De este modo se podría afirmar que el Ca mejoró la eficiencia de la fertilización potásica.

#### **Efecto de los niveles de cal en cada uno de los niveles de K.**

En el Cuadro 25 se presenta en efecto del encalado en cada nivel de K aplicado, notándose que el incremento de los niveles de cal en cada nivel de K, propició un mayor peso de 100 semillas. Sin embargo, es necesario precisar que en los niveles más bajos de K (0 y 100 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup>) las diferencias entre niveles de cal resultaron no significativas lo que podría explicarse en el sentido que los bajos niveles de K disponible del suelo en estudio impidieron un mejor efecto de la aplicación de Cal. A mayores niveles de aplicación de K, sí se observaron diferencias de significación entre niveles de Ca, lo que haría presumir que se requiere la presencia de estos cationes en cantidades equilibradas para una mayor eficiencia.

#### **Efectos generales de los tratamientos en el peso de 100 granos.**

Una visión general del cuadro 26 nos permite afirmar que el encalado del suelo fue más importante que la fertilización potásica en el presente estudio. Ello se deduce por el hecho que los seis primeros lugares del cuadro mencionado fueron ocupados por los tratamientos que llevaron los niveles más altos de Ca, y contrariamente, los siete últimos lugares correspondieron a los niveles mas bajos de Ca, en tanto que para el caso de los niveles de K, no fue observada ninguna tendencia. En otros términos, el rendimiento varió en función de los niveles de Ca y no de K. Esta misma observación fue hecha al tratar sobre el rendimiento de grano que en el peso de 100 semillas no hace sino confirmar la

apreciación sobre la necesidad de elevar el pH de estos suelos para así liberar nutrientes disponibles para la planta o para una mayor eficiencia de los fertilizantes aplicados.

#### **4.5. Análisis de rentabilidad**

Efectuados los cálculos establecidos en la metodología para el análisis de rentabilidad se llegó a los resultados que se muestra en el Cuadro 27, y los resultados de los costos constantes en el (Anexo 5-A). Entre los cinco tratamientos con mayor relación B/C se encuentran:  $c_2k_4$  (2.14),  $c_2k_3$  (1.99),  $c_3k_4$  (1.79),  $c_3k_3$  (1.78) y  $c_4k_4$  (1.61); mientras que los tratamientos extremos inferiores, que resultaría no rentables, son  $c_1k_1$  y  $c_1k_2$  con coeficientes de relación B/C menores que la unidad.

El análisis económico nos da la posibilidad de conocer la facilidad del uso o aplicación de los tratamientos en estudio, en el Cuadro 27, se puede observar que el tratamiento  $c_2k_4$  ( $R\ C/B = 2.14$ ) es el que muestra mayor utilidad, por cada S/. 1.0 nuevo sol invertido, se obtendría como renta S/. 1.14 nuevos soles; mientras que el tratamiento  $c_1k_1$  muestra la menor utilidad. Pero en cuanto la eficiencia en el rendimiento de granos el  $c_4k_4$ , presenta un mejor rendimiento que no difiere significativamente con el  $c_2k_2$  ni el  $c_2k_3$ ; entonces la estadística nos dice que podríamos optar por cualquiera de éstos tratamientos. Claro queda entonces, que se tendría que elegir al tratamiento que representaría mayor utilidad al productor. El tratamiento  $c_2k_4$  aun cuando su rendimiento es menor que el  $c_4k_4$ , económicamente resultó mejor, debido principalmente al menor uso de cal que finalmente se tradujo en menor costo de producción.



**Cuadro 24.** Prueba de Duncan para los efectos simples en los niveles de potasio sobre en cada nivel de cal en el peso de 100 granos de soya

<b>Nivel de potasio (kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Peso 100 granos (g.)</b>	<b>Significación* (α=0.05)</b>
<b>Efectos simples para k en c<sub>1</sub> (0.0 me Ca/100g.)</b>		
k <sub>4</sub> (200)	9.17	a
k <sub>3</sub> (150)	8.66	b
k <sub>2</sub> (100)	7.98	c
k <sub>1</sub> (0.0)	7.87	c
<b>Efectos simples para k en c<sub>2</sub> (2.5 me Ca/100g.)</b>		
k <sub>4</sub> (200)	11.14	a
k <sub>3</sub> (150)	10.36	b
k <sub>2</sub> (100)	9.63	c
k <sub>1</sub> (0.0)	9.58	c
<b>Efectos simples para k en c<sub>3</sub> (5.0 me Ca/100g.)</b>		
k <sub>4</sub> (200)	11.40	a
k <sub>3</sub> (150)	11.33	a
k <sub>1</sub> (0.0)	10.79	b
k <sub>2</sub> (100)	10.78	b
<b>Efectos simples para k en c<sub>4</sub> (7.5 me Ca/100g.)</b>		
k <sub>4</sub> (200)	12.01	a
k <sub>3</sub> (150)	11.93	a b
k <sub>2</sub> (100)	11.27	a b
k <sub>1</sub> (0.0)	11.27	b

\*: Los rendimientos con igual letra en la columna no difieren estadísticamente

**Cuadro 25.** Prueba de Duncan para los efectos simples en los niveles de cal sobre en cada nivel de potasio en el peso de 100 granos de soya.

<b>Nivel de cal (me Ca/100 g)</b>	<b>Peso 100 granos (g.)</b>	<b>Significación* (<math>\alpha=0.05</math>)</b>
<b>Efectos simples para cal en <math>k_1</math> (0.0 kg <math>K_2O</math>. ha<sup>-1</sup>)</b>		
$c_4$ (7.5)	11.27	a
$c_2$ (2.5)	10.79	a
$c_3$ (5.0)	9.58	a
$c_1$ (0.0)	7.87	a
<b>Efectos simples para cal en <math>k_2</math> (100 kg <math>K_2O</math>. ha<sup>-1</sup>)</b>		
$c_4$ (7.5)	11.93	a
$c_3$ (5.0)	10.78	a
$c_2$ (2.5)	9.63	a
$c_1$ (0.0)	7.98	a
<b>Efectos simples para cal en <math>k_3</math> (150 kg <math>K_2O</math>. ha<sup>-1</sup>)</b>		
$c_3$ (5.0)	11.33	a
$c_4$ (7.5)	11.27	a
$c_2$ (2.5)	10.36	b
$c_1$ (0.0)	8.66	c
<b>Efectos simples para cal en <math>k_4</math> (200 kg <math>K_2O</math>. ha<sup>-1</sup>)</b>		
$c_4$ (7.5)	12.01	a
$c_3$ (5.0)	11.40	b
$c_2$ (2.5)	11.14	b
$c_1$ (0.0)	9.17	c

\*: Los rendimientos con igual letra en la columna no difieren estadísticamente

**Cuadro 26.** Prueba de Duncan para el efecto de la aplicación de Cal y K<sub>2</sub>O en el peso de 100 granos de soya.

Tratamiento		Peso 100	Significación*
me Ca/100	kg K <sub>2</sub> O. ha <sup>-1</sup>	granos (g.)	( $\alpha=0.05$ )
(7.5)	(200)	12.01	a
(7.5)	(100)	11.93	a
(5.0)	(200)	11.40	b
(5.0)	(150)	11.33	b c
(7.5)	(150)	11.27	b c d
(7.5)	(0.0)	11.27	b c d
(2.5)	(200)	11.14	b c d
(5.0)	(0.0)	10.79	c d e
(5.0)	(100)	10.78	d e
(2.5)	(150)	10.36	e
(2.5)	(100)	9.63	f
(2.5)	(0.0)	9.58	f
(0.0)	(200)	9.17	f g
(0.0)	(150)	8.66	g
(0.0)	(100)	7.98	h
(0.0)	(0.0)	7.87	h

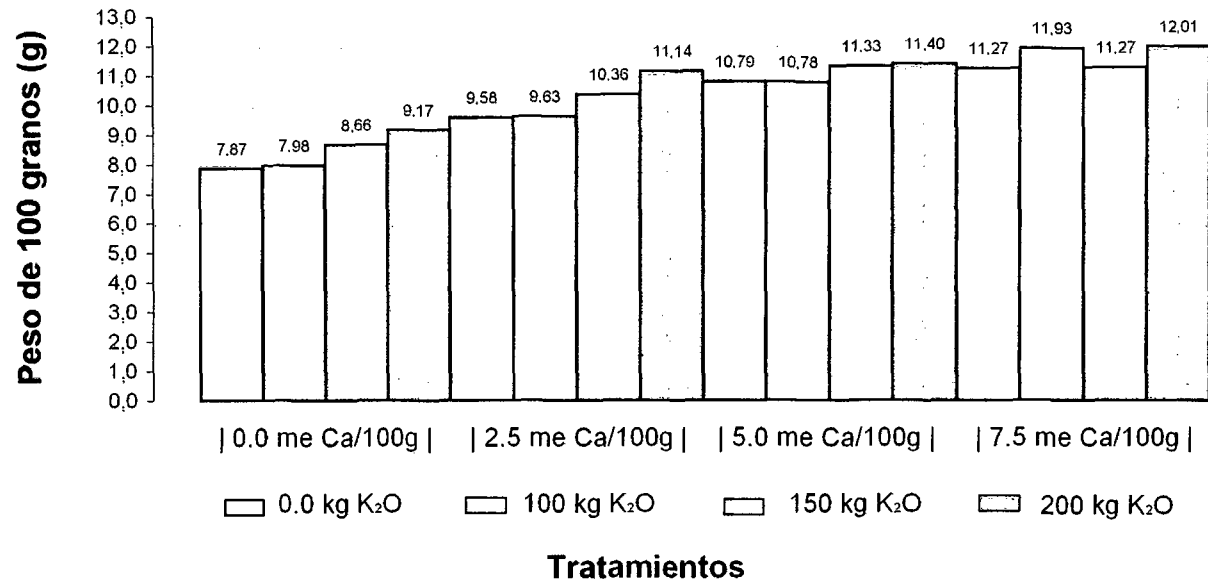
\*: Los rendimientos con igual letra en la columna no difieren estadísticamente

**Cuadro 27.** Análisis de rentabilidad del cultivo de soya según tratamientos del estudio.

Clave	Costo Constante S/.	cal (kg./ha)	Costo Total de cal S/.	KCI (kg./ha)	Costo Total de KCI S/.	COSTO TOTAL/ha S/.	Rendimiento (kg/ha)	Precio /Kg. S/.	INGRESO TOTAL/ha S/.	RENTA NETA	INDICE RENTABILIDAD	RELACION B/C
C2K4	1.732,25	2829,33	622,45	381,366	388,99	2743,70	2346,59	2,50	5866,48	3122,78	1,14	2,14
C2K3	1.732,25	2829,33	622,45	253,161	258,22	2612,93	2082,80	2,50	5207,00	2594,07	0,99	1,99
C3K4	1.732,25	5658,67	1244,91	381,366	388,99	3366,15	2405,66	2,50	6014,15	2648,00	0,79	1,79
C3K3	1.732,25	5658,67	1244,91	253,161	258,22	3235,38	2302,27	2,50	5755,68	2520,29	0,78	1,78
C4K4	1.732,25	8488,00	1867,36	381,366	388,99	3988,60	2576,31	2,50	6440,78	2452,17	0,61	1,61
C2K2	1.732,25	2829,33	622,45	124,956	127,46	2482,16	1584,07	2,50	3960,18	1478,02	0,60	1,60
C3K2	1.732,25	5658,67	1244,91	124,956	127,46	3104,61	1950,80	2,50	4877,00	1772,39	0,57	1,57
C3K1	1.732,25	5658,67	1244,91	0,00	0,00	2977,16	1839,72	2,50	4599,30	1622,14	0,54	1,54
C4K2	1.732,25	8488,00	1867,36	124,956	127,46	3727,07	2263,80	2,50	5659,50	1932,43	0,52	1,52
C4K3	1.732,25	8488,00	1867,36	253,161	258,22	3857,83	2273,27	2,50	5683,18	1825,34	0,47	1,47
C4K1	1.732,25	8488,00	1867,36	0,00	0,00	3599,61	2110,30	2,50	5275,75	1676,14	0,47	1,47
C2K1	1.732,25	2829,33	622,45	0,00	0,00	2354,70	1173,85	2,50	2934,63	579,92	0,25	1,25
C1K3	1.732,25	0,00	0,00	253,161	258,22	1990,47	877,71	2,50	2194,28	203,80	0,10	1,10
C1K2	1.732,25	0,00	0,00	124,956	127,46	1859,71	767,40	2,50	1918,50	58,79	0,03	1,03
C1K4	1.732,25	0,00	0,00	381,366	388,99	2121,24	844,01	2,50	2110,03	-11,22	-0,01	0,99
C1K1	1.732,25	0,00	0,00	0,00	0,00	1732,25	588,10	2,50	1470,25	-262,00	-0,15	0,85

\* Los costos y precios corresponden al periodo mayo del 2004.

\* Tipo de cambio S/3.35.



**Figura 6.** Peso de 100 granos de soya según tratamientos.

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos y a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se llega a las siguientes conclusiones:

1. Los suelos ácidos de Leoncio Prado - Alto Huallaga, pueden ser utilizados para el cultivo de soya de la variedad INIA UCAYALI II, si son previamente encalados y fertilizados adecuadamente con potasio.
2. Los mejores rendimientos en producción de soya mostraron los tratamientos con 7.5 me Ca/100g y 200 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> (2576.29 t.ha<sup>-1</sup>), seguido del tratamiento con 5 me Ca/100g y 200 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> (2405.54 t.ha<sup>-1</sup>) y 2.5 me Ca/100g y 200 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> (2346.70 t.ha<sup>-1</sup>), aunque no hubo diferencias estadísticas entre estos tratamientos.
3. El tratamiento con 2.5 me Ca/100g y 200 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> con un rendimiento de 2346.70 t.ha<sup>-1</sup> fue el que presentó mayor rentabilidad para el cultivo de la soya.
5. Mediante la derivación de la ecuación de regresión, se obtuvo que los niveles óptimos de 5.7 me Ca/100g y abonó con 200 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> produciendo un rendimiento de 2666 t.ha<sup>-1</sup>, y cuando se encaló con 5.5 me Ca/100g y abonó con 150 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> produjo un rendimiento de 2427 t.ha<sup>-1</sup>.

## VI. RECOMENDACIONES

De acuerdo a las conclusiones del estudio se plantea las siguientes recomendaciones.

1. Adoptar dentro del manejo del cultivo de soya la practica de encalado y fertilización potásica en los suelos ácidos del alto Huallaga.
2. Los nuevos trabajos similares a aplicaciones de encalado y fertilización potásica en soya, deben ser continuados con el mismo cultivo para evaluar su efecto residual.
3. Utilizar en los suelos ácidos del Alto Huallaga, el encalado y la fertilización potásica a niveles iguales o mayores a  $2.5 \text{ me Ca}/100\text{g}$  y  $200 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$ , con el fin de obtener un rendimiento productivo y rentable del cultivo de la soya.
4. Utilizar las semillas certificadas de soya "INIA UCAYALI II" proporcionadas por el INIA de Pucallpa, por adaptarse muy bien a las condiciones ecológicas de Tingo María, y por presentar buenos rendimientos.

## VII. RESUMEN

El presente ensayo se llevó a cabo en un suelo ácido ubicado en una colina alta con una pendiente entre 20-30%, en el distrito de Rupa Rupa, de la provincia de Leoncio Prado (Huánuco), durante el periodo octubre a diciembre del 2003 y de enero a febrero del 2004, con el objetivo de evaluar el efecto de los niveles de encalado y niveles de fertilización potásica en el rendimiento del cultivo de soya y determinar su rentabilidad. Las semillas certificadas de soya que se utilizaron fueron de la variedad "INIA UCAYALI II". El material encalante utilizado fue la cal y las fuentes de fertilización: urea 46%, super fosfato triple 46% y cloruro de potasio a niveles de 0, 100, 150 y 200 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup>.

Se utilizó un DBCA con arreglo factorial de 4 x 4, y para la comparación de medias de tratamientos, se usó la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ). Se evaluó el rendimiento de grano, nodulación, número de vainas por planta, peso de 100 semillas y análisis de rentabilidad de cada tratamiento

Los resultados mostraron que el tratamiento que logro mayor rendimiento fue el C<sub>4</sub>K<sub>4</sub> (2576.29 t.ha<sup>-1</sup>), con 7.5 me Ca/100g y 200 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup>, seguido del tratamientos C<sub>3</sub>K<sub>4</sub> (2405.54 t.ha<sup>-1</sup>) y C<sub>2</sub>K<sub>4</sub> (2346.70 t./ha<sup>-1</sup>), que presentaron niveles de (5.0 me Ca/100g y 200 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup>) y (2.5 me Ca/100g y 200 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup>), respectivamente. Al no encontrarse diferencias significativas entre estos tratamientos y siendo el tratamiento c<sub>2</sub>k<sub>4</sub> el presentó mejor rentabilidad, se concluyó que estos suelos se debe usar niveles de cal y potasio iguales o mayores a 2.5 me Ca/100g y 200 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup>.



Al derivar la ecuación de regresión, nos da valores óptimos de encalado siendo éste de 5.7 me Ca/100g y abono con 200 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> produciendo un rendimiento de 2666 t.ha<sup>-1</sup>, y cuando se encaló con 5.5 me Ca/100g y abonó con 150 kg K<sub>2</sub>O. ha<sup>-1</sup> produjo un rendimiento de grano de 2427 t.ha<sup>-1</sup>.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

1. BARRIGA R, R. 1994. Plantas útiles de la Amazonia Peruana. Edit. Libertad E.R.L. Trujillo, Perú 62 p.
2. CERVANTES H, E. 1973. Fertilización con N-P-K (3x3x3) en la variedad soya Improved Pelikan. Tesis Ingeniero Agrónomo Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo Maria, Perú 57 p.
3. CONVENIO U.N.A.S – P.E.A.H. 1991. Problemática y Manejo de los Suelos del Trópico. Tingo Maria, Perú 68 p.
4. CUEVA B, A. 1973. Niveles de cal y épocas de aplicación en el cultivo de soya en Tingo Maria. Tesis Ingeniero Agrónomo Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo Maria, Perú 72 p.
5. CONTI, M, E. 2000. Dinámica de liberación y fijación de potasio en el suelo. Informaciones Agronómicas del Cono Sur. INPOFOS N° 8. Diciembre de 2000. Brasil 120 p.
6. CUBERO J, I. 1983 Leguminosas de Grano. Editorial Mundi prensa, Madrid, España. 350 p.
7. DARWICH N. 1998. Manual de Fertilidad de suelos y uso de fertilizantes. Talleres de Gráfica Armedenho. California, USA 106 p.
8. FASSBENDER H. 1975. Química de los suelos con énfasis en suelos de América Latina. Turrialba, Costa rica. 398 p.
9. GETHING P, A. 1994. Actualidad del potasio. Instituto Internacional de la Potasa. USA. 140 p.

10. F.A.O 2003. Uso mundial de las leguminosas [en línea] México ([http://fao.com/ComponentesusosMundial/Leguminosas/agrodocument\\_o\\_01\\_2003](http://fao.com/ComponentesusosMundial/Leguminosas/agrodocument_o_01_2003)) documento, 01 enero 2003)
11. INFORMACIONES AGRONOMICAS N° 47. 1989. Adubacao potássica. Edit. Rác. Piracicaba, Brasil. 2 p.
12. INIA. 2003. Paquete Tecnológico del cultivo de Soya INIA – UCAYALI 2. Pucallpa, Perú 1 p.
13. KIRK R. 1999 Composición de análisis de alimentos de Pearson. 2da edición. Edit. Continental México. 412 p.
14. MENGEL, K y KIRKBY, E. A. 1994. Principios de nutrición vegetal. Instituto Internacional de la Potasa. USA. 377 p.
15. MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1997. Recomendaciones de fertilización para los principales cultivos tropicales y subtropicales. Boletín N° 12.
16. NUEZ, F. 1995. El Cultivo del Soya. Ediciones Mundi-prensa. Bilbao, España. 200 p.
17. PLASTER, J. E. 1997. La ciencia del suelo y su manejo. Edit. Paraninfo Madrid, España. 165 p.
18. POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA. 1996. Engineering Drive, Suite 110, Norcross, Georgia 30092-2837 USA. 220 p
19. ROLDAN C, Z. 1972. Fertilización con P,K (3x3) en las variedades de soya Acadian e Improved Pelikan. Tesis Ingeniero Agrónomo Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo Maria, Perú. 75 p.

20. TISDALE, S. 1991. Fertilización de los suelos y fertilizantes. Edit Hispano Americano, Mexico. 273 p.
21. SANCHEZ, A. 1981. Suelos de trópico características y manejo. Edit. IICA Costa Rica. 53 p.
22. STEEL, R. G. y TORRIE, J. H. 1995. Bioestadística Principios y Procedimientos. 2da Ed. Edit. McGraw Hill. México.110 p.

## **IX. ANEXO**

1- A

Cuadro 28. Rendimiento por plantas de soya según tratamiento

Bloque	C1				C2				C3				C4			
	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4
I	594,12	780,25	641,32	674,92	1332,31	1592,76	2082,08	2495,67	1972,48	2301,28	2439,67	2449,54	2223,94	2253,81	2126,08	2621,53
II	713,58	893,31	1079,97	1011,44	1398,63	1586,36	2171,15	2192,21	1654,09	2302,88	2636,20	2485,80	1949,28	2182,61	2374,87	2596,20
III	455,72	629,32	911,71	846,11	789,85	1572,76	1995,42	2352,21	1892,49	1726,89	1830,89	2281,28	1679,16	2355,14	2318,88	2511,14
ΣXi	1763,42	2302,88	2633,00	2532,47	3520,79	4751,88	6248,64	7040,09	5519,06	6331,04	6906,76	7216,62	5852,39	6791,56	6819,83	7728,87
X	587,81	767,63	877,67	844,16	1173,60	1583,96	2082,88	2346,70	1839,69	2110,35	2302,25	2405,54	1950,80	2263,85	2273,28	2576,29
C	C1	9231,77			C2	21561,40			C3	25973,48			C4	27192,65		
X		769,31				1796,78				2164,46				2266,05		
K		K1	16655,66			K2	20177,36			K3	22608,23			K4	24518,05	
X			1387,97				1681,45				1884,02				2043,17	

Cuadro 29. Análisis de variancia

Fuente de variación	GL	SC	CMe	Fc		Ft (0,05)	Ft (0,01)
Bloques	2	329609,82	164804,91	4,78	*	3,32	5,39
Tratamientos	15	20572429,78	1371495,32	39,78	**	2,01	2,7
c	3	16824209,58	5608069,86	162,7	**	2,92	4,51
k	3	2876062,09	958687,36	27,81	**	2,92	4,51
cxk	9	872158,10	96906,46	2,81	*	2,21	3,07
Error experimental	30	1034221,66	34474,06				
Total	47	21936261,26					

CV = 11%

Cuadro 30. Análisis de variancia de las interacciones de los factores

Fuentes de variación	GL	SC	CMe	Fc		Ft (0,05)	Ft (0,01)
C en k1	3	3621113,05	1207037,68	35,01	**	2,92	4,51
C en k2	3	4103183,25	1367727,75	39,67	**	2,92	4,51
C en k3	3	4136196,59	1378732,20	39,99	**	2,92	4,51
C en k4	3	5835874,80	1945291,60	56,43	**	2,92	4,51
K en c1	3	150867,72	50289,24	1,46	ns	2,92	4,51
K en c2	3	2453740,67	817913,56	23,73	**	2,92	4,51
K en c3	3	556536,10	185512,03	5,38	*	2,92	4,51
K en c4	3	587075,71	195691,90	5,68	*	2,92	4,51
Error experimental	30	1034221,66	34474,06				

2-A

Cuadro 31. Número de nodulos de las plantas de soya según tratamiento a 45 días de la siembra

Bloque	C1				C2				C3				C4			
	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4
I	1,67	1,84	1,48	1,73	1,90	2,10	2,28	2,28	2,28	2,14	2,24	2,65	2,10	2,28	2,32	2,57
II	1,67	1,95	1,73	1,67	2,05	1,90	2,24	2,14	2,19	2,14	2,33	2,37	2,00	2,24	2,45	2,28
III	2,00	1,73	1,41	1,73	2,24	2,00	2,00	2,65	2,00	2,24	2,24	2,45	2,24	2,24	2,24	2,45
ΣXi	5,35	5,53	4,63	5,14	6,18	5,99	6,52	7,07	6,47	6,53	6,80	7,46	6,33	6,75	7,01	7,30
X	1,78	1,84	1,54	1,71	2,06	2,00	2,17	2,36	2,16	2,18	2,27	2,49	2,11	2,25	2,34	2,43
C	C1	20,64			C2	25,76			C3	27,26			C4	27,39		
X		1,720				2,147				2,272				2,283		
K	K1		24,33		K2		24,80		K3		24,96		K4		26,97	
X			2,028				2,087				2,080				2,247	

Cuadro 32. Análisis de variancia

Fuente de variación	GL	SC	CMe	Fc		Ft (0,05)	Ft (0,01)
Bloques	2	0,010	0,005	0,266	ns	3,32	5,39
Tratamientos	15	3,261	0,217	11,10	**	2,01	2,7
c	3	2,514	0,838	42,77	**	2,92	4,51
k	3	0,340	0,113	5,790	**	2,92	4,51
cxk	9	0,407	0,045	2,308	*	2,21	3,07
Error experimental	30	0,588	0,020				
TOTAL	47	3,859					

CV = 6,6%

Cuadro 33. Análisis de variancia de la interacciones de los factores

Fuentes de variación	GL	SC	CMe	Fc		Ft (0,05)	Ft (0,01)
C en k1	3	0,255	0,085	4,344	*	2,92	4,51
C en k2	3	0,303	0,101	5,153	**	2,92	4,51
C en k3	3	1,192	0,397	20,286	**	2,92	4,51
C en k4	3	1,170	0,390	19,915	**	2,92	4,51
K en c1	3	0,150	0,050	2,554	ns	2,92	4,51
K en c2	3	0,223	0,074	3,788	*	2,92	4,51
K en c3	3	0,207	0,069	3,519	*	2,92	4,51
K en c4	3	0,168	0,056	2,853	ns	2,92	4,51
Error experimental	30	0,588	0,020				

3-A

Cuadro 34. Número de vainas por plantas de soya según tratamiento

Bloque	C1				C2				C3				C4			
	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4
I	4,36	4,88	4,36	4,45	5,92	6,32	7,20	7,33	6,71	7,43	7,52	7,22	7,00	6,90	6,87	7,38
II	4,77	5,76	5,53	5,27	6,05	6,50	7,10	7,11	6,18	7,27	7,47	7,40	6,54	6,87	7,24	7,38
III	3,90	4,65	5,18	4,77	4,67	6,62	7,00	6,88	6,68	6,26	6,36	7,16	6,10	6,90	7,21	7,24
ΣXi	13,03	15,29	15,07	14,50	16,63	19,44	21,30	21,33	19,57	20,96	21,35	21,78	19,64	20,67	21,32	21,99
X	4,34	5,10	5,02	4,83	5,54	6,48	7,10	7,11	6,52	6,99	7,12	7,26	6,55	6,89	7,11	7,33
C	C1	57,89			C2	78,70			C3	83,66			C4	83,62		
X		4,824				6,559				6,971				6,968		
K	K1		68,88		K2		76,35		K3		79,03		K4		79,60	
X			5,740				6,363				6,586				6,634	

Cuadro 35. Análisis de variancia

Fuente de variación	GL	SC	CMe	Fc		Ft (0,05)	Ft (0,01)
Bloques	2	1,507	0,754	5,209	*	3,32	5,39
Tratamientos	15	45,522	3,035	20,97	**	2,01	2,7
c	3	37,678	12,559	86,80	**	2,92	4,51
k	3	6,088	2,029	14,03	**	2,92	4,51
cxk	9	1,756	0,195	1,348	ns	2,21	3,07
Error experimental	30	4,341	0,145				
Total	47	51,370					

CV = 6,0%

Cuadro 36. Análisis de variancia de las interacciones de los factores

Fuente de variación	GL	SC	CMe	Fc		Ft (0,05)	Ft (0,01)
C en k1	3	9,750	3,250	22,46	**	2,92	4,51
C en k2	3	6,852	2,284	15,78	**	2,92	4,51
C en k3	3	9,780	3,260	22,53	**	2,92	4,51
C en k4	3	13,053	4,351	30,07	**	2,92	4,51
K en c1	3	1,031	0,344	2,375	ns	2,92	4,51
K en c2	3	4,892	1,631	11,27	**	2,92	4,51
K en c3	3	0,920	0,307	2,120	ns	2,92	4,51
K en c4	3	1,001	0,334	2,306	ns	2,92	4,51
Error experimental	30	4,34	0,14				



4-A

Cuadro 37. Peso de 100 granos de soya según tratamiento

Bloque	C1				C2				C3				C4			
	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4
I	7,73	8,24	8,62	9,09	9,54	9,90	10,04	11,59	10,98	10,50	10,78	11,73	11,29	11,85	11,30	12,05
II	7,84	7,78	8,86	9,13	9,66	9,40	10,80	10,81	10,83	10,89	11,83	11,35	11,32	11,55	11,33	11,96
III	8,03	7,92	8,49	9,29	9,55	9,59	10,23	11,02	10,57	10,96	11,37	11,12	11,19	12,38	11,18	12,00
ΣXi	23,60	23,94	25,97	27,52	28,74	28,89	31,07	33,42	32,38	32,35	33,98	34,20	33,80	35,78	33,81	36,02
X	7,87	7,98	8,66	9,17	9,58	9,63	10,36	11,14	10,79	10,78	11,33	11,40	11,27	11,93	11,27	12,01
C	C1	101,03			C2	122,12			C3	132,91			C4	139,40		
X		8,42				10,18				11,08				11,62		
K		K1	118,52			K2	120,95			K3	124,83			K4	131,16	
X			9,88				10,08				10,40				10,93	

Cuadro 38. Análisis de variancia

Fuentes de variación	GL	SC	CMe	Fc		Ft	
						(0,05)	Ft (0,01)
Bloques	2	0,0071	0,0035	0,045	ns	3,32	5,39
TRATAMIENTOS	15	81,3465	5,4231	69,5	**	2,01	2,7
c	3	70,6523	23,5508	301,7	**	2,92	4,51
k	3	7,5978	2,5326	32,4	**	2,92	4,51
cxk	9	3,0965	0,3441	4,407	**	2,21	3,07
Error experimental	30	2,3419	0,0781				
Total	47	83,695					

CV = 2,71%

Cuadro 39. Análisis de variancia de las interacciones de los factores

Fuentes de variación	GL	SC	CMe	Fc		Ft	
						(0,05)	Ft (0,01)
C en k1	3	20,697	6,899	88,4	**	2,92	4,51
C en k2	3	25,545	8,515	109,1	**	2,92	4,51
C en k3	3	13,967	4,656	59,6	**	2,92	4,51
C en k4	3	13,539	4,513	57,8	**	2,92	4,51
K en c1	3	3,365	1,122	14,4	**	2,92	4,51
K en c2	3	4,854	1,618	20,7	**	2,92	4,51
K en c3	3	1,006	0,335	4,294	*	2,92	4,51
K en c4	3	1,470	0,490	6,276	**	2,92	4,51
Error experimental	30	2,342	0,078				

5-A

**Cuadro 40.** Costo de producción de soya

AMBITO : LEONCIO PRADO  
 CULTIVO : SOYA  
 VARIEDAD : INIA UCAYALI II  
 TECNOLOGIA : MEDIA  
 EPOCA DE SIEMBRA : (MAYO - AGOSTO)  
 DISTANCIAMIENTO : 0.60 m x 0.25 m.  
 PRECIO DE VENTA : S/.2.50

	Unidad medida	Cantidad	Precio unitario	Aporte benef.	Aporte finac.	Total S./
<b>A. GASTOS DIRECTOS</b>						
1. MANO DE OBRA		<b>69</b>		<b>690,00</b>		<b>690,00</b>
Preparacion terreno	Jornal	25	10,00	250,00		250,00
Siembra	Jornal	12	10,00	120,00		120,00
Fertilización	Jornal	2	10,00	20,00		20,00
Deshiebo ( 2 veces )	Jornal	16	10,00	160,00		160,00
Control Fitosanitario	Jornal	4	10,00	40,00		40,00
Cosecha y acarreo	Jornal	10	10,00	100,00		100,00
2. INSUMOS					<b>897,50</b>	<b>897,50</b>
Semilla	Kgr.	53	4,00		212,00	212,00
Fertilizantes						
Urea	Sacos	5,5	50,00		275,00	275,00
Superfosfato triple	Sacos	6,5	57,00		370,50	370,50
Homai - Cupravit	Global	1	40,00		40,00	40,00
3. TRANSPORTE					<b>50,00</b>	<b>50,00</b>
Insumos	Flete	1	50,00		50,00	50,00
<b>B.GASTOS INDIRECTOS</b>						
1. Imprevistos 10%					<b>94,75</b>	<b>94,75</b>
<b>TOTAL</b>				<b>690,00</b>	<b>1042,25</b>	<b>1.732,25</b>

<b>BENEFICIARIO</b>			<b>690,00</b>
MANO DE OBRA		690,00	
MATERIALES DE LA ZONA			
<b>FINANCIERA</b>			<b>811,80</b>
INSUMOS Y HERRAMIENTAS		776,80	
SERVICIOS		35,00	

## 6-A

### Paquete tecnológico de la semilla de soya INIA Ucayali - II

#### Origen

- Progenitores : AGS - 8 x Júpiter.
- Lugar de cruzamiento : Estación Experimental Huarangopampa (Bagua).
- Procedencia de progenitores : AGD - 8 (Venezuela) y Júpiter (EEUU)
- Año de introducción : 1990
- Lugares de ensayo : Piura, Tumbes, Tarapoto, Jaén, Bagua, y Pucallpa
- Propiedad : INIA - Pucallpa
- Calidad : Muy buena

#### Características morfológicas

- Tipo de planta : Erecta
- Tipo de hoja : Trifoliada / compuesta
- Tipo de flores : Completa
- Color de flor : Lila
- Tipo de raíz : Pivotal
- Altura de la planta : 0.60 - 0.70 cm
- Peso en 100 semilla : 12 g

#### Características Agronómicas

- Periodo vegetativo : 103 días
- Días de floración : 40

Adaptación climática : Temperatura entre 23 °C hasta 30°C ; es

Afectado por sequías prolongadas

Propagación : Semilla

Hábito de crecimiento : Determinado

### **Actividades de manejo del cultivo**

Época de preparación

del terreno : Mayo - junio; setiembre - octubre

Época de siembra : Mayo a 15 de julio

Cantidad de semilla /ha : 53 Kg. (4 semillas/golpe)

Siembra : Golpe y/o chorro continuo

Distancia entre línea : 0.60 m

Distancia entre golpes : 0.15 m

Número de plantas/golpe : 3 (20 plantas/metro lineal)

Inoculación : 15 g de *Ryzobium*/ha (opcional, de acuerdo a disponibilidad)

Abonamiento : 100 Kg. de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a la siembra

Control de malezas : Manual.- 30 y 70 días después de la siembra

Químico : Herbicida H1-super; 0.25 -0.50 l /ha

Control sanitario : Insecticida Sevín 85% PM (de ser necesario)

Método de cosecha : Manual y/o mecanizada (cosechadora combinada)

Rendimiento /ha : 2.5 t/ha

**Fuente:** INIA. (2003).

## 7-A

### **Registros fenológicos del cultivo de soya en el experimento**

**Fecha de emergencia.** A partir del cuarto días de sembrada las semillas, entre los días 6 y 8 de octubre, las plantitas empezaron a emerger.

**Fecha de inicio de floración.** Cuando aproximadamente el 50% de las plantas empezaron a florear, inicio del periodo reproductivo de la planta, se registraron que habían transcurrido 40 días de la siembra (18 de Noviembre), observándose floración completa a los 47 días (25 de Noviembre).

**Fecha de inicio de fructificación.** Desde el inicio de la floración, se registraron 7 días (25 de Noviembre) para observar que aproximadamente el 50%, del total de las plantas mostraron vainas de 0.5 cm. De longitud, indicio de fructificación. Al 20 de Diciembre (82 días después de la siembra), la fructificación alcanzo casi en su totalidad a todas las plantas de experimento.

**Fecha de maduración.** A los 90 días de la siembra, se observo que aproximadamente 50% del total de las plantas de soya, mostraron defoliación y cambio de color de las vainas de verde a color marrón claro, este proceso se observo hasta el 13 de Enero (102 días después de la siembra), cuando aproximadamente en su totalidad las plantas del experimento mostraron este indicio.

## 8-A

### PERFIL TIPICO

<b>CALICATA N°</b>	: 001
<b>LOCALIZACIÓN</b>	: Afilador - Tingo María
<b>VEGETACIÓN</b>	: Vegetación de macorilla.
<b>FISIOGRAFIA</b>	: Colina alta
<b>MATERIAL PARENTAL</b>	: Arenisca
<b>PERMEABILIDAD</b>	: Buena en todo el perfil.
<b>DRENAJE</b>	: Escorrentía alta
<b>PENDIENTE</b>	: 20 – 30%
<b>PROF. NIVEL FREATICO</b>	: No visible
<b>CLASIFICACIÓN SOIL</b>	
<b>TAXONOMY (1994)</b>	: Typic Dystropepts

<b>Hz.</b>	<b>Prof. (cm)</b>	<b>Descripción Morfológica</b>
Ao	0 – 4	Color (YR 10/3) marrón oscuro, textura franco, estructura granular, consistencia muy friable, distribución de raíces gruesas, finas y medianas, porosidad abundante y gruesos, microorganismos



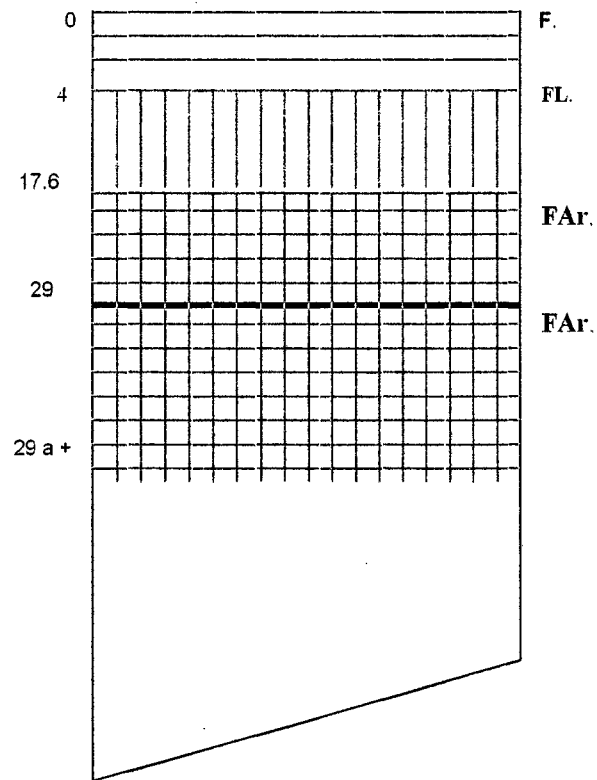
abundante huevos, larvas, hormigas, pupas, carbonatos cero.

- A1 4 – 17.6 Color (YR 4/4) marrón oscuro amarillento, textura franco limoso, estructura granular, consistencia friable, distribución de raíces abundante finas y medias porosidad abundante y grueso, microorganismos huevos, larvas, hormigas y pupas, carbonatos cero.
- B1 17.6 – 29 Color (YR 4/6) marrón rojizo, textura franco arcilloso, estructura bloque sub angular, consistencia poco friable, distribución de raíces pocas finas, porosidad abundante y finos y gruesos, microorganismos pocas larvas, hormigas y pupas, carbonatos cero.
- Bt 29 - + Color (YR 4/6) marrón rojizo, textura franco arcilloso solamente, estructura bloque sub angular fino, consistencia firme arcilloso, distribución de raíces escasas y finos, porosidad pocas y finas, microorganismos no hay, carbonatos cero.

# COLINA ALTA ARCILLOSA

## DEGRADADO

(Caad)



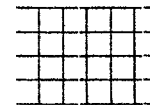
## SÍMBOLO TEXTURALES



**Franco**



**Franco Limoso**

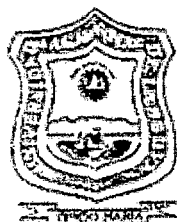


**Franco Arcilloso**

**Figura 7.** Perfiles de la calicata



**Cuadro 41.** Análisis de suelos de la calicata



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

Tingo Maria

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos  
 Av. Universitaria s/n Telef. (084) 662341 Anexo 283 Fax (084) 661155 Apto. 155



**ANALISIS DE SUELOS**

Procedencia:.....

Tingo Maria

Solicitante:

Yuri Blas Natividad

Número de Muestra	CE	ANALISIS MECANICO					pH	CO <sub>2</sub> Ca	M.O.	N	P	K <sub>2</sub> O	CAMBIABLES mol/100 g									
		Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura	1:1							%	%	%	ppm	kg/ha	CIC	Ca	Mg	K	Na
M1-04	C1		77.0	18.0	5.0	Fo.Ao.	4.00	0.0	3.50	0.16	11.80	180							2.90	2.70	1.50	4.40
M2-04	C2		71.0	22.0	5.0	Fo.Ao.	4.30	0.0	2.40	0.11	6.30	156							2.40	2.30	1.40	3.00
M3-04	C3		69.0	20.0	11.0	Fo.Ao.	4.40	0.0	2.00	0.09	4.70	132							3.00	2.60	1.40	4.40
M4-04	C4		69.0	22.0	19.0	Fo.Ao.	4.10	0.0	3.93	0.04	4.20	98							2.10	2.00	1.40	3.50

Observaciones:

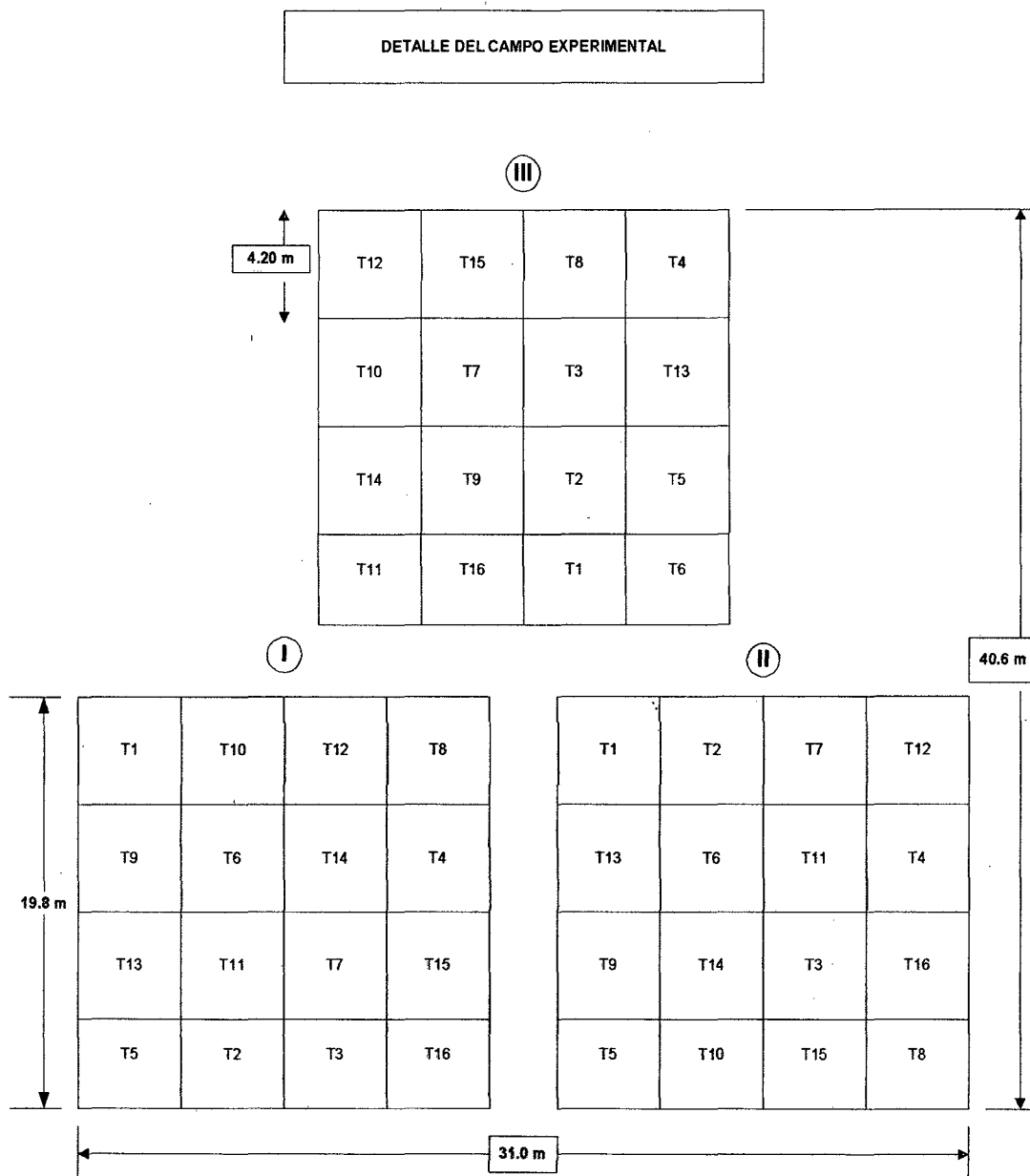
Muestra proporcionada por el interesado

Fecha:...

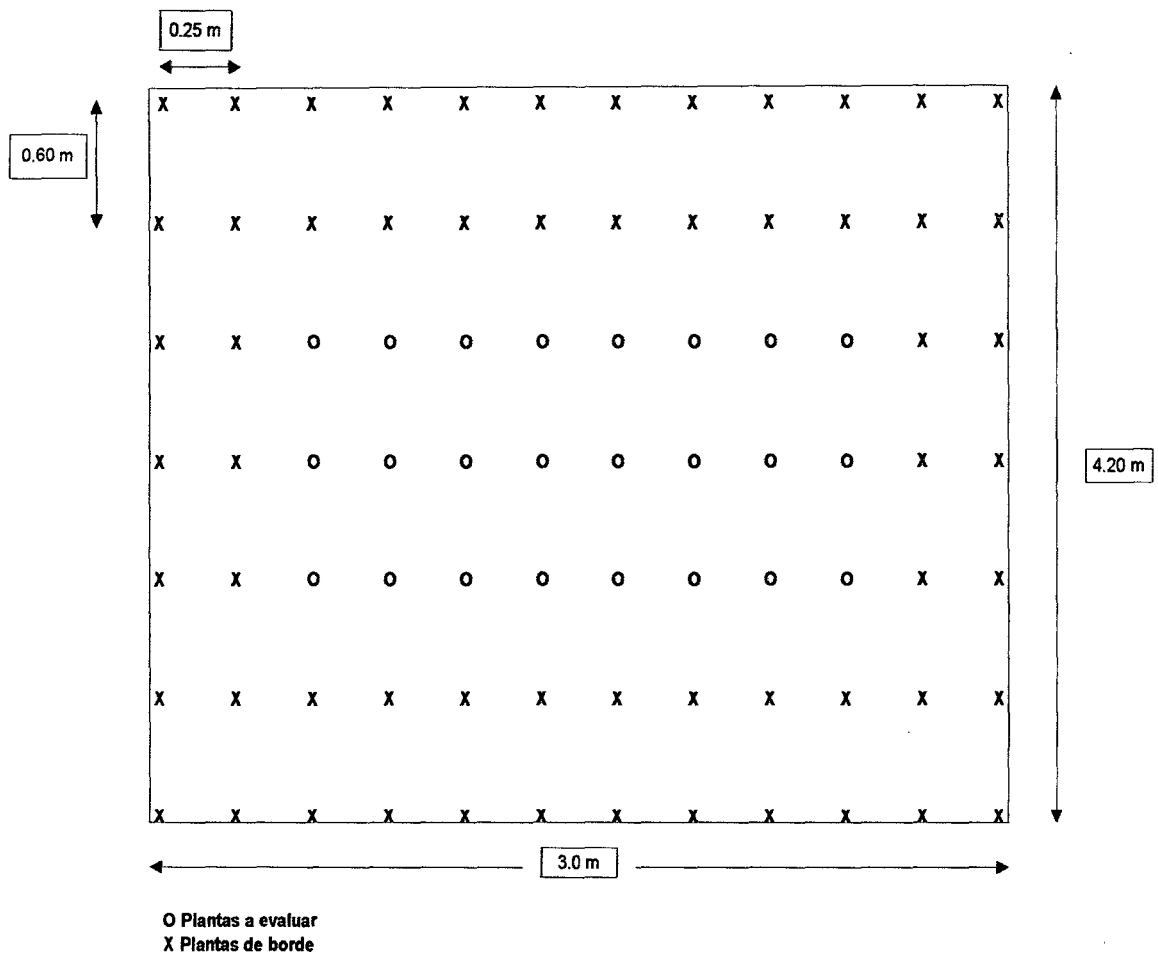
Tingo María, 15 de marzo del 2004

JEFE DE LABORATORIO

# 9-A



**Figura 8.** Detalles del campo experimental



**Figura 9.** Detalles de la parcela experimental.