

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE
AGRONOMÍA**



**OMISIÓN E INCLUSIÓN DE NPK Y SU INFLUENCIA EN EL
RENDIMIENTO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD
CANCHÁN EN CAMPANAYOCC A 3400 msnm –
AYACUCHO**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:
SAMUEL AUQUI HUAMANÍ**

Ayacucho, Perú

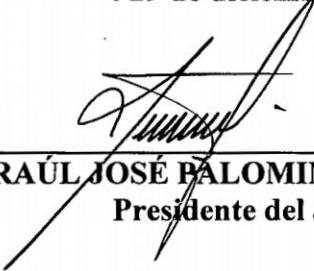
2014

Tesis
Ag 1082
Aug
Ej. 2

“OMISIÓN E INCLUSIÓN DE NPK Y SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD CANCHAN EN CAMPANAYOCC A 3400 msnm – AYACUCHO”

Recomendado : 10 de diciembre de 2014

Aprobado : 29 de diciembre de 2014




Dr. RAÚL JOSÉ BALOMINO MARCATOMA
Presidente del Jurado



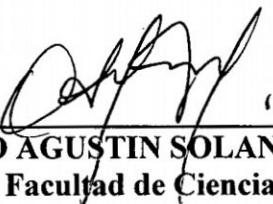
M. Sc. WALTER AUGUSTO MATEU MATEO
Miembro del Jurado



M. Sc. ALEX LAZARO TINEO BERMUDEZ
Miembro del Jurado



M. Sc. ALEJANDRO CAMASCA VARGAS
Miembro del Jurado



Dr. ROMULO AGUSTIN SOLANO RAMOS
Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias

DEDICATORIA

Con todo cariño:

*A mis padres: Samuel Auqui
Mendoza y Julia Huamaní Tinco,
por su constante sacrificio en
brindarme su total apoyo para mi
educación y el logro de mi
formación profesional.*

*A mis queridos hermanos: Soledad,
Nelson, Yovan, Deliacer, Dilo, Mabel,
por su constante aliento en la
culminación de mi trabajo de tesis.*

AGRADECIMIENTO

A la Escuela de Formación Profesional de Agronomía de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNSCH.

A los señores docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias, por sus valiosas enseñanzas y orientaciones que condujeron al logro de mis objetivos.

Al Ing. Walter Augusto Mateu Mateo y al Ing. Alex Lázaro Tineo Bermúdez por su asesoramiento, aporte y colaboración en el desarrollo y conducción del presente trabajo de investigación.

Mi eterno agradecimiento a mis padres y hermanos por su enorme sacrificio y colaboración en el logro de mi profesión.

De igual manera, expreso mi gratitud a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo y colaboración incondicional en las diferentes etapas de desarrollo del trabajo de investigación.

ÍNDICE

	Pág.
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Índice	iv
INTRODUCCIÓN	01
CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
1.1 DEL CULTIVO	03
1.1.1. Origen de la papa	03
1.1.2. Importancia de la papa	04
1.1.3. Clasificación taxonómica	05
1.1.4. Morfología de la planta	05
1.1.5. Etapas de crecimiento y desarrollo	10
1.1.6. Variedad Canchán – INIA	12
1.1.7. Valor nutritivo de la papa	14
1.1.8. Condiciones para la siembra	15
1.1.9. Abonamiento	17
1.2. ROL DE LOS PRINCIPALES NUTRIENTES	18
a. Nitrógeno	18
b. Fósforo	21
c. Potasio	26
d. Magnesio	32
e. Calcio	32
1.3. LABORES CULTURALES	33
1.4. MANEJO DE NUTRIENTES POR SITIO ESPECÍFICO	43
1.5. DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO POTENCIAL Y ALCANZABLE	44
1.6. DETERMINACIÓN DE LOS NUTRIENTES PROVENIENTES DEL SUELO	47
1.7. DISCUSIÓN DEL CONCEPTO DE MNSE CON EJEMPLOS PUNTUALES	48
1.8. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DEL SUELO	49

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	
2.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	53
2.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	53
2.3. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DEL SUELO	54
2.4. CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD CANCHÁN – INIA	59
2.5. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS	59
2.6. DESCRIPCIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL	61
2.7. VARIABLE EVALUADA	64
2.7.1. Variable de productividad	64
2.7.2. Evaluación económica	64
2.8. INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO	64
2.9. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	68
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
3.1. RENDIMIENTO TOTAL DE PAPA	70
3.2. SUPERFICIE DE RESPUESTA DEL RENDIMIENTO TOTAL DE PAPA	78
3.3. RECOMENDACIÓN DE LA FÓRMULA DE ABONAMIENTO DE PAPA CAMPANAYOCC	81
3.4. MÉRITO ECONÓMICO	84
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
4.1. CONCLUSIONES	86
4.2. RECOMENDACIONES	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
ANEXOS	91

INTRODUCCIÓN

El tubérculo de papa (*Solanum tuberosum* L.) es un alimento de gran importancia del poblador peruano y especialmente de los habitantes de la sierra, donde se consume cocinado o industrializado.

Harton y Fand (1985), es uno de los cultivos alimenticios más valiosos para la humanidad. Es superior a todos los otros cultivos en la producción de energía y proteína por unidad de tiempo y superficie, ocupa el cuarto lugar en cuanto al consumo humano. En producción mundial le sigue al trigo, arroz y maíz.

El bajo nivel de producción que se obtiene se debe a una serie de factores que inciden directamente en la productividad, como uso de semilla de calidad deficiente, limitada fertilización orgánica y mineral del cultivo, presencia de plagas y enfermedades, labores de deshierbo, riego, aporque inoportunos y deficientes, utilización de variedades de poco rendimiento, densidad de plantas inadecuadas, etc.

Mejorando las prácticas de cultivo es posible incrementar el rendimiento de tubérculos, que aunado a una comercialización adecuada pueden

ayudar a mejorar la rentabilidad del cultivo y un abastecimiento regular al mercado.

El crecimiento vegetativo, potencial para elevar el rendimiento y la necesidad de suplementar nutrientes, varían con las condiciones climáticas de los diferentes lugares donde se cultiva la papa variedad Canchán.

El manejo de nutrientes en el cultivo de papa puede beneficiarse de nuevos métodos para desarrollar recomendaciones de fertilización que permitan ajustes en la aplicación de nutrientes que se acomoden a las necesidades específicas de cada región y que hagan uso eficiente de los nutrientes aplicados. Una de estas metodologías es el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE).

Las razones expuestas permitieron plantear el presente trabajo bajo las condiciones de Campanayocc - Carmen Alto, con los objetivos siguientes:

❖ **Objetivo general:**

Proponer manejo de nutrientes por sitio específico y evaluar su influencia en el rendimiento de papa variedad Canchán en Campanayocc a 3400 msnm - Ayacucho.

❖ **Objetivos específicos:**

1. Determinar la influencia de la presencia o ausencia de NPK en el rendimiento del cultivo de papa variedad Canchán.
2. Estimar los niveles de NPK para un rendimiento en el cultivo de papa Canchán en Campanayocc a 3400 msnm, Ayacucho.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. DEL CULTIVO

1.1.1. ORIGEN DE LA PAPA

SOLID PERÚ (2007), menciona que la historia de la papa comienza hace unos 8000 años, cerca del lago Titicaca, que está a 3800 metros sobre el nivel del mar, en la cordillera de los Andes, en la frontera de Bolivia y Perú. Ahí según revela la investigación, las comunidades de cazadores y recolectores que poblaron el sur del continente por lo menos unos 7000 años antes, comenzaron a domesticar las plantas silvestres de la papa que se daban en abundancia en los alrededores del lago.

En el Perú se sabe por evidencia arqueológica, que la papa existió mucho antes de la época de los incas y ha sido la base para la civilización de las culturas andinas.

Hawkes citado por Vásquez (1988), señala que la región del lago Titicaca sería el centro de origen de la papa cultivada, porque ahí se encontró un gran número de especies, al igual que variedades cultivadas; es el lugar

donde habría nacido la agricultura más primitiva basada en el cultivo de papa y otras tuberosas.

1.1.2. IMPORTANCIA DE LA PAPA

FAO (2002), reporta que la papa en la actualidad es consumida en casi todo el mundo, constituyendo el cuarto alimento más importante para la humanidad después del trigo, maíz y arroz. Así mismo los antecedentes mundiales señalan que en 1991 se producía 268 millones de toneladas por año, pasando en el año 2007 a una producción de 325.3 millones de toneladas con un rendimiento promedio de $16.8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ y con un consumo per cápita de 31.3 kg por habitante.

Añade que en América Latina el año 2007 se obtuvo una producción de 15 682 943 t, con un rendimiento promedio de $16.3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Siendo nuestro país el principal productor con una cosecha récord en 2007 de casi 3,4 millones de toneladas con un rendimiento de $12.6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Se ha estimado el consumo anual de 80 kilogramos por persona. La producción de papa está principalmente en manos de los pequeños campesinos, a una altura de entre 2500 y 4500 metros sobre el nivel del mar, en los andes centrales, mientras que una superficie más reducida en los valles costeros se destina a la producción de regadío comercial.

1.1.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

De acuerdo a Egúsqiza (2000), reporta que la clasificación taxonómica de la papa se basa en caracteres florales, lo que ha permitido clasificarlo de la siguiente manera.

Clase	: Dicotiledónea.
Sub clase	: Simpétala.
Orden	: Tubifloras.
Familia	: Solanácea.
Género	: Solanum.
Sección	: Petota.
Serie	: Tuberosa
Especie	: Solanum tuberosum.
Variedad	: Canchan.

Número de cromosomas: $2n = 4x = 48$

1.1.4. MORFOLOGÍA DE LA PLANTA

Egúsqiza (2000), menciona que el estudio de la morfología de la papa tiene especial importancia para la identificación de variedades, igualmente para el productor y el comprador en la identificación de variedades existentes en el mercado.

a. LA PLANTA

Ezeta (2001), manifiesta que la planta es un organismo especializado en el almacenamiento de productos de la fotosíntesis (almidón). Por lo tanto,

una apropiada producción de tubérculos depende de que la fotosíntesis sea mayor que la respiración.

Inicialmente la planta de papa distribuye los productos de la fotosíntesis hacia el crecimiento y desarrollo de sus tallos, hojas, raíces, estolones, flores y frutos; esta etapa es conocido como etapa de crecimiento vegetativo – reproductivo.

Cuando estos centros de crecimiento reducen su requerimiento de productos de la fotosíntesis, éstos se almacenan dando inicio a la etapa de tuberización.

La planta de papa es de naturaleza herbácea y consta de un sistema aéreo y un sistema subterráneo.

b. EL BROTE

Egúsquiza (2000), menciona que el brote, es un tallo que se origina en el ojo del tubérculo. El tamaño y apariencia del brote varía según las condiciones en las que se almacena el tubérculo.

Cuando se siembra el tubérculo los brotes aceleran su crecimiento y al salir a la superficie del suelo, se convierten en tallos. No es deseable la presencia de brotes cuando el tubérculo se comercializa para consumo. Es deseable la presencia de brotes cuando se comercializa para semilla.

c. EL TALLO

Egúsquiza (2000), afirma que la planta de papa es un conjunto de tallos aéreos y subterráneos, el tallo principal se origina del brote del tubérculo semilla, el tallo secundario se origina de una yema subterránea del tallo principal. El tallo estolonífero se origina de un estolón que toma contacto

con la luz, la rama se origina de una yema aérea del tallo principal. El tubérculo es el tallo que almacena sustancias.

d. LA RAÍZ

Ezeta (2001), menciona que las raíces formadas a partir de tubérculos se desarrollan en los primeros 20 cm. de profundidad y se extienden lateralmente de 30 a 60 cm, son fibrosas muy ramificadas finas y largas. Las raíces tienen un débil poder de penetración y sólo adquieren un buen desarrollo en un suelo mullido.

Egúsquiza (2000), señala que el sistema radicular cumple la función importante de absorción de agua y nutrientes contenidos en el suelo. La planta no tendrá buen desarrollo si no hay buen desarrollo de raíces. La raíz es la estructura subterránea responsable de la absorción de agua que se origina en los nudos de los tallos subterráneos y en conjunto forman sistema fibroso.

e. LA HOJA

Egúsquiza (2000), reporta que es la estructura que sirve para captar y transformar la energía luminosa en energía alimenticia. La cantidad de folíolos de la hoja determina su disectividad (cantidad de folíolos). La superficie de las hojas es fuente de energía que utiliza la planta de papa para el crecimiento, desarrollo y almacenamiento.

f. LA FLOR

Ezeta (2001), menciona que la flor es la estructura aérea que cumple funciones de reproducción sexual. Desde el punto de vista agrícola, Las características de la flor tienen importancia para la diferenciación y

reconocimiento de variedades; se presentan en grupos que conforman la inflorescencia. Cada flor se presenta al final de las ramificaciones del pedúnculo floral (pedicelo).

El pedicelo está dividido en dos partes por un codo denominado articulación de pedicelos o codo de absorción. Las características de la flor son constantes pero la floración y fertilidad del polen y del óvulo pueden ser modificadas por el ambiente (variedad, suelo, humedad relativa, temperatura del ambiente, intensidad de la luz, duración de la luz).

Estrada (1986), menciona que la papa es una planta autógama siendo su androesterilidad muy frecuente a causa de los aborto de los estambres o el polen. Según las condiciones climáticas, las flores tienen la corola rotácea, gamopétala de color blanco, rosa. Violeta, etc.; luego forman una baya donde se desarrollan la semilla. El pedúnculo floral y la inflorescencia crecen cuando el tallo principal ha fortificado su crecimiento y se inicia la primera floración, al mismo tiempo se inicia el crecimiento de una rama o acelera el crecimiento de un tallo secundario en cuyo extremo crecerá otra inflorescencia que da la apariencia de una segunda floración.

g. EL FRUTO Y SEMILLA

Egúsquiza (2000), señala que el fruto baya de la papa se origina por el desarrollo del ovario, la semilla conocida como semilla sexual es el óvulo fecundado desarrollado y maduro

Cada semilla tiene la facultad de originar una planta que adecuadamente aprovechada, puede producir cosechas satisfactorias.

Ezeta (2001), señala que las semillas de papa son de dos clases: semilla sexual o botánica y semilla asexual como plántulas in vitro, brotes, esquejes, tubérculos. La semilla de papa es una estructura botánica que se encuentra en condiciones disponibles, económicas y oportunas para generar una nueva planta de papa sana, productiva con las características de la variedad elegida.

h. EL ESTOLÓN

Egúsqüiza (2000), reporta que es un tallo subterráneo que se origina de la yema del tallo subterráneo. El extremo del estolón tiene la forma de gancho. Es un tallo especializado en el transporte de sustancias producidas en las hojas y que se almacenan en los tubérculos en forma de almidones. El número y longitud de estolones depende de la variedad del número de tallos subterráneos y de todas las condiciones que afecta el crecimiento de la planta. Los estolones crecen a través de una continua división celular y elongación, los estolones crecen siempre hacia abajo del suelo pero en algunos casos escapan hacia afuera y se convierten en tallos aéreos.

i. EL TUBÉRCULO

Egúsqüiza (2000), menciona que es la porción apical del estolón cuyo crecimiento es fuertemente comprimido y orientado hacia los costados. El tubérculo de papa es el tallo subterráneo para el almacenamiento de los excedentes de energía (almidón). Son los órganos comestibles de la papa, están formadas por tejido parenquimático donde se acumulan las reservas de almidón, en las axilas de éstas se sitúan las yemas de

crecimiento llamados ojos, dispuestas en espiral sobre la superficie del tubérculo. Para que haya tuberización la planta debe desarrollar una cantidad de follaje suficiente para producir excedentes de azúcar, la planta debe recibir estímulos de temperatura baja, la planta no debe sufrir delimitaciones o déficit de agua, debe haberse reducido el abastecimiento de nitrógeno, de lo contrario seguirá el crecimiento aéreo y se retrasa el inicio de tuberización. Los días deben durar de 10 a 12 horas, la luminosidad determina la calidad del producto, en zonas de días nublados se reduce la cantidad de sólidos totales y se hace aguachenta, donde hay mejor calidad de luz la papa es harinosa.

1.1.5. ETAPAS DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO

Según (Egúsquiza 2000), las etapas de desarrollo de la papa son:

Etapas I: DESARROLLO DEL BROTE

La primera etapa comienza con brotes en desarrollo de los ojos y termina en la emergencia de la tierra. Los ojos de una papa son os pequeños puntos negros que aparecen en la piel de la papa; los tallos de la papa brotan de los ojos. La semilla o tubérculo semilla, es la única fuente de energía para el crecimiento durante esta etapa.

Etapas II: CRECIMIENTO VEGETATIVO

En esta segunda etapa se forma y se diferencia todas las partes vegetativas de la planta (hojas, ramas, raíces y estolones). Comienza en la emergencia y se prolonga hasta que los tubérculos inician a desarrollarse.

El crecimiento en las fases I y II van desde los 30 a 70 días aproximadamente, dependiendo de la fecha de siembra, la temperatura del suelo, el clima y otros factores ambientales.

Etapa III: INICIO DE TUBERIZACIÓN

Durante la tercera etapa de crecimiento, los tubérculos se forman en las puntas de los tallos rastreros, pero que todavía no incrementan en masa. Al escarbar una planta de papa se observa que los tubérculos son aún más pequeños de 1 a 3 cm. de diámetro aproximadamente, pero ya se van diferenciando. Esta etapa dura alrededor de dos semanas.

El número de tubérculos formados por planta se llama el tubérculo conjunto. Inicialmente el tubérculo con la acumulación en la planta, puede producir de 20 a 30 tubérculos pequeños, pero sólo 5 a 15 tubérculos generalmente alcanzan la madurez. La planta va absorber parte de los tubérculos, del conjunto original. El número de tubérculos que llega a la madurez va depender de la humedad y los nutrientes disponibles en el suelo. La humedad óptima y los niveles de nutrientes a principios de la temporada de cultivo son fundamentales para el mantenimiento y desarrollo de los tubérculos.

Etapa IV: LLENADO DE LOS TUBÉRCULOS

Etapa que consiste en el crecimiento de las células del tubérculo con la acumulación de agua, los nutrientes e hidratos de carbono. El llenado de los tubérculos es la etapa de crecimiento de la etapa de mayor duración; dependiendo de la época de siembra, temperatura, condiciones de suelo,

y el cultivar de selección. El llenado de los tubérculos puede durar hasta tres meses, pero por lo general dura de unos 45 a 60 días.

Etapa V: MADURACIÓN

Las plantas se vuelven amarillas y pierden las hojas, la fotosíntesis disminuye gradualmente la tasa de crecimiento del tubérculo se desacelera (senescencia de la planta). En esta etapa no se puede producir cuando se cultiva una variedad de larga temporada en un área de producción con una corta estación de crecimiento, en estos casos se practica el corte del follaje o la aplicación de un herbicida. Los campos también son sacrificados con el fin de minimizar el trabajo de la maquinaria agrícola al momento de la cosecha.

Algunas otras variedades completan esta etapa llegando a la cosecha con las hojas y tallos totalmente secos y quebradizos.

1.1.6. VARIEDAD CANCHÁN INIA

De acuerdo a Egúzquiza (2000), la variedad de papa Canchán – INIA, presenta las siguientes características.

- Produce buena calidad de fritura en el caso de papa en tiras o papa para pollerías.
- Los tubérculos son rojizos, ojos semiprofundos, pulpa blanca cremosa, brotes rojizos.
- Se adapta a la costa y sierra del Perú.
- Planta de porte mediano: flor roja violácea, escasa y poca fructificación.

- Periodo vegetativo intermedio (4 - 5 meses).
- Tolerante a la ranca.
- Buena calidad comercial.
- Rendimiento hasta 30 toneladas por hectárea, tubérculos medianos y grandes.
- Adaptación: sierra central hasta 3500 msnm y costa central.
- Calidad culinaria buena, 25% de materia seca, apta para frituras.

El cruzamiento a partir del cual fue seleccionado la plántula número 380389.1 y denominado Canchán - INIA fue realizado en 1979, en el contexto del proyecto mejoramiento para el Tizón tardío, del CIP. La variedad Canchán – INIA pertenece a la población A, la cual lleva los genes de resistencia vertical así como alguna resistencia horizontal.

Los ancestros de Canchán – INIA son diversos. Tres de ellos son las especies o subespecies *Solanum ajanhuiri*, *S. tuberosum* subsp. Andígena y *S. tuberosum* subsp. Tuberosum. El cuarto es un cruzamiento entre *S. tuberosum* y *S. demissum*.

1.1.7. VALOR NUTRITIVO DE LA PAPA

Los Principales componentes de la papa se presentan en el cuadro 1.1:

Cuadro 1.1: Principales componentes de la papa, rango y media.

Componentes	Rango %	Media
Agua	63.2 – 86.9	75.05
Sólidos totales	13.1 – 36.8	23.7
Proteína (Nitrógeno total + 6.25)	0.7 - 4.6	2
Glicoalcaloides (Solanina)	0.2 – 41	3 – 10 (mg/100gr)
Grasa	0.02 – 0.20	0.12
Azúcares reductores	0.0 – 5.0	0.3
Total carbohidratos	13.3 – 30.53	21.9
Fibra cruda	0.17 – 3.48	0.71
Ácidos orgánicos	0.4 – 1.0	0.6
Ceniza	0.44 – 1.9	1.1
Vitamina C	1 – 54 mg/100gr	10 – 25 (mg/100gr)

Pese al bajo contenido proteico de la papa, éste tiene un alto valor biológico. Es rico en Lisina, Leucina e Isoleucina. Es pobre en Metionina y Cistina. Presenta un alto contenido de vitamina C, Tiamina, Rivo flavina y Niacina.

1.1.8. CONDICIONES PARA LA SIEMBRA

a. CONDICIONES DEL CLIMA

Las condiciones climáticas nos van a permitir decidir sobre el ciclo más conveniente, programar la época de siembra en base al periodo histórico de heladas extremas.

Moreno (1999), señala que la producción y el contenido de materia seca de las papas son resultados de la fotosíntesis y de las pérdidas por respiración. En este proceso también interviene las condiciones climáticas. insolación, duración del día y temperatura. La insolación y la duración del día, determinando el crecimiento y producción del cultivo; la temperatura influye en la eficacia de la fotosíntesis y por las noches en las pérdidas por respiración. Los días largos y temperaturas muy altas pueden estimular el crecimiento vegetativo de forma que puede originar un incremento del contenido de azúcares reductores. A nivel experimental, se ha demostrado que con 10 – 14 - 18 horas de duración, el color de las papas fritas se van oscureciendo progresivamente, lo que demuestra que el aumento de azúcares reductores se corresponde con un aumento de la duración del día. Por tanto, según el clima de la zona, es esencial saber escoger la variedad apropiada, teniendo en cuenta a que destino vamos dedicar esa cosecha.

a.1. TEMPERATURA

Ezeta (2001), señala que los factores que influyen en la tuberización son la temperatura, el fotoperiodo y el agua. El cultivo de papa responde a temperaturas de 16 a 20°C, altitud desde el nivel del mar hasta los 4 000

msnm, precipitaciones de 500 mm y fotoperiodos de 15 a 16 horas con un promedio de 12 horas. En la zona en la que se desea sembrar papa debe existir por lo menos 2 meses de frío, en los que las temperaturas promedio diarias deben ser menores de 25°C.

a.2. LUZ

El tubérculo no requiere de luz para brotar, sin embargo cuando la planta ha emergido necesita bastante luz para su desarrollo.

a.3. FOTOPERIODO

Ezeta (2001), menciona que es bien marcado en el crecimiento de los estolones, floración y tuberización. Las especies y variedades de papa crecen más en los días largos y disminuyen su crecimiento cuando los días se acortan.

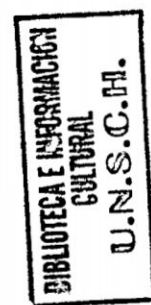
La cantidad de flores es abundante cuando los días son más largos. El inicio de tuberización ocurre más temprana bajo condiciones de días cortas, es más violenta y alcanza tempranamente su madurez.

b. SANIDAD

Las condiciones climáticas favorecen la presencia de determinadas plagas y enfermedades, la siembra se realiza en épocas de ausencia de lluvias para evitar daños de "rancha".

c. AGUA

Las características climáticas de una zona de producción determinan la temporada de lluvia o la temporada donde existe reserva de agua para el cultivo, no se debe sembrar en zonas donde exista escasez de agua. La



excesiva humedad en el periodo de desarrollo de los tubérculos ocasiona pudrición y rajaduras produciendo baja calidad del producto.

d. CONDICIONES DEL SUELO

Berlijn (1990), manifiesta que las labores esenciales en la preparación del suelo, siembra de papa, son la aradura, cruzada de rastra, mullido y surcado; la preparación de suelo es importante por lo siguiente:

- Asegura buenas relaciones con el agua.
- Asegura buen crecimiento de las raíces.
- Reducir la presencia de malas hierbas.
- Aunque la papa puede cultivarse, prácticamente, en toda clase de suelos, no deja de tener sus preferencias determinadas fundamentales por su ciclo varietal.

Según Guerrero (1993), las variedades extra - tempranas y tempranas, requieren suelos sueltos, con buena capacidad de filtración y calentamiento, lo que permite un rápido y perfecto desarrollo de los tubérculos, así como un crecimiento regular y uniforme. Por el contrario, las variedades de ciclo medio y largo, prefieren suelos medios y/o semifuertes, con mayor capacidad de retención de agua y con un mejor nivel de fertilidad, lo que permite: ahorro de agua, ahorro de fertilizantes, especialmente nitrógeno, rendimiento y calidad óptima, buen almacenaje.

1.1.9. ABONAMIENTO

De acuerdo a Ibáñez y Aguirre (1983), que al aplicar el abonamiento nitrogenado debe ser equilibrado con el abonamiento fosfórico y potásico.

No es deseable la sobredosis de nitrógeno.

Según Villagarcía (1986), las necesidades de nutrientes minerales de la planta para producir una tonelada de tubérculo fresco (cosecha económica) que necesita extraer del suelo:

- 4 a 6 Kg de N.
- 0.7 a 1.1 Kg de P (1.6 a 2.5 Kg de P_2O_5).
- 6 a 7.5 Kg de K (7.2 a 9 Kg de K_2O).
- 0.6 a 0.8 Kg de Mg.
- 0.6 a 0.8 Kg de Ca.
- 0.6 a 0.8 Kg de S.

1.1.10. ROL DE LOS PRINCIPALES NUTRIENTES

Sobre el rol de los nutrientes, Guerrero (1993), manifiesta lo siguiente:

a. NITRÓGENO

EL NITRÓGENO EN EL SUELO

Según INPOFOS (1997), afirma que las cantidades de nitrógeno en el suelo, en forma disponible para la planta, son pequeñas, casi todo el nitrógeno del suelo proviene de la atmósfera.

El nitrógeno se encuentra en la atmósfera con una cantidad aproximada del 80% en forma de gas; la molécula de N_2 , es aprovechada por las bacterias del suelo que lo forman en amoníaco, para su posterior utilización por las plantas y almacenamiento en el suelo.

El nitrógeno en el suelo está presente en tres formas principales:

- Nitrógeno orgánico, que forma parte de la materia orgánica del suelo y no está disponible para las plantas en crecimiento.
- Nitrógeno inorgánico amoniacal, a menudo fijado en minerales arcillosos del suelo y disponible lentamente para las plantas.
- Nitrógeno inorgánico como iones de amonio y nitrato, son componentes solubles presentes en la solución del suelo, es la forma de N más utilizado por las plantas.

El suelo contiene una proporción relativamente alta de nitrógeno orgánico que puede reportar un 97 – 98% y menor proporción de nitrógeno inorgánico que generalmente representa el 2 - 3%. Por lo tanto, el proceso que convierte las formas orgánicas de nitrógeno en inorgánicas (mineralización), ocurre a medida que los microorganismos del suelo descomponen la materia orgánica para obtener energía. El nitrógeno puede pasar también de una forma inorgánica a una orgánica (inmovilización). La inmovilización del nitrógeno ocurre cuando se incorpora al suelo residuos con alto contenido de carbono y bajo de nitrógeno, si el contenido de nitrógeno en los residuos es bajo, los microorganismos utilizan el nitrógeno inorgánico para satisfacer sus necesidades.

La mineralización y la inmovilización, ocurren simultáneamente en el suelo. Las relaciones C/N mayores a 30:1 favorecen a la inmovilización y las relaciones menores a 20:1 favorecen a la mineralización.

El primer producto resultante de la descomposición de la materia orgánica es el NH_4^+ . En condiciones favorables para el crecimiento de la planta, la mayor parte del NH_4^+ se convierte en NO_3^- por acción de bacterias

nitrificantes. El NO_3^- es inmediatamente disponible para el uso de las plantas y microorganismos del suelo. En condiciones de buena aireación los organismos también usan NH_4^+ .



Bacterias nitrificantes

El NO_3^- es altamente móvil y se mueve libremente con el agua del suelo, por lo que puede ocurrir la lixiviación del nutriente.

ABSORCIÓN DEL NITRÓGENO POR LA PLANTA

Las plantas absorben el nitrógeno bajo la forma nítrica (ion nitrato NO_3^-) y amoniacal (amoniacal o nítrico) depende de diversos factores como la temperatura o el pH. Las bajas temperaturas o un pH bajo favorece la absorción amoniacal. En clima de mucha pluviometría, en donde las pérdidas de nitrato por lixiviación son muy importantes, la absorción del nitrógeno amoniacal predomina sobre la del nitrato.

Se debe realizar una labranza profunda y mullida para favorecer una buena aireación en el sistema subterráneo.

Evitar la competencia que causan las altas densidades de malezas.

Se debe cultivar oportunamente en suelos francos para evitar la compactación de la capa superficial y el consiguiente menor intercambio gaseoso del sistema subterráneo con la atmósfera.

INIA (1995), menciona realizar aporques altos para reducir la incidencia de plagas y la frecuencia de tubérculos verdeados.

Cuando dispone de sistema de riego, aplicar el agua con menor frecuencia y menor volumen. Evitar los periodos con menor disponibilidad de agua en el suelo.

Según OIA (2004), en las zonas bajo secano evitar el anegamiento que puede provocar la excesiva precipitación pluvial.

b. FÓSFORO

Buckman (1985), menciona que exceptuando al nitrógeno, ningún elemento es tan decisivo para el crecimiento de las plantas, como el fósforo.

Fassbender (1984), señala que el fósforo es relativamente estable en los suelos, no presenta compuestos inorgánicos como los nitrogenados que pueden ser lixiviados y volatilizadas. Esta estabilidad se debe a su baja solubilidad, que a veces causa deficiencias de disponibilidad para las plantas. Los fosfatos se originan del mineral "Apatita", que está constituido 90% de fosfato tricálcico, conteniendo F y Ca en forma de sal doble, cierta cantidad de ácido sílico y en ciertas ocasiones Fe y Mn. Los cristales de apatita se encuentran en la mayoría de las rocas ígneas y metamórficas, que al meteorizarse, la apatita y su fosfato componente se incorporan al suelo.

FAO (2008), menciona que el Fósforo es un macronutriente esencial para las plantas. Es absorbido por las raíces principalmente como H_2PO_4^- y en menor grado como $\text{HPO}_4^{=}$. El contenido en la materia seca de las plantas es 0.1 - 0.4%. Se menciona en el mercado de los fertilizantes como P_2O_5 (pentóxido de fósforo). El fósforo en las plantas está involucrado en la transferencia de energía, división celular, desarrollo de tejido y en el

crecimiento. Es un constituyente del ADN, ARN, así como de las moléculas portadoras de energía ADP, ATP, etc. Juega un papel importante en la promoción del crecimiento de la raíz, desarrollo del grano y la sincronización de la maduración. Después del N, es el nutriente más importante. La condición asociada con el nivel insuficiente de P en el sistema suelo - planta, se refiere como deficiencia de P. Retarda el crecimiento del cultivo, desarrollo de las raíces y demora la maduración. Los síntomas de deficiencia comienzan a aparecer en las hojas más viejas. Se desarrolla un color verde - azulado a rojizo que puede conducir a tintes bronceados y color rojo. La deficiencia de fósforo en los suelos alcalinos neutros se indica por menos de 10 kg P/ha en la capa arable, mediante la extracción con bicarbonato de sodio (Olsen).

b.1. EL FÓSFORO EN EL SUELO

Black (1975), manifiesta que el fósforo en el suelo se encuentra casi exclusivamente como ortofosfato, derivándose todos los compuestos de ácido fosfórico. Puede clasificarse como orgánico e inorgánico, dependiendo de la naturaleza en el que se halla.

La fracción inorgánica puede clasificarse por su naturaleza física, mineralógica o química y/o por combinación de ellas en formas cristalizadas con el Fe, Al, F, y Ca; así como fosfatos amorfos y ocluidos.

Tisdale y Nelson (1987), menciona que la fracción orgánica se halla en el humus, de acuerdo a su estructura química, forma fosfatos orgánicos, como: Fosfolípidos, fosfoproteínas, fosfatos metabólicos, fosfatos de inositol y ácidos nucleicos.

Fassbender (1984), menciona que factores como la temperatura, precipitación, grado de desarrollo de los suelos, acidez, actividad biológica; determinan la participación de las fracciones orgánicas e inorgánicas del fósforo.

b.2. EL FÓSFORO EN LA SOLUCIÓN DEL SUELO

Según Domínguez (1989) y Estrada (1986), el fósforo en la solución del suelo se encuentran en cantidades muy pequeñas, de 0.03 a 0.30 ppm, siendo las formas importantes: los fosfatos mono y bibásico y en menor importancia los ortofosfitos; de modo que en los suelos pobres deben renovarse para cubrir las necesidades de las plantas.

La concentración de iones fosfato en la solución suelo están relacionados con el pH del medio. Entre 2 y 7, predominan los iones H_2PO_4^- y entre 7 a 12, iones $\text{HPO}_4^{=}$. La concentración del fosfato monobásico es máxima a pH 4 y mínimo a pH de 9, lo contrario ocurre con el fosfato bibásico. Los dos iones se encuentran en equilibrio a un pH de 7.2.

Entre el pH 5.5 a 6.0, la solución acuosa del suelo contiene la máxima concentración de fosfato monobásico; estando en equilibrio con los fosfatos de Fe, Al y Ca.

b.3. EL FÓSFORO EN LA PLANTA

b.3.1. ABSORCIÓN DEL ÁCIDO FOSFÓRICO

Domínguez (1989), afirma que las plantas absorben elementos nutritivos por contacto directo de las raíces con las partículas sólidas del suelo, pequeñas cantidades de fósforo; pero lo hacen mayormente por difusión de la solución del suelo en forma de ion ortofosfato monobásico y en menor cantidad como

ion ortofosfato bibásico. También pueden absorber moléculas de iones fosfato orgánico.

Black (1975), señala que la absorción de iones ortofosfato, están influenciados por otros aniones minerales; disminuye cuando aumenta en la solución del suelo las concentraciones de los iones NO_3^- y $\text{SO}_4^{=}$, aumenta en presencia del catión NH_4^+ .

b.3.2. DISTRIBUCIÓN DEL ÁCIDO FOSFÓRICO EN LA PLANTA

Russell (1968), menciona que el ácido fosfórico es un componente esencial de las plantas, se encuentra combinado con otras sustancias o con cuerpos simples, formando fosfatos minerales o en la mayoría de los casos son sustancias complejas, que forman combinaciones orgánicas (Lecitinas, fitinas, ácido nucleico, Fosfolípidos y metabolitos fosforilados). El ácido fosforito abunda en los órganos jóvenes de las plantas, se almacena en las semillas en forma de sustancias de reserva. Las plantas lo absorben sobre todo durante el período de crecimiento activo y al final de la vegetación, se aprecia el traslado del ácido fosfórico hacia los órganos de reserva de la planta.

Domínguez (1989), señala que entre los compuestos frecuentes destaca el Di y trifosfato de adenosina (ADP, ATP), di nucleótido de adenina, nicotinamida.

b.3.3. ROL DEL FÓSFORO EN LA PLANTA

Según Tisdale y Nelson (1987), los compuestos citados anteriormente y otros orgánicos fosforados, son los responsables de la mayoría de los cambios de energía en los procesos de vida aeróbicos y anaeróbicos. Estos

compuestos fosfóricos son esenciales para la fotosíntesis, la interconversión de carbohidratos y compuestos afines: glicólisis, metabolismo del azufre oxidaciones biológicas y otros procesos. El fósforo es un elemento esencial y constituyente de los procesos de transferencia de energía tan vitales para la vida y en crecimiento de las plantas. El fósforo en la planta, constituye e interviene favorablemente en las siguientes funciones:

- División celular y crecimiento.
- Floración, fructificación y formación de la semilla.
- Desarrollo radicular.
- Mejora la calidad de las cosechas.
- En las leguminosas favorece el desarrollo de los nódulos.
- Incrementa el peso y el tamaño de los cultivos que se explota por sus raíces y tubérculos.
- Desarrollo rápido y vigoroso de las plantas jóvenes.
- Confiere a las plantas precocidad al acelerar la floración y fructificación.

También el fósforo, principalmente estimula la formación y el crecimiento temprano de las raíces.

b.3.4. SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DEL FÓSFORO

Devlin (1970), señala que la deficiencia en fósforo, puede provocar en las plantas, la caída prematura de las hojas, aparición de pigmentación roja o púrpura. Presencia de zonas necróticas sobre las hojas, pecíolos, frutos; con un aspecto achaparrado y débil de las plantas.

Según Devlin (1970), Black (1975), Tisdale y Nelson (1987), la deficiencia

en fósforo en los cultivos, muestran los siguientes síntomas:

- Lento crecimiento y desarrollo de la planta.
- Poco desarrollo del xilema y floema.
- Escasa floración y fructificación.
- Retraso en la maduración de las cosechas.
- Las hojas, muestran una coloración verde oscura con matices rojizos (antocianina).
- Menor peso y tamaño de las plantas.
- Tallos pequeños, delgados y débiles.
- Los granos pequeños no germinan.
- Bajo rendimiento en grano, frutos y semillas.

c. POTASIO

Es un nutriente clave para la planta. Las plantas consumen más potasio que cualquier otro nutriente, exceptuando el nitrógeno. El potasio se disuelve en los fluidos de la planta, cubriendo diversas funciones reguladoras.

Según Tisdale y Nelson (1987), el potasio es absorbido por las plantas en cantidades mayores que cualquier otro elemento mineral exceptuando el nitrógeno y quizás el calcio. Grandes depósitos en forma de sales de cloruro y sulfatos se hallan en grandes depósitos de varios centenares y algunas veces varios miles de pies debajo de la superficie de la tierra.

Buckman y Brady (1985), manifiesta que las razones por las cuales no se ha observado una vasta deficiencia de este elemento hasta muy recientemente son, por lo menos dos. En primer lugar, la cantidad de potasio originariamente en reserva era muy grande en la mayor parte de los

suelos, lo que permitió muchos años de cosecha hasta que apareciera la verdadera falta de él. En segundo lugar, aun cuando el potasio, en ciertos terrenos, pudiera haber sido insuficiente para que las cosechas obtuvieran un rendimiento óptimo, la producción estaba primordialmente afectada por falta de N y P, falta que ocasionó una limitación drástica.

La corteza terrestre el potasio contiene aproximadamente 2.5% de K, así el potasio ocupa el octavo lugar de abundancia de elementos químicos en la corteza terrestre. Igualmente manifiesta que el contenido de potasio en los minerales que constituye las rocas y, desde luego, los suelos, es igualmente variable.

c.1. FORMAS DE POTASIO EN LOS SUELOS

Según Buckman y Brady (1985), clasifica al potasio en función de su aprovechamiento en tres grupos generales: (1) rápidamente asimilable; (2) lentamente asimilable y (3) no aprovechable.

Clasifica al potasio de la siguiente manera; (1) potasio estructural; (2) potasio en los minerales secundarios; (3) potasio adsorbido; (4) potasio intercambiable y, (5) potasio en la solución del suelo.

Tisdale y Nelson (1987), manifiesta que el potasio en muchos suelos, de la cantidad total de potasio en el suelo, tan solo una fracción puede ser utilizada inmediatamente por las plantas. Igualmente lo clasifica en tres formas: (1) el potasio fijado, (2) el potasio lentamente disponible, y (3) fácilmente disponible.

c.2. POTASIO FÁCILMENTE DISPONIBLE

Según Tisdale y Nelson (1987), el potasio se halla en la solución del suelo y

en el complejo de intercambio y es fácilmente absorbido por la planta, esta forma de potasio se encuentra de 1 - 2% en la solución del suelo.

Buckman y Brady (1985), afirma que el potasio prontamente asimilable constituye aproximadamente solo el 1 – 2% de la cantidad total de este elemento en un suelo mineral medio. Aparece en los suelos bajo dos formas: (1) potasio en las soluciones del suelo, y (2) potasio intercambiable adsorbido en las superficies coloidales del suelo. Aunque la mayor parte de este potasio asimilable (90%) está en forma intercambiable, la solución de potasio en el suelo es algo más fácilmente absorbida por las plantas superiores y, por supuesto, sujeta a considerables pérdida por drenaje.

El K que contiene en la solución del suelo, donde se produce la absorción por la planta, es una fracción muy pequeña del K total. El K en la solución del suelo es directamente disponible por la planta, y en condiciones específicas puede ser percolado, lo que a veces genera una pérdida de potasio en el suelo. El K intercambiable se encuentra adsorbido al complejo coloidal del suelo (arcilla, materia orgánica e hidróxidos) está en equilibrio con el K de la solución del suelo. Cuando las plantas absorben el K, su reposición en la solución del suelo se produce a partir del K cambiante.

c.3. EL POTASIO LENTAMENTE DISPONIBLE

Según Tisdale y Nelson (1987), el K es tomado gradualmente por las plantas a través de reacciones de minerales tales como la illita, que aparecen alternativamente para eliminarlo o fijarlo, dependiendo de diversos factores. Uno es la concentración de potasio disponible en la solución del suelo en la forma cambiante, también manifiesta que el potasio fácilmente

disponible se encuentra del 1 – 10%.

Buckman y Brady (1985), señala que bajo determinadas condiciones de suelo, el K de ciertos fertilizante, tales como el cloruro potásico, no solo es absorbido, como antes se dijo, sino que también puede ser “fijado”, por ciertos coloides del suelo. En esta forma el K no puede ser reemplazado por los métodos ordinarios de cambio, en consecuencia, se considera como potasio no cambiante. Además ya que el potasio fijado es reconvertido lentamente a formas asimilables, de ningún modo queda totalmente perdido para las plantas que se desarrollan.

c.4. POTASIO NO APROVECHABLE

Buckman y Brady (1985), reporta que la mayor parte (del 90 al 98 %) del K total de un suelo está casi siempre en formas no aprovechables. Los compuestos conteniendo gran cantidad en esta forma de potasio son los feldespatos y las micas.

Según Tisdale y Nelson (1987), el potasio no disponible se halla en minerales primarios tales con mica y feldespatos, en ciertos minerales secundarios que atrapan potasio en su estructura.

d. FIJACIÓN DE POTASIO

La fijación de potasio o la acumulación de este elemento en el espacio intercelular de las arcillas, es un fenómeno de gran importancia dentro de su dinámica. Este proceso ocurre debido a características específicas de los minerales arcillosos del grupo 2:1, como las illitas, montmorillonita y vermiculitas, en virtud de características específicas de los iones K^+ y NH_4^+ . El K^+ y el NH_4^+ fijados son accesibles a la planta solamente cuando faltan

otras formas disponibles de K del suelo.

e. PÉRDIDAS DE POTASIO EN LOS SUELOS

e.1. PÉRDIDA POR FILTRACIÓN

Buckman y Brady (1985), afirma que al contrario de lo que se produce con el N y P gran cantidad de potasio se pierde por lixiviación. En casos extremos, la magnitud de esta pérdida puede llegar casi a la de la potasa absorbida por el cultivo.

e.2. PÉRDIDAS POR EROSIÓN

La pérdida de elementos nutritivos, debidos al agua de escorrentía y gravitacionales, puede comprenderse al observar los datos disponibles sobre el rio Amazonas. La cuenca de las amazonas abarca cerca de 7×10^6 km² en varios países de América del Sur y presenta una descarga anual promedio de 218000 m³/segundo. Un estudio de Gibbs (31) sobre los diferentes afluentes y el rio Amazonas como tal, registró por un lado valores de materiales de suspensión entre 2 y 120 mg.l⁻¹ y un promedio de 75 mg.l⁻¹ en el Amazonas, al tiempo que las pérdidas totales de materiales suspendidos se calcularon en 5×10^6 t por año; por otro lado, los materiales disueltos alcanzaron valores entre 25 y 45 mg.l⁻¹ con un promedio de 36 mg/l, lo que implica una pérdida de 2479000 t/año. Estas pérdidas son irreparables.

f. PÉRDIDAS POR LAS COSECHA

Buckman y Brady (1985), manifiesta que la tercera fase del problema del potasio concierne a la concentración del dicho elemento en la plantas o en otras palabras, su absorción por las plantas. Bajo las condiciones ordinarias

del campo y con una reserva nutritiva adecuada, la absorción de potasio por los vegetales es elevada, a menudo 3 a 4 veces la del fósforo e igual a la del hidrogeno.

g. CONSUMO DE LUJO

Buckman y Brady (1985), señala que una cierta cantidad de este elemento es requerido para que el rendimiento sea óptimo, se le denomina potasio requerido. Todo el potasio consumido por encima de este nivel crítico es considerado como de "lujo", pues su remoción es totalmente inútil.

Tisdale y Nelson (1987), afirma que el término consumo de lujo ha sido impropriamente utilizado. Significa que las plantas pueden continuar absorbiendo un elemento en cantidades que exceden de lo que se requiere para su crecimiento óptimo. Esto da como resultado una acumulación del elemento en la planta sin un aumento correspondiente en el crecimiento y sugiere, en otra palabra, un uso ineficaz y antieconómico de este elemento particular.

h. FUNCIÓN DE POTASIO EN LA PLANTA

Buckman y Brady (1985); manifiesta que potasio es esencial para la formación del almidón y la hidrolisis de los azúcares. Es necesario para el desarrollo de la clorofila, aunque no entre en la formación de su molécula como lo hace el magnesio.

Domínguez (1989), afirma que el potasio ejerce una función muy importante como osmorregulador disuelto en el jugo celular. Su acumulación en la raíz crea un gradiente osmótico que permite el movimiento del agua, en la planta, operando de igual modo en las hojas. También es un elemento

específico como regulador del movimiento de apertura y cierre de estomas.

El potasio en las plantas está en forma móvil más que como una parte integral de cualquier compuesto fijo. El potasio ayuda a mantener la permeabilidad de la célula, ayuda en la translocación de carbohidratos, mantiene el hierro más móvil en la planta y aumenta la resistencia de las plantas a ciertas enfermedades.

i. SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DEL POTASIO

Devlin (1970), indica que al principio se presenta un moteado de manchas cloróticas, seguido por el desarrollo de zonas de necrosis en la punta y los bordes de la hoja. Debido a la movilidad del potasio, estos síntomas suelen aparecer primero en las hojas maduras. Así mismo, en muchos casos, el ápice de la hoja presenta una tendencia a encorvarse hacia abajo.

Buckman y Brady (1985), señala cuando el potasio es deficiente en cantidad las hojas del cultivo se secan y se endurecen en los bordes, mientras que las superficies presentan una clorosis irregular.

d. MAGNESIO

La necesidad de este elemento es mínima; toma parte en la molécula de la clorofila y enzimas, los suelos deficientes de éste son generalmente ácidos.

e. CALCIO

Elemento que influye en la descomposición de la materia orgánica, provocando la transformación de elementos nutritivos de la forma orgánica a la mineral.

1.3. LABORES CULTURALES

Egúsquiza (2000), señala que después de la etapa de instalación, es deseable dirigir el normal crecimiento y desarrollo del cultivo.

Las operaciones agronómicas que se realizan con este propósito son denominadas “Labores de mantenimiento”.

Las labores de mantenimiento son:

- cultivo.
- manejo de malezas.
- aporque.
- protección sanitaria y los riegos.

a. CULTIVO

El cultivo es una operación agronómica manual o mecánica de remoción del suelo, que se realiza con los siguientes objetivos:

- Para corregir el tapado de las semillas.
- Para romper la costra superficial endurecida del suelo y mejorar la ventilación del sistema subterráneo.
- Para remover y extraer malezas principalmente de la línea de siembra.
- Para remover (“aflojar”) el suelo antes del aporque.

En algunas localidades del país, se le denomina cultivo a la operación del aporque. Se dice “primer cultivo” cuando se quiere referir a un primer aporque.

OPORTUNIDAD Y NÚMERO

Es dependiente del objetivo principal que se procura obtener. No sería necesaria esta labor si no se presenta cualquiera de las condiciones que se desea mejorar. Contrariamente si persisten las condiciones que deseamos cambiar, será necesario realizar hasta dos cultivos.

Normalmente debe efectuarse cuando las plantas de papa han emergido para evitar daños a las plantas o a su sistema radicular.

b. MANEJO DE MALEZAS

Las malezas o “malas hierbas” son plantas diferentes a la papa que compiten con ella en la absorción y el uso de luz, agua y nutrientes.

Las malezas pueden ser plantas infectadas o convertirse en plantas huéspedes de plagas y enfermedades que se transmiten al cultivo de papa.

El campo de papa se debe mantener limpio de malezas hasta el aporque.

El periodo de siembra hasta el aporque es más susceptible a la competencia que causan las malezas.

El manejo de malezas es un conjunto de labores de campo destinado a reducir la cantidad de “malas hierbas” para evitar la competencia y el riesgo de infección de plagas y enfermedades.

El barbecho (aradura) con descanso del suelo permite que las malezas se descompongan.

Regar para que germinen las malezas antes de la aradura.

Recoger manualmente las malezas durante el trabajo de aradura y mullimiento.

Elegir las variedades de rápido crecimiento.

Elegir la semilla en edad fisiológica de brotación múltiple para lograr rápido emergencia.

El aporque es otra labor agronómica que ayuda a eliminar las malezas.

CONTROL QUÍMICO DE MALEZAS

El uso de productos químicos para controlar las malezas (herbicidas) se justifica en cultivos de papa de gran extensión, con presencia abundante de malezas y en situaciones de escasez de mano de obra.

Los herbicidas controlan malezas a través de la acción química de su ingrediente activo que bloquea el normal funcionamiento de las malezas.

Los ingredientes activos de los herbicidas recomendados para el cultivo de papa, son: metribuzin, metabromuron, linuron, etc.

Es importante que el suelo se encuentre húmedo al momento de la aplicación de herbicidas.

Modo de aplicación: Puede aplicarse en "cobertura total" (a toda la superficie del suelo) o en "banda" (solamente a la línea de siembra o solamente al surco del riego).

Oportunidad de aplicación: Después de la siembra o cuando las malezas están pequeñas y no tengan más de 4 hojas.

c. APORQUE

Es una labor agronómica que consiste en elevar los camellones de los surcos trasladando tierra al cuello de la planta de la papa. El aporque se realiza fundamentalmente para alejar la zona subterránea de la planta de

la infección de parásitos y de condiciones que reducen la producción y causan daño a los tubérculos disminuyendo su calidad.

OPORTUNIDAD DEL APORQUE

El aporque debe efectuarse antes del inicio de tuberización, sin embargo el momento oportuno para realizar esta labor es dependiente de la variedad y de las condiciones del clima.

En las variedades precoces (p.ej.Revolución, Canchán, Amarilla, etc.), el aporque debe efectuarse más temprano que en el caso de variedades tardías.

En la costa el aporque se realiza cuando las plantas alcanzan un tamaño de 25 a 30 cm.

En cultivo de papa de la sierra se debe seguir este mismo indicador. Sin embargo, por seguridad el aporque debe realizarse tan pronto las plantas alcancen 25 cm. y se represente un “periodo de escampe” (ausencia de lluvias).

NÚMERO DE APORQUES

Por razones económicas, un sólo aporque está bien, cuando está bien realizado. Se justifica realizar dos aporques cuando la variedad sembrada es muy tardía, cuando la zona de producción es muy lluviosa o cuando en la localidad existe condiciones muy favorables para la ranca o “gusaneras”.

El segundo aporque se realiza dos o tres semanas después del primero.

Se realiza con herramientas manuales como los azadones, permite afirmar las plantas, evita el ataque de plagas (gorgojo de los andes) y

favorece el desarrollo de estolones con el consecuente crecimiento y desarrollo del tubérculo.

d. RIEGO

El riego del cultivo de papa es una actividad de significativa importancia para la mayor productividad.

El primer riego se hace después de la siembra; los siguientes (hasta la floración) cada 12 días; a partir de la floración los riegos se realizan cada 8 días. En la Región Ayacucho y otras regiones de la sierra, el riego se realiza por gravedad y es difícil determinar la cantidad exacta.

Cuando se realiza el sembrío bajo condiciones de seco, el cultivo demanda de 6000 a 7000 m³ de lluvia/ha, es decir 600 – 700 mm de precipitación, las cuales se dan en los meses comprendidos desde noviembre hasta inicios del mes de abril.

Existe relación positiva y directa entre la cantidad de agua que dispone la planta y el rendimiento comercial. La planta de papa es muy sensible a la deficiencia de agua.

IMPORTANCIA DEL AGUA

OIA (2004), señala que este cultivo tiene requerimiento de 300 a 350 lt. de agua para formar 1kg de materia seca, el agua es fundamental para procesos fisiológicos como, fotosíntesis, respiración, transporte de minerales, turgencia de células, transpiración y regulación de la temperatura.

El agua transporta los nutrientes del suelo hacia la zona de los raíces.

El agua que ingresa a la planta la “refresca” y mantiene turgentes a las células y tejidos.

El agua que forma parte de las células interviene en la fotosíntesis y en la respiración.

La transpiración es el proceso por el cual el agua es eliminada de la planta en forma de vapor.

La condición óptima es que la cantidad de agua que transpira la planta sea por lo menos igual que la cantidad de agua absorbida.

Solamente el 5% del agua que toma la planta es utilizada en su constitución celular y en las funciones fisiológicas. La mayor parte (95%) es transpirada.

Cuando hay deficiencia de agua disponible en el suelo, la transpiración es mayor que la absorción, entonces para evitar mayor pérdida de agua las hojas cierran los poros (estomas) por los que transpira.

La planta muestra síntomas de sequía cuando se encuentran en estas condiciones por un tiempo prolongado. Si esta condición de sequía es de corta duración algunas células ya no se recuperan; si la sequía es más prolongada la planta se marchita.

Entonces el cierre de estomas trae las siguientes consecuencias indeseables:

- Reducción del ingreso de anhídrido carbónico (CO₂).
- Menor producción de materia seca.
- Menor actividad fotosintética.
- Mayor respiración.

- Maduración precoz del cultivo.
- Incremento de la temperatura interna de la planta.

VOLUMEN Y FRECUENCIA DE RIEGO

Debido a las condiciones muy variables del suelo y clima en el Perú, las decisiones más eficientes sobre el volumen y frecuencia de riego se deben aportar después del análisis de muchos factores.

e. PLAGAS Y ENFERMEDADES

FAO (2008), sostiene que el manejo de plagas y enfermedades debe ser tecnificado y orientado especialmente a la reducción de daños que causan las plagas y enfermedades en la planta o en el interior de los tubérculos. Es decir, se debe prevenirse y controlar principalmente las siguientes plagas y enfermedades.

e.1.PLAGAS:

PULGUILLA DE LA PAPA (*Epitrix sp.*)

Ames y Spooner (2008), manifiesta que son insectos pequeños con cuerpo negro o marrón oscuro brillante con patas traseras son grandes y robustas los que les permite dar saltos a manera de la pulga doméstica. Los adultos se alimentan de las hojas y las larvas de las partes subterráneas de la planta, el daño de los adultos afecta la actividad fotosintética y el daño de las larvas afecta el crecimiento y vigor durante la tuberización las larvas minan la corteza de los tubérculos lo que desmerece su calidad comercial.

Para reducir el daño se recomienda la rotación de cultivos, eliminación de focos de infestación, remoción del suelo y realizar riegos pesados.

GORGOJO DE LOS ANDES (*Premnotrypes* sp.)

Cisneros y Mújica (1999), afirma que los adultos son muy buenos caminantes, recorren grandes distancias hasta identificar campos de papa en los que se alimenta de las hojas produciendo comeduras en forma de media luna. Los adultos son activos durante la noche, en el día se refugian debajo de terrones, rastros cerca al cuello de la plantas.

Las hembras depositan un total de 600 a 1000 huevos en rastros vegetales cerca al cuello de la planta, desde allí las larvas penetran al suelo para alimentarse de los tubérculos produciendo el daño de mayor importancia económica.

POLILLA DE LA PAPA (*P. Operculella*, *S.tangolias*, *S. absoluta*)

Cisneros y Mújica (1999), señala que en el Perú se encuentran tres especies que se diferencian por la pigmentación de las alas, distribución y modo principal de daño. Los adultos de las polillas son mariposas de color gris con hábitos nocturnos. Las hembras depositan sus huevos en las hojas, en el cuello de la planta o en los brotes del tubérculo.

Las larvas son las responsables de causar daño a las plantas o a los tubérculos.

MOSCA MINADORA (*Liriomyza huidobrensis*)

Ames y Spooner (2008), manifiesta que es la plaga más importante en el cultivo de papa en la costa del Perú, los adultos son moscas muy pequeñas que muestran una mancha amarilla en el tórax, son muy activos

durante las horas de mayor calor del día, se alimentan realizando picaduras en la hoja y succionado los jugos celulares.

e.2. ENFERMEDADES:

TIZÓN TARDÍO O RANCHA (*Phytophthora infestans*)

Ames y Spooner (2008), sostiene que es la enfermedad fungosa más seria y que causa más daño al cultivo de la papa, afecta a hojas, tallos, tubérculos y puede devastar un campo de papa en pocos días, se desarrolla más velozmente en temperaturas moderadas y alto grado de humedad. Los síntomas tienen parecido a los daños causado por la helada, en las hojas aparecen manchas de color verde claro y oscuro que se convierten en lesiones que se expanden a los tallos que se debilitan y mueren. En los tubérculos se presentan como una decoloración superficial e irregular, las lesiones necróticas y secas de color marrón se extienden hacia el interior del tubérculo.

MARCHITEZ BACTERIANA (*Pseudomonas solanacearum*)

Ames y Spooner (2008), afirma que la marchitez generalmente comienza unilateralmente afectando sólo folíolos de lado de las hojas y algunos de los tallos.

En ambientes más calurosos que favorecen el desarrollo de las bacterias las plantas jóvenes se colapsan, mientras que en un clima frío la marchitez es más lenta y causa apachurramiento. Un síntoma que acompaña a la marchitez es un ligero amarillamiento del follaje.

RIZOCTONIA (*Rhizoctonia solani*)

Ames y Espooner (2008), menciona que es favorecido por las bajas temperaturas y la alta humedad del suelo, se propaga por residuos de cosecha afectados como de los esclerotes que se diseminan fácilmente con los tubérculos.

Este problema se puede evitar con una adecuada rotación del cultivo, los síntomas son variados al ataque temprano, las plantas no llegan a emerger, en plantas más desarrolladas se presentan lesiones en las raíces y estolones.

PUDRICIÓN BLANDA O PIERNA NEGRA (*Erwinia carotovora*)

Ames y Espooner (2008), afirma que cualquiera de las especies de *Erwinia* produce los mismos síntomas de acuerdo a la edad de la planta y al estado de humedad del suelo. La pudrición blanda se caracteriza por la maceración del tejido, acompañado de un olor fétido por la acción secundaria de otros organismos.

LOS VIRUS QUE AFECTAN A LA PLANTA

Egúsquiza (2000), son los responsables de la degeneración de las variedades, los virus son caracterizados por su transmisión sistémica, esto significa que circulan por la planta y se diseminan en el tubérculo semilla.

Ocurre por propagación vegetativa tradicional a través de tubérculos.

Los virus no se controlan con productos químicos, no producen síntomas característicos ni visibles, por esta razón las enfermedades virósicas van adquirido gran importancia.

1.4. MANEJO DE NUTRIENTES POR SITIO ESPECÍFICO (MNSE)

Tradicionalmente, el manejo de la nutrición se ha basado en el promedio del contenido de nutrientes medido por el análisis de suelo. Este método de diagnóstico trata de definir el manejo nutricional sobre la premisa de que la variabilidad intrínseca del suelo está bien cubierta cuando se muestrea para obtener una media de la fertilidad del lote. Sin embargo, han ido apareciendo formas particulares de manejo que incentivan la imaginación al obtener rendimientos muy altos en forma sostenida. Uno de estos ejemplos es el manejo diseñado por Sr. Herman Warsaw, quien se convirtió en el productor de cosechas record de maíz en Illones, Estados Unidos. El sistema del Sr. WARSAW se basa simplemente en el riguroso manejo de un plan diseñado para un suelo, clima y manejo específicos. Es específico para un sitio particular básicamente haciendo las cosas correctas, por la razón correcta en el sitio y épocas correctas. Se empiezan entonces a dar los primeros pasos en lo que posteriormente sería el manejo por sitio específico. La búsqueda de rendimientos altos sostenidos es fuerza detrás del sistema. Es común el encontrar que los rendimientos promedios no sobrepasen las expectativas o rendimientos bajos en suelos con altos contenidos de nutrientes. Se empieza a sospechar que la variabilidad espacial del campo es un factor que limita severamente los rendimientos. Cuando se dividen los lotes para muestreo tradicional se asume que cada lote es uniforme pero en realidad la variabilidad intrínseca es muy grande lamentablemente no se dimensiona con esta forma de muestreo.

El manejo de nutrientes en papa en América puede beneficiarse de nuevos métodos para desarrollar recomendaciones de fertilización que permitan ajustes en la aplicación de nutrientes, que se acomoden a las necesidades específicas de cada región agroclimática y que hagan uso eficiente de los nutrientes aplicados. Una de estas metodologías es el MNSE.

El MNSE es una metodología que busca entregar nutrientes a la planta cómo y cuándo los necesita. Esta forma de manejo permite ajustar dinámicamente el uso de fertilizantes para llenar efectivamente el déficit que ocurre entre la necesidad total de nutrientes para obtener rendimientos altos y el aporte de los nutrientes provenientes de las fuentes nativas del suelo. Este déficit debe ser compensado con la aplicación de fertilizantes. Con esta forma de manejo se busca aplicar los nutrientes en dosis óptimas y al momento adecuado para obtener altos rendimientos y alta eficiencia de uso de los nutrientes por el cultivo. Para implementar un programa de MNSE es necesario seguir los tres pasos que se discuten más adelante.

1.5. DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO POTENCIAL Y DEL RENDIMIENTO ALCANZABLE

La determinación del rendimiento potencial en condiciones ideales se logra utilizando modelos que simulan el crecimiento asumiendo condiciones óptimas para el cultivo. El rendimiento potencial se define como el rendimiento de un cultivo que crece en un ambiente al cual está

adaptado, sin limitaciones de nutrientes, agua y con un efectivo control de plagas, enfermedades y malezas (Evans, 1993). Por esta razón, el rendimiento potencial de una variedad, en un ambiente específico de crecimiento, está determinado por la cantidad de radiación solar, temperatura y densidad de siembra (que controla la tasa a la cual las hojas se desarrollan bajo una particular condición de radiación solar y temperatura). Uno de los modelos de simulación más versátiles es el Irbid Maize desarrollado por la Universidad de Nebraska.

Las decisiones de manejo, como la elección del material genético a sembrarse, la fecha de siembra y la población pueden afectar el potencial de rendimiento en un sitio específico al afectar la utilización de la luz solar disponible y las reservas de humedad en el suelo durante el ciclo de producción. El potencial de rendimiento también fluctúa de año a año debido a la normal variación de la radiación solar y de la temperatura.

Como se ha mencionado anteriormente, para alcanzar el rendimiento potencial el cultivo debe tener un suplemento óptimo de agua y nutrientes y debe estar completamente protegido del ataque de plagas y enfermedades, invasión de malezas y de la incidencia de otros factores que puedan afectar el crecimiento.

Es obvio que estas condiciones muy raras veces se encuentran en el campo, sin embargo, la determinación del rendimiento potencial de un sitio es un excelente marco de referencia que ayuda a identificar la magnitud de las brechas de rendimiento.

La diferencia entre el rendimiento potencial y el rendimiento alcanzable

dimensiona la primera brecha de rendimiento. El rendimiento alcanzable para el sitio se logra utilizando toda la tecnología disponible para eliminar los factores limitantes, ya sea conduciendo investigación de campo o por compilación de datos del rendimiento obtenido en lotes de productores con muy buen manejo. Esta brecha será tan grande como lo determine el efecto del manejo en el rendimiento.

El rendimiento alcanzable demostrado en un sitio establece la meta de rendimiento de áreas homogéneas (dominio de recomendación) en el siguiente ciclo de producción. Con lo aprendido en el primer ciclo se afina el manejo para incrementar el rendimiento obtenible y reducir la primera brecha de rendimiento. Esto no solamente permite lograr más rendimiento, sino que permite una mejor eficiencia de utilización de los nutrientes y de otros insumos. El proceso continúa en los siguientes ciclos.

Es importante determinar el rendimiento alcanzable para cada dominio de recomendación porque la cantidad de nutrientes absorbida por el cultivo está directamente relacionada con el rendimiento. En otras palabras, el rendimiento alcanzable determina la cantidad total de nutrientes que el cultivo debe absorber para obtener ese rendimiento y establece claramente la real demanda de nutrientes. Esta información es imprescindible para desarrollar la recomendación de fertilización. El análisis de suelos no permite este tipo de análisis.

La segunda brecha de rendimiento es la que se produce entre el rendimiento actual de los agricultores en el campo y el rendimiento

potencial y el rendimiento alcanzable. La meta final del MNSE es lograr que los productores reduzcan la brecha de rendimiento y logren acercarse con sus rendimientos al rendimiento alcanzable en un sitio.

1.6. DETERMINACIÓN DEL APORTE DE NUTRIENTES PROVENIENTES DEL SUELO

El MNSE hace uso efectivo de los nutrientes nativos del suelo. El suplemento de nutrientes nativos del suelo es aquel que proviene de otras fuentes menos los fertilizantes (materia orgánica, residuos del cultivo, agua de riego, etc.). La evaluación del aporte de los nutrientes nativos del suelo se logra mediante la técnica de las parcelas de omisión. Esta técnica determina el suplemento de nutrientes nativos del suelo por su acumulación en el cultivo sin fertilizar con el nutriente de interés, pero fertilizado en cantidades suficientes con los otros nutrientes para asegurarse que la ausencia de éstos no limite el rendimiento.

1.6.1. DETERMINACIÓN DE LAS DOSIS DE NUTRIENTES NECESARIAS PARA COMPLETAR EL DÉFICIT ENTRE LAS NECESIDADES DEL CULTIVO Y EL SUPLEMENTO DE NUTRIENTES NATIVOS DEL SUELO

Para establecer la meta de rendimiento es necesario aplicar fertilizantes para completar los requerimientos de nutrientes del cultivo que no son satisfechos por los nutrientes nativos del suelo. La dosis total de un nutriente aplicado con los fertilizantes depende del déficit entre la

necesidad total del nutriente para obtener la meta de rendimiento y el suplemento del nutriente proveniente del suelo, determinado en la respectiva parcela de omisión.

1.7. DISCUSIÓN DEL CONCEPTO DE MNSE CON EJEMPLOS PUNTUALES

Como se ha mencionado anteriormente, el MNSE es un método basado en la planta que utiliza la técnica de las parcelas de omisión para determinar el rendimiento obtenible con las reservas del suelo (parcelas de omisión) y el rendimiento alcanzable cuando no existe limitación de nutrientes. El rendimiento alcanzable sin limitación de nutrientes pasa a ser la meta de rendimiento para el siguiente ciclo de crecimiento. Los requerimientos de nitrógeno (N) se calculan entonces de la diferencia de rendimiento entre la parcela de tratamiento completo y la parcela de omisión de N, basándose en una eficiencia agronómica de N (EAN) de 25 a 35 ($EAN = \text{kg de grano por kg de N utilizado}$). Los requerimientos de fósforo (P) y potasio (K) se calculan basándose en la meta de rendimiento, respuesta en rendimiento a la aplicación del nutriente y remoción del nutriente. La recomendación obtenida en ese ciclo de producción es probada y ajustada en el siguiente ciclo de producción junto con otras prácticas de manejo (población, fraccionamiento de nutrientes, etc.) que pueden mejorar la eficiencia de uso de los fertilizantes. Sin embargo, esta dosis puede ser usada por los agricultores localizados en el dominio de recomendación del sitio del experimento como una primera

aproximación para evaluar una recomendación que se basa en una meta de rendimiento alcanzable para el sitio. Este es un método simple pero efectivo que permite obtener rendimientos altos y rentables en áreas donde no se utiliza con regularidad el análisis de suelos.

1.8. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DEL SUELO

La evaluación de la fertilidad de un suelo permite diagnosticar y predecir la disponibilidad de los elementos nutritivos en un determinado suelo. Para suministrar en cantidades razonables y en equilibrio adecuado todos los principios nutritivos que una planta toma de las fracciones minerales y orgánicas del suelo, y además estar localizado en una zona climática que proporcione la humedad, la luz y el calor suficientes para las necesidades de las plantas. Asimismo las materias tóxicas no deben figurar en cantidades suficientes que limiten de un modo apreciable el crecimiento y las condiciones estructurales del suelo que deben ser satisfactorios (Millar y Hernando, 1964).

El problema de predicción de las necesidades de nutrientes para las plantas ha sido estudiado durante muchos años. En 1813 Sir Humphrey Davy afirmó que si un suelo es improductivo, la causa de su esterilidad puede ser determinada mediante un análisis químico (Tisdale y Nelson, 1987).

Las ventajas de las pruebas químicas y biológicas tienen un valor como base para recomendar adición de cal y fertilizantes, estos resultados deben estar correlacionados con las respuestas de las cosechas en los campos (Tisdale y Nelson, 1987).

Diversas técnicas que se emplean comúnmente tiene como indicador del grado de fertilidad de un suelo:

1. Síntomas de deficiencia de Nutrientes en las plantas.
2. Análisis foliar o de los tejidos de las plantas que crecen en el suelo.
3. Test biológicos.
4. Test químicos del suelo.

El análisis de suelo o "las pruebas de los suelos" es la columna vertebral del programa de evaluación de la fertilidad (Hunter y Fitts, 1971), que complementa la descripción de la morfología del suelo en el campo, dando mayor precisión a la propiedades físicas tales como textura y la fracción de arcilla que no puede ser estimada en el examen de campo. Los test de los suelos es esencialmente el examen en el laboratorio de los suelos, por tanto, es distinto del examen de campo

El análisis de suelos como método de diagnóstico de deficiencias de nutrientes en el suelo, está en función a la eficacia de extracción del reactivo químico empleado sobre los nutrientes disponibles para las plantas. Si hay correlación entre la cantidad de nutrientes determinada por el método químico y la cantidad requerida por la planta se puede estimar la necesidad de aplicar o no los fertilizantes (Jackson, 1976).

La evaluación de la fertilidad de un suelo por el método de síntomas de deficiencia es el único método que no requiere un equipo caro y especializado y puede ser utilizado como un suplemento de las técnicas para el diagnóstico, síntomas que se basan en las observaciones o en las medidas del crecimiento de las plantas (Tisdale y Nelson, 1987).

Las anomalías en el crecimiento de las plantas pueden deberse a deficiencia de uno o más elementos nutritivos. Si una planta carece de un elemento determinado, deben aparecer síntomas característicos, en mayor o menor número.

Según Tineo (2012), el Diseño 03 de Julio presenta aplicaciones en el diagnóstico de la fertilidad de suelos por las técnicas de las parcelas de omisión y de las técnicas de las parcelas de inclusión.

La técnica de las parcelas de omisión consiste en comparar rendimientos de un cultivo cuando se hace faltar un elemento en el suelo mediante la fertilización, con los rendimientos del mismo cultivo, cuando se recibe dicho elemento mediante la fertilización. De esta manera, se puede observar si la no adición del elemento en la fertilización del terreno perjudica el desarrollo de la planta; de no ser así el suelo posee dicho elemento en cantidad suficiente para el suministro adecuado del vegetal.

La técnica de las parcelas de inclusión consiste en comparar los rendimientos de un cultivo cuando se hace disponible un elemento en el suelo mediante la fertilización, con los rendimientos del mismo cultivo, cuando solo se ha empleado la fertilidad natural de ese suelo. De esta manera, se puede observar si la adición del elemento mediante la fertilización repercute en el desarrollo de la planta; de no ser así el suelo posee dicho elemento en cantidad suficiente para el suministro adecuado del vegetal.

Este trabajo se realizó como parte de una línea de investigación, orientado al uso eficiente de fertilizantes en el cultivo de papa variedad Canchán, con la metodología del manejo de nutrientes por sitio específico (MNSE)

desarrollado por el IPNI (International Plant Nutrition institute) y modificado por tineo (2012), quien incorpora la técnica de las parcelas de omisión y parcelas de inclusión.

Cuando el estudio comprende tres factores (p.e.: N, P, K), los tratamientos factorial, 2^K , para K=3 serían:

Trat.	X ₁	X ₂	X ₃	Descripción
1	-2	-2	-2	T: Testigo , sin abonar
2	2	-2	-2	+N: abonado sólo con N
3	-2	2	-2	+P: abonado sólo con P
4	2	2	-2	-K: abonado sólo con N, P; no recibe K
5	-2	-2	2	+K: Abonado sólo con K
6	2	-2	2	-P: abonado sólo con N, K; no recibe P
7	-2	2	2	-N: abonado sólo con P, K; no recibe N
8	2	2	2	C: Completo, abonado con N, P, K

La técnica de las parcelas de omisión considera los tratamientos T₇ (-N), T₆ (-P), T₄ (-K) y T₈ (C); así mismo, para la técnica de las parcelas de inclusión se utilizarían los tratamientos T₂ (+N), T₃ (+P), T₅ (+K) y T₁ (T)

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la comunidad de Campanayocc, ubicado en el distrito de Carmen Alto, Provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, cuya información adicional es la siguiente:

- Latitud : 13° 08' S
- Longitud : 74° 32' O
- Altitud : 3400 msnm.

2.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Los datos fueron tomados del registro de datos meteorológicos de la estación meteorológica más cercana a la Comunidad de Campayocc ya que no hay una estación meteorológica, El área donde se realizó el presente trabajo de investigación se encuentra más cercana a la estación meteorológica de Chiara.

2.3. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DEL SUELO

Para el análisis físico y químico del suelo del terreno experimental se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 20 cm, en diferentes puntos de la superficie del terreno experimental (en forma de M), tratando de obtener una muestra representativa, que se llevó al Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar “Nicolás Roulet” del Programa de Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, para su respectivo análisis, cuyo resultado de muestran en el cuadro 2.1.

Cuadro 2.1: Características físicas y químicas del suelo de la Comunidad de Campanayocc, 3400 msnm - Carmen Alto, 2012.

Campo	pH (H ₂ O)	Nt (%)	MO (%)	P (ppm)	K (ppm)	Análisis Mecánico		
						Arena	Limo	Arcilla
Campanayocc	5.01	0.16	3.14	25.5	56.4	34.9	30.1	35.1
Interpretación	Acido	Medio	Medio	Medio	Bajo	Franco - Arcilloso		

Fuente: Laboratorio de Suelos y Análisis foliar “Nicolas Roulet” PIPG

En base a los resultados obtenidos se realizó la interpretación respectiva, determinándose que el pH de 5.01, se encuentra en un rango no muy óptimo para el cultivo de papa. (CIP 1986).

De acuerdo a la clasificación de suelos por su contenido de materia orgánica pertenece a un suelo mineral y en función al nivel de materia orgánica en suelos minerales, es medio. Así mismo el contenido de nitrógeno total es medio. El contenido de fósforo disponible es medio. El

potasio es considerado como bajo. La textura del suelo de acuerdo a sus componentes de arena, limo y arcilla corresponde a la clase textural Franco – Arcilloso (Ibáñez y Aguirre 1983).

Para tener referencias de las características climáticas del lugar se tomaron datos climáticos (temperatura y precipitación) de la Estación Meteorológica de Chiara, ubicado a 3400 msnm, que es la estación más cercana al lugar del experimento.

La Comunidad de Campanayocc se encuentra en el límite de la zona Quecha y Suni, con una precipitación en la campaña agrícola de 681.40 mm; siendo los meses de abril hasta octubre de escasa precipitación y correspondiendo a los meses de noviembre a marzo los más lluviosos. La temperatura promedio anual de Chiara es de 11.32°C; presentándose valores extremos de -0.3°C. En la Comunidad de Campanayocc estas temperaturas son similares debido a que se encuentran a la misma altitud. En el Cuadro 2.2, se muestra las temperaturas promedio de máxima, mínima y media mensuales, que fueron de 21.58, 1.10 y 11.32°C; respectivamente. La precipitación promedio total anual para la campaña agrícola fue de 681.40 mm.

Según el Cuadro 2.2 la temperatura fue favorable para las diferentes fases fisiológicas del cultivo, cuyo rango óptimo oscila entre 12 y 24°C de temperatura para climas fríos y templados, los cuales son considerados como moderados para el funcionamiento del sistema fisiológico de la planta. En el balance hídrico se tuvo exceso de agua en los meses de noviembre 2012 a marzo del 2013. El trabajo experimental se instaló en

el mes de diciembre del 2012 hasta abril del 2013, aprovechando la precipitación pluvial.

Uno de los indicadores muy importantes para la agricultura de secano es la humedad del suelo. El balance hídrico propuesta por la ONERN (1984), relaciona la precipitación con evapotranspiración (evaporación de agua del suelo y la transpiración del cultivo), quienes a su vez están estrechamente relacionadas con la temperatura máxima, mínima y media registradas durante el día. El conjunto de datos determinan las características climáticas de Chiara y específicamente de la comunidad de Campanayocc.

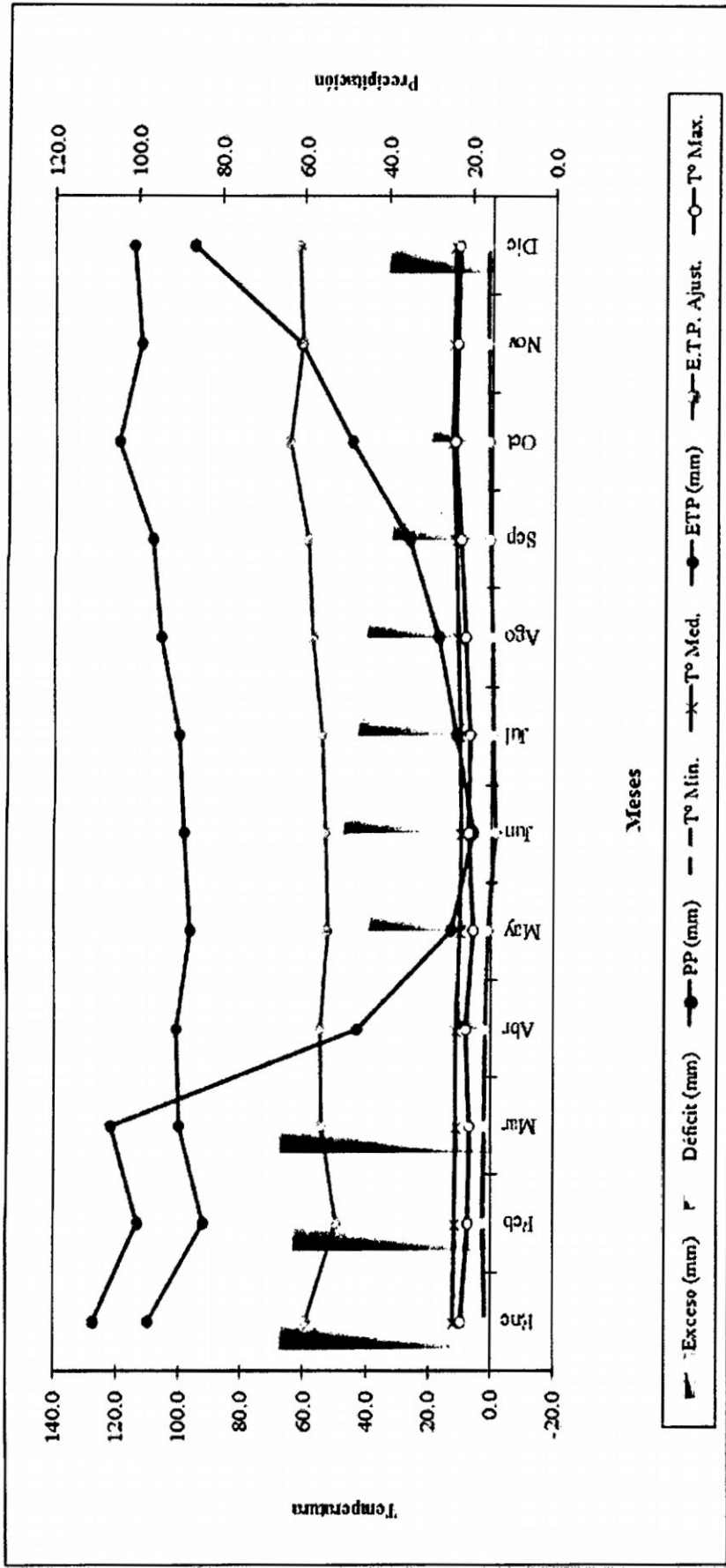


Fig. 1: Diagrama Ombrotérmico de Temperatura, Precipitación y Balance hídrico correspondiente a la Campaña Agrícola 2012 – 2013. Estación Meteorológica de Chiara – Ayacucho, 3400 msnm.

2.4. CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD CANCHÁN – INIA

El rango óptimo de adaptación de la variedad de papa Canchán - INIA es de 2700 a 3500 msnm.

DESCRIPCIÓN DEL CULTIVO

Flores y frutos	: Muy pocas.
Forma de los tubérculos	: Oval alargada.
Color de los tubérculos	: Rosado.
Número de tubérculos por planta	: 37 a 50.
Altura de planta	: 50 a 100 cm.
Madurez	: 90 – 120 días.
Rendimiento promedio campo	: 30 t.ha ⁻¹ .

REACCIONES A ENFERMEDADES

Alternaría	: Moderadamente resistente.
Rancho	: Resistente.
Verticiliosis	: Tolerante.
Pudrición rosada	: Susceptible.
Roña	: Resistente.
Pierna negra	: Susceptible.

2.5. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

El experimento se condujo utilizando la parte factorial del Diseño 03 de Julio (D3J) para tres factores; los niveles empleados en cada factor se indican en el cuadro 2.3, que se plantearon tomando como referencia trabajos de investigación anteriores.

Cuadro 2.3: Niveles de N, P, K utilizados en el Diseño 03 de Julio

Nivel N°	Nivel Codificado (Xi)	Niveles del Factor (kg.ha ⁻¹)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	-2	0	0	0
2	-1	75	65	50
3	0	150	130	100
4	1	225	195	150
5	2	300	260	200

La estructura de los tratamientos, de acuerdo al D3J se indica en el cuadro 2.4.

Cuadro 2.4: Tratamientos para tres factores en el Diseño 03 de Julio, en la Comunidad de Campanayoc 3400 msnm – Carmen Alto.

Descripción	Tratamiento	X ₁	X ₂	X ₃	N kg.ha ⁻¹	P ₂ O ₅ kg.ha ⁻¹	K ₂ O kg.ha ⁻¹
T	1	-2	-2	-2	0	0	0
+N	2	2	-2	-2	300	0	0
+P	3	-2	2	-2	0	260	0
-K	4	2	2	-2	300	260	0
+K	5	-2	-2	2	0	0	200
-P	6	2	-2	2	300	0	200
-N	7	-2	2	2	0	260	200
C	8	2	2	2	300	260	200

184944

Los valores por parcela se obtendrán por relación de pesos, considerando la masa de una hectárea de terreno igual a 3300 TM (d. a.= 1.1 g/cc; Prof. = 20 cm)

2.6. DESCRIPCIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL

a) CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

BLOQUES

- Número de bloques : 3
- Ancho de bloques : 5.0 m
- Largo de bloque : 32 m
- Área del bloque : 160.00 m²
- Área total de bloques : 480.00 m²

PARCELAS

- Número de parcelas por bloque : 8
- Número total de parcelas : 24
- Largo de parcela : 5 m
- Ancho de las parcelas : 4 m
- Distancia entre surcos : 1 m
- Número de surcos por parcela : 4
- Distancia entre plantas : 0.30 m
- Número de tubérculo por surco : 17
- Número de tubérculos por parcela : 68
- Área de las parcelas : 20 m²

CALLES

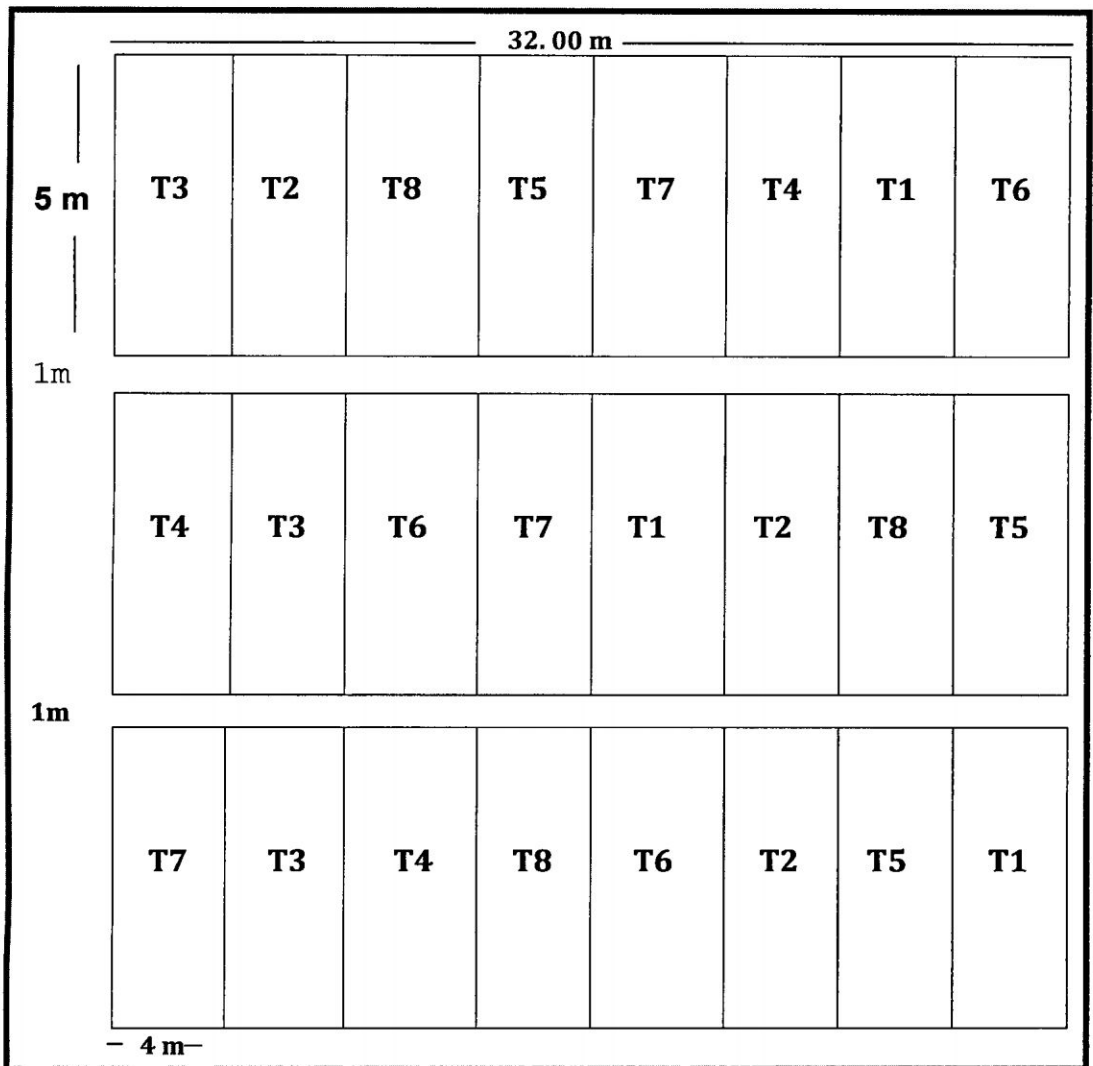
- Largo de calle : 32 m
- Ancho de calle : 1 m
- Número de calles : 2
- Área total de calles : 64 m²

Área total del experimento : 480 m²

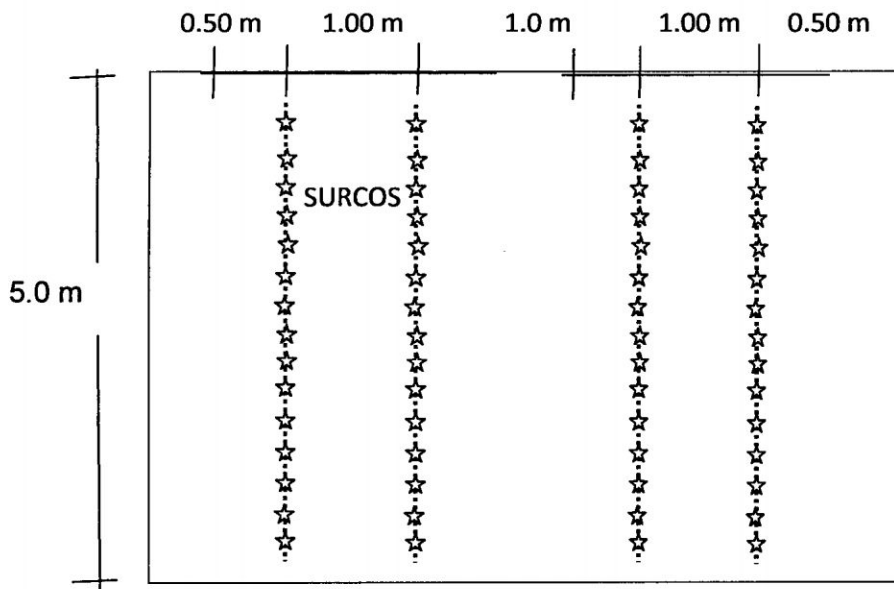
b) CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

- Número de surcos por parcela : 4
- Distancia entre surcos : 1.0 m
- Distancia entre golpes : 0.30 m
- Número de golpe por surco : 17
- Número de golpes por parcela : 68
- Número de semillas por golpe : 1

c) CROQUIS DEL CAMPO EXPERIMENTAL



d) CROQUIS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL



2.7. VARIABLE EVALUADA

Las variables estudiadas en el presente trabajo corresponden a la productividad y evaluación económica, las cuales se describen a continuación.

2.7.1. VARIABLE DE PRODUCTIVIDAD

RENDIMIENTO TOTAL DE TUBÉRCULO

Se realizó el pesado y conteo de los tubérculos por cada uno de los tratamientos, con la ayuda de una balanza graduada en gramos, para luego determinar el promedio por cada unidad experimental.

2.7.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Se efectuó en base al cálculo de la utilidad neta y costo total de producción para cada tratamiento en estudio.

El índice de rentabilidad de los tratamientos se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{I.R.} = (\text{Utilidad neta} / \text{Costo total}) \times 100$$

2.8. INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

2.8.1. PREPARACIÓN DE LOS TUBÉRCULOS - SEMILLA

Los tubérculos seleccionados de 60 a 70 gramos, previo a la siembra se sometieron al verdeo para una brotación uniforme y vigoroso para lo cual se expuso el tubérculo semilla a la radiación solar en un patio, por un periodo de dos semanas

2.8.2. LIMPIEZA Y PREPARACIÓN DEL TERRENO

Se realizó el 25 de noviembre del 2012. Primeramente se efectuó la eliminación de las malezas, residuos de cosecha; luego se procedió a la roturación del terreno con tractor agrícola, a una profundidad de 20 cm, posteriormente el 5 de diciembre utilizando el rastrillo y pico se realizó el mullido y nivelado, para dejar el terreno limpio, suelto y nivelado, lo que ayudó a la emergencia y desarrollo de las plantas de papa.

2.8.3. DEMARCACIÓN DEL TERRENO

La demarcación de las parcelas y bloques se realizó el mismo día del surcado, utilizando cordel, wincha de 30 m, estacas de madera de 40 cm de largo y 10 cm de diámetro. Para la demarcación se utilizó, yeso y posteriormente se colocó hilos de rafia para delimitar parcelas, bloques y calles.

2.8.4. SURCADO Y DEMARCACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL

El surcado se realizó el 11 de diciembre del 2012, a un distanciamiento de 1m entre surcos y una profundidad aproximada de 0.20 m; posteriormente se procedió a efectuar la demarcación del campo experimental en bloques, calles y unidades experimentales, para la cual se empleó la wincha, yeso, estacas y cordel.

2.8.5. FERTILIZACIÓN

La fertilización con NPK se realizó el 12 de diciembre del 2012, de acuerdo a la fórmula de abonamiento calculada. La mitad de la fertilización nitrogenada, según los tratamientos, se aplicó juntamente con todo el fertilizante fosfatado y potásico, en la modalidad de chorro continuo. La otra mitad del nitrógeno se aplicó al momento del aporque.

Los fuentes de fertilizante fueron Urea Agrícola (45% N), Fosfato Diamónico (46% P₂O₅ y 18% N) y Cloruro de Potasio (60% K₂O).

2.8.6. SIEMBRA

La siembra se realizó el 12 de diciembre del 2012. Consistió en depositar las semillas de un peso de 60 a 70 gramos previamente brotado, al fondo del surco a una distancia de 0.30 m entre tubérculos. Se efectuó el tapado de los tubérculos con una capa de suelo a una profundidad de 15 cm para la germinación de la semilla. El terreno para la siembra contó con humedad adecuada.

2.8.7. RIEGO

Se aplicó riego por gravedad por surco. El primer riego (riego de enseño) se aplicó previo a la siembra, el segundo riego se aplicó cuando ocurrió un 10% de emergencia. Los riegos posteriores se aplicaron según el requerimiento del cultivo (15, 24 de febrero del 2013).

El riego consiste en proporcionar a la planta el agua que necesitará para cumplir los requerimientos de su ciclo vegetativo, sobre todo durante los períodos críticos:

- En etapa de establecimiento del cultivo.
- En etapa de formación de tubérculo hasta el término de floración (2 de marzo 2013).
- En la etapa de crecimiento y desarrollo de tubérculos.

2.8.8. DESHIERBO

El primer deshierbo se realizó a 30 días de la siembra utilizando azadones, a fin de eliminar las malezas que compiten con las plantas de papa. El segundo deshierbo coincidió con el primer aporque y así incorporar la segunda dosis del fertilizante nitrogenado.

2.8.9. CONTROL FITOSANITARIO

Se realizó en el momento oportuno cuando se presentaron problemas fitosanitarios (Plagas y enfermedades) que afectarían al cultivo. Todo ello previa una evaluación, esta labor se realizó para prevenir y controlar básicamente el ataque de insectos, para la cual se aplicó un insecticida para masticadores como el Ciclón 12.5 ml/mochila de 20 lt, a los 23 días después de la siembra. Se repitió con el mismo producto el 18 de febrero del 2013. El 16 de marzo se realizó la aplicación del fungicida Galben 73 para el control de la Mancha 5 cuch/mochila de 20 lt.

2.8.10. APORQUE

El aporque se realizó a los 60 días después de la siembra y consistió en acumular suelo agrícola en el cuello de la planta para mejorar el anclaje de las raíces de soporte, evita el tumbado de plantas y favorece la formación y desarrollo de tubérculos.

El aporque así mismo mejora la circulación de oxígeno en el suelo y absorción de nutrientes e incorporación de la segunda dosis de nitrógeno. Para esta labor se utilizaron los azadones.

2.8.11. COSECHA

La cosecha de los tratamientos se realizó cuando las plantas han llegado a la madurez de cosecha, el follaje de la planta ha tomado un color verde amarillento y la piel del tubérculo está bien adherida. La cosecha se realizó en forma manual, haciendo uso de zapapico, removiendo la tierra alrededor de las plantas, luego se arrancaron las plantas y separaron los tubérculos. A continuación se seleccionaron los tubérculos y pesaron respectivamente. Esta labor se realizó el 20 de abril del 2013.

2.9. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Además de realizar los análisis de variancia y de regresión correspondientes, de acuerdo a la metodología propuesta por Tineo (2012), se realizaron otros cálculos con la finalidad de interpretar el estado de fertilidad del suelo en cuanto a sus contenidos de NPK los cálculos se refieren a la determinación de los rendimientos relativos por las técnicas de

las parcelas de omisión y de las parcelas de inclusión. En la técnica de las parcelas de omisión (PO), se consideran los tratamientos T₇ (-N), T₆ (-P), T₄ (-K) y T₈ (C), mientras que la técnica de las parcelas de inclusión (PI), está constituida por los tratamientos T₂ (+N), T₃ (+P), T₅ (+K) y T₁ (T). Los Rr (Rendimiento Relativo) para la técnica de las parcelas de omisión (PO) se calcularon con la fórmula 2.1:

$$\boxed{\text{Rr (\%)} = \frac{T_i}{T_8} * 100} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dónde:

T_i : tratamiento T₇ (-N), T₆ (-P), T₄ (-K)

T₈ : tratamiento completo.

Los Rr (Rendimiento Relativo) para la técnica de las parcelas de inclusión (PI) se calcularon con la fórmula 2.2:

$$\boxed{\text{Rr (\%)} = \frac{T_i}{T_1} * 100} \dots\dots\dots (2.2)$$

Donde:

T_i : tratamiento T₂ (+N), T₃ (+P), T₅ (+K)

T₁ : testigo.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. RENDIMIENTO TOTAL DE TUBÉRCULOS

La estructura de los tratamientos en el Diseño 03 de Julio, permite realizar un análisis de la importancia relativa del contenido de nutrientes en el suelo así como en el uso de fertilizantes. Con esta herramienta es posible hacer un diagnóstico de la fertilidad del suelo, información que se resume en el cuadro 3.1.

El rendimiento total de tubérculos de papa es la variable evaluada de mayor importancia en el presente trabajo de investigación.

El cuadro 3.1 muestra los rendimientos promedios de tubérculos de papa ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para cada tratamiento; asimismo, los rendimientos relativos (Rr) calculados, según las técnicas del elemento presente y elemento ausente. Respecto al testigo (parcela de inclusión o elemento presente) la mayor respuesta corresponde al abonamiento nitrogenado (+N) con un Rr de 183.8%, seguido del abonamiento fosfórico (+P) con un Rr de 121.6% y el

abonamiento con potasio (+K) con un Rr de 117.1%; comparando con el tratamiento completo (elemento faltante o parcelas de omisión), la omisión de N (-N) perjudica más notoriamente el rendimiento de papa (Rr de 67.1%), seguido de la omisión de P (-P) con un Rr de 69.7% y la omisión del potasio (-K) con un Rr de 73%. La cantidad de cosecha de tubérculos en porcentaje que se pierde por la omisión de N, P y K es de 32.9%, 30.3% y 27%, respectivamente con relación al completo.

Cuadro 3.1: Rendimiento de tubérculos (kg.ha⁻¹) y rendimiento relativo (%) de papa, obtenidas con técnica de las parcelas de Omisión y parcelas de Inclusión de NPK. Campanayocc, 3400 msnm – Carmen Alto.

Trat.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Promedio	Rr (%)
T	0	0	0	7.750	8.600	7.050	7800.0	100.0
+N	300	0	0	15.000	13.000	15.000	14333.3	183.8
+P	0	260	0	8.700	10.150	9.600	9483.3	121.6
-K	300	260	0	12.400	12.800	13.500	12900.0	73.0
+K	0	0	200	9.300	9.100	9.000	9133.3	117.1
-P	300	0	200	12.700	11.200	13.055	12318.3	69.7
-N	0	260	200	12.500	12.500	10.600	11866.7	67.1
C	300	260	200	17.000	17.000	19.036	17678.7	100.0

En el suelo de Campanayocc, los rendimientos relativos (Rr) de papa con respecto al completo (T₈) llega sólo a un 67.1%, que es el nivel más bajo y corresponde al tratamiento sin nitrógeno (-N) este resultado guarda

relación con el contenido medio de nitrógeno del suelo, provisión insuficiente ante la demanda del cultivo de papa que es alta. Seguido por el tratamiento sin fósforo (-P) con un Rr de 69.7%, respuesta similar al anterior, y cuyo nivel corresponde a un nivel medio, y finalmente el tratamiento sin potasio (-K) con un Rr de 73%, que responde a un contenido bajo de potasio. Con respecto a las parcelas de inclusión de elementos, el Rr más alto (183.8%) corresponde al tratamiento con nitrógeno (+N), que se justifica plenamente de como al agregar nitrógeno se alcanza un incremento espectacular, seguido por el tratamiento con fósforo (+P) con un Rr de 121.6%; y la respuesta más baja corresponde al tratamiento con potasio (+K), con apenas 117.1%. Esto quiere decir que la respuesta a la aplicación de los nutrientes sigue el siguiente orden, mayor al N, seguido de P y luego el K, a pesar que la extracción de nutrientes por el cultivo en promedio es de 5 Kg de N, 2 Kg P y 8 Kg de K por tonelada de papa. El resultado ratifica que el elemento más importante en la fertilización de papa es el nitrógeno. Por otro lado, se debe considerar la acidez del suelo, en este caso es de 5.01, que prácticamente se encuentra debajo del límite inferior o sea es un pH relativamente bajo, lo que podría redundar en la disponibilidad de los elementos básicos del suelo así como de los micro elementos.

El Cuadro 3.2 del análisis de variancia (ANVA) indica que no existe diferencia estadística significativa entre bloques, lo que hace entender que el área experimental fue relativamente homogénea; sin embargo el coeficiente de variación es de 7.86% indica que hubo una variación

importante entre las unidades experimentales que recibieron el mismo tratamiento, también se observa que existe diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, a partir del cual se entiende que el rendimiento obtenido por lo menos un tratamiento es diferente a los otros; en vista de que los tratamientos constituyen la técnica de las parcelas de omisión y de las parcelas de inclusión.

Los rendimientos en general no son óptimos, aún con el tratamiento completo (T_8), por la fecha de siembra no apropiada que se realizó el 12 de diciembre del 2012, en pleno precipitación pluvial, a la presencia de la granizada que es frecuente en Campanayoc y factores bióticos como ataque de insectos como los masticadores. Pulguilla de la papa (*Epitrix sp.*), los adultos se alimentan de las hojas y las larvas de las partes subterráneas de la planta, el daño de los adultos afecto la actividad fotosintética así mismo el daño de las larvas afecto el crecimiento y vigor, estos minan la corteza de los tubérculos que desmerece su calidad comercial. Gorgojo de los andes (*Premnotrypes sp.*), se alimentan de las hojas de papa produciendo comeduras en forma de media luna y las larvas se alimentan de los tubérculos.

Durante el presente trabajo investigación se presentaron enfermedades fungosas como la Mancha Negra (*Phytophthora infestans*), enfermedad que causo daño a las hojas, tallos y tubérculos que posteriormente toman una coloración verde claro y oscuro, en los tubérculos se presentan una decoloración superficial e irregular y posteriormente unas lesiones necróticas y secas de color marrón.

A consecuencia de todo ello se obtuvo una baja producción como es el caso del tratamiento testigo 7800.00 kg.ha⁻¹ y el tratamiento completo 17678.7 kg.ha⁻¹.

Cuadro 3.2: Análisis de variancia del rendimiento total de tubérculos de papa obtenidas con la técnica de parcelas de Omisión y parcelas de Inclusión con diferentes niveles de NPK. Campanayocc, 3400 msnm – Carmen Alto.

F.V.	GL	SC	CM	Fc
Bloque	2	392840.1	196420.0	0.22 ns
Tratamiento	7	212347912.0	30335416.0	34.45 **
Error	14	12326373.9	880455.3	
Total	23	225067126.0		

C.V.: 7.86%

En el cuadro 3.3 se deduce que el aporte de K o P no contribuyen significativamente en el incremento del rendimiento (según la técnica de parcelas de inclusión); asimismo, la omisión de K no perjudica significativamente el desarrollo del cultivo (según la técnica de parcelas de omisión). En el caso del N, su omisión (con respecto al completo) perjudica notablemente el rendimiento del cultivo, o su inclusión (con respecto al testigo) resulta de mucha importancia en el incremento de los rendimientos.

En la prueba de contraste de Duncan (cuadro 3.3) el tratamiento T₈ (completo) alcanzó el mayor rendimiento (17679 kg.ha⁻¹), seguido de los tratamientos T₂ (+N) y T₄ (-K); el rendimiento más bajo (7800 kg.ha⁻¹)

correspondiente al testigo (T₁), sin diferencia estadística con los tratamientos T₅ (+K) y T₃ (+P).

Cuadro 3.3: Prueba de Duncan para el rendimiento de papa (kg.ha⁻¹), en la Comunidad de Campanayocc, 3400 msnm – Carmen Alto.

Trat.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descripción	Rendimiento	Signif.
T8	80	60	70	C	17678.7	a
T2	80	0	0	+N	14333.3	b
T4	80	60	0	-K	12900.0	b c
T6	80	0	70	-P	12318.3	c
T7	0	60	70	-N	11866.7	c
T3	0	60	0	+P	9483.3	d
T5	0	0	70	+K	9133.3	d
T1	0	0	0	T	7800.0	d

Los resultados obtenidos demuestran que el rendimiento más alto corresponde al tratamiento T₈ (completo con NPK) con (80 kg.ha⁻¹ de N, 60 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, 70 kg.ha⁻¹ de K₂O), que alcanzó un rendimiento de 17678.7 kg.ha⁻¹; seguido del T₂ (+N) con (80 kg.ha⁻¹ de N, 0 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, 0 kg.ha⁻¹ de K₂O), que alcanzó rendimiento de 14333.3 kg.ha⁻¹, con diferencia significativa entre ellos. El rendimiento más bajo corresponde al T₁ (al cual no se le suministro NPK) con un rendimiento de 7800 kg.ha⁻¹.

A partir de estos resultados se puede deducir que el aporte de K (+K) no contribuye significativamente en el rendimiento (según la técnica de las parcelas de inclusión), asimismo la omisión de K (-K) no perjudica significativamente el desarrollo del cultivo (según las técnicas de las parcelas de omisión). En el caso den N, su omisión (-N, con respecto al completo) perjudica notablemente el rendimiento del cultivo, o su inclusión (+N, con respecto al testigo) resulta de mucha importancia en el incremento de los rendimientos del cultivo. Una posición de importancia ocupa el P, ya que su omisión (-P, con respecto al completo) también perjudica el rendimiento del cultivo, o su inclusión (+P, con respecto al testigo) resulta de importancia intermedia en el incremento de los de los rendimientos del cultivo.

Para visualizar la tendencia de las respuestas se ha realizado el análisis de la superficie de respuesta, que se representa en los gráficos de superficie de respuesta.

Los resultados encontrados en el presente trabajo tienen similar tendencia a los encontrados por Tineo (2012) para el cultivo de papa en Canaán.

El análisis de regresión para estimar la influencia del nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O), en el rendimiento de tubérculos de papa (cuadro 3.4), no se muestra significación estadística para ninguno de los componentes del modelo, salvo el intercepto. Sin embargo, con la finalidad de mostrar una representación gráfica podría asumirse el modelo polinomial.

$$Y = 8517.95833 + 16.99139 N + 0.98967 P_2O_5 - 0.51292 K_2O - 0.00326 N.$$

$$P_2O_5 - 0.00794 N. K_2O + 0.07844 P_2O_5.K_2O.$$

Cuadro 3.4: Coeficientes de regresión del modelo polinomial para rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.). Campanayocc 3400 msnm – Carmen Alto.

Parámetro	Valor Est.	E. Stándar	T*	Pr > T
Intercepto	8517.95833	656.10347	12.98	0.0001 **
N	16.99139	2.86347	5.93	0.0001 **
P ₂ O ₅	0.98967	3.43616	0.29	0.7768 ns
K ₂ O	-0.51292	4.29521	-0.12	0.9063 ns
N.P ₂ O ₅	-0.00326	0.01323	-0.25	0.8080 ns
N.K ₂ O	-0.00794	0.01653	-0.48	0.6371 ns
P ₂ O ₅ .K ₂ O	0.07844	0.01984	3.95	0.0010 **



3.2. SUPERFICIES DE RESPUESTA DEL RENDIMIENTO TOTAL DE PAPA

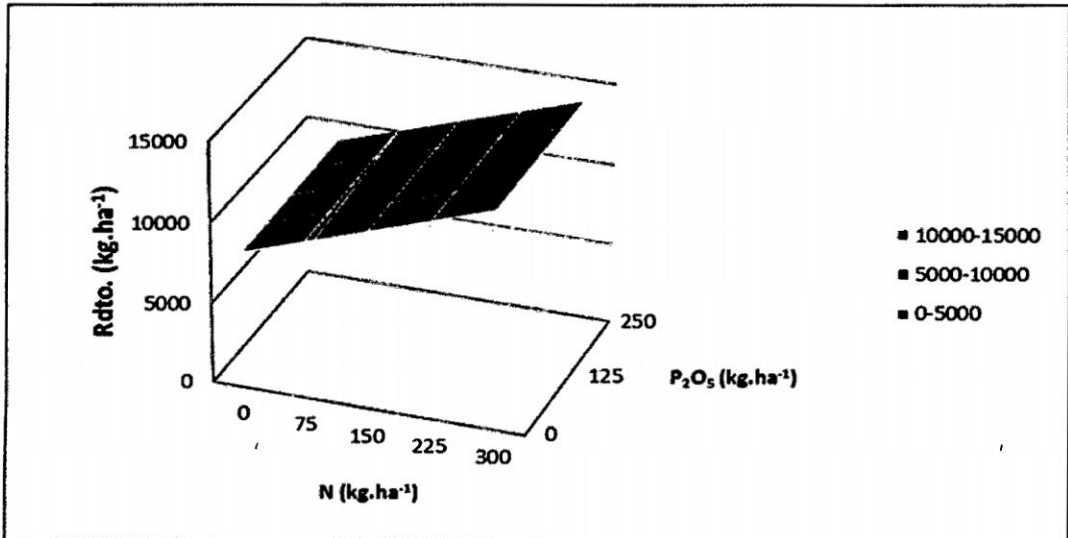


Gráfico 3.1: Superficie de respuesta de interacción NP en el rendimiento de tubérculos de papa. Campanayocc, 3400 msnm – Carmen Alto.

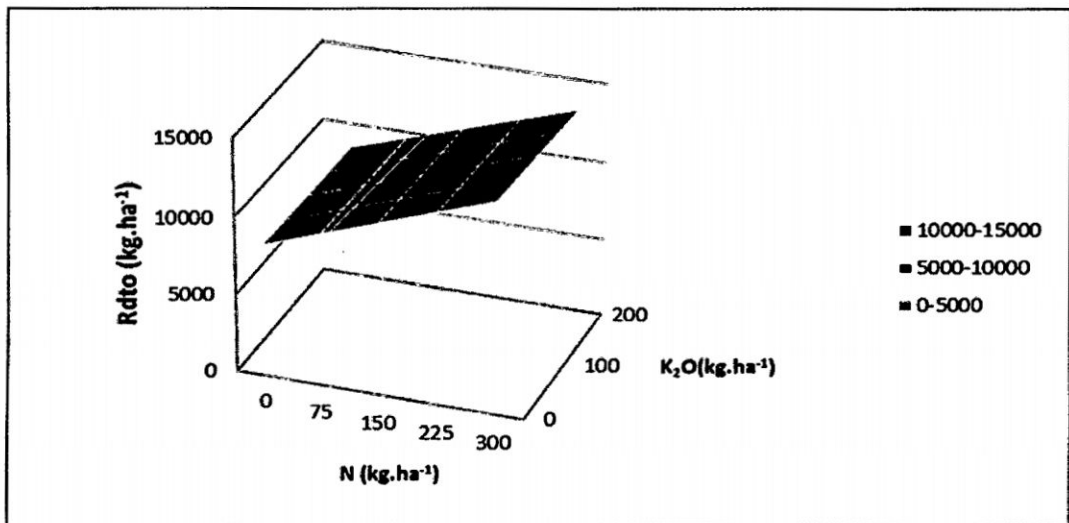


Gráfico 3.2: Superficie de respuesta de interacción NK en el rendimiento de Tubérculos de papa. Campanayocc 3400 msnm – Carmen Alto.

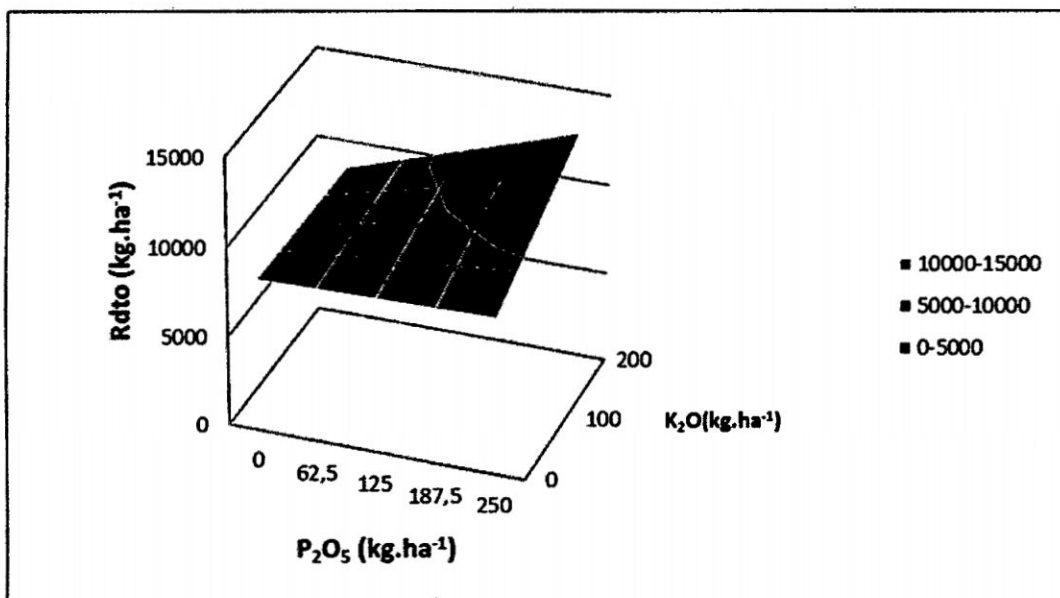


Gráfico 3.3: Superficie de respuesta de interacción PK en el rendimiento de tubérculos de papa. Campanayocc 3400 msnm - Carmen Alto.

Los valores de la pendiente en la gráfico 4 (Influencia de dosis crecientes de NPK en el rendimiento de papa, en ausencia de los otros dos nutrientes) y el gráfico 5 (Influencia de dosis crecientes de NPK en el rendimiento de papa, a nivel medio de los otros dos nutrientes), indican que en presencia de niveles medios de los otros nutrientes la respuesta del cultivo de papa al abonamiento con dosis crecientes de N o P es mayor, que la respuesta a éste en ausencia de los otros nutrientes el efecto del K apenas es perceptible en ausencia de los otros nutrientes (N y P).

Al respecto, INPOFOS (1997), manifiesta que el balance nutricional es un concepto vital en la fertilidad del suelo y en la producción de los cultivos. El N puede ser el principal nutriente limitante en la producción de los cultivos, pero en ausencia de cantidades adecuadas de otros nutrientes, puede no cumplir adecuadamente con su cometido.

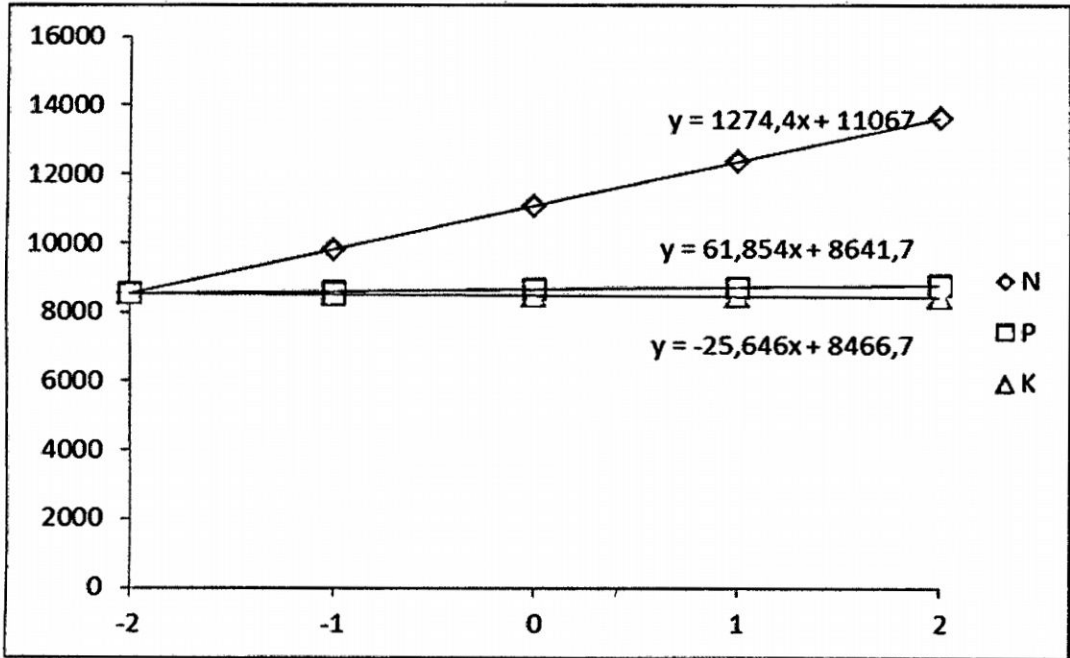


Gráfico 3.4: Influencia de NPK en el rendimiento de papa cuando los otros dos factores están ausentes. Campanayocc 3400 msnm – Carmen Alto.

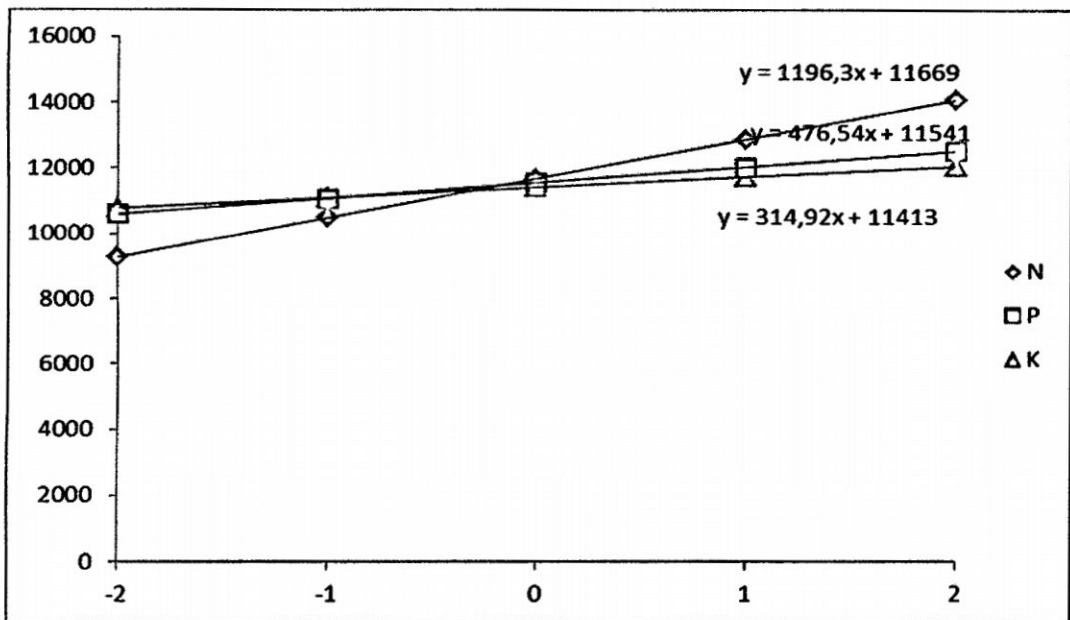


Gráfico 3.5: Influencia de NPK en el rendimiento de papa, cuando los otros dos factores están en su nivel medio. Campanayocc 3400 msnm.

3.3. RECOMENDACIÓN DE LA FÓRMULA DE ABONAMIENTO DE PAPA PARA CAMPANAYOCC

El cuadro 3.5 muestra los requerimientos de NPK para el cultivo de papa en la Comunidad de Campanayocc, lugar donde se realizó la investigación.

Cuadro 3.5: Requerimiento de abonamiento por la papa variedad Canchán para la Comunidad de Campanayocc 3400 msnm – Carmen Alto.

Trat.	Rdto.	Dif	Comp.	PAU	FC	FR
-N	11.9	5.8	29.0	40	72.5	80
-P	12.3	5.4	10.8	20	54.0	60
-K	12.9	4.8	38.4	55	69.8	70
C	17.7	Fórmula recomendada: 80 – 60 – 70 NPK				

El procedimiento para el cálculo del cuadro 3.5 de abonamiento en papa mediante la técnica de las parcelas de omisión en Campanayocc es la siguiente

- ❖ Colocar los rendimientos de papa obtenido en el campo (Rdto.), en la columna 2, correspondiente a los tratamientos (Trat.) identificados en la columna 1.
- ❖ En la columna 3, escribir la diferencia (Dif.) entre los rendimientos del tratamiento completo (C) y los tratamientos donde se omitió un factor (nutriente):

$$\text{Rdto}_{(C)} - \text{Rdto}_{(-N)} = 17.7 - 11.9 = 5.8$$

$$\text{Rdto}_{(C)} - \text{Rdto}_{(-P)} = 17.7 - 12.3 = 5.4$$

$$\text{Rdto}_{(C)} - \text{Rdto}_{(-K)} = 17.7 - 12.9 = 4.8$$

- ❖ En la columna 4 se calcula la parte complementaria (Compl) de nutrientes que debe incorporar la cosecha (el cultivo) en sus tejidos, a partir de los abonos, para alcanzar el rendimiento planteado ($17.7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Se conoce que el requerimiento del cultivo de papa para producir 1 tonelada de tubérculos es 5 – 2 - 8 kg de N - P_2O_5 - K_2O :

$$\text{N} = 5.8 * 5 = 29.0$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 = 5.4 * 2 = 10.8$$

$$\text{K}_2\text{O} = 4.8 * 8 = 38.4$$

- ❖ Los nutrientes que se suministran están sujetos a pérdidas en el suelo por diferentes mecanismos (lixiviación, fijación, etc.). La eficiencia de uso de los nutrientes suministrados vía abonamiento (PAU) depende de factores edáficos, climáticos y genéticos, entre otros. Considerando los valores indicados en la columna 5 (estimado para las condiciones de Campanayoc), calculamos las cantidades de abono (columna 6) requerido (FC):

$$\text{N} = 29.0 * 100 / 40 = 72.5.0$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 = 10.8 * 100 / 20 = 54.0$$

$$\text{K}_2\text{O} = 38.4 * 100 / 55 = 69.8$$

- ❖ Los valores de la columna 6 se redondean por comodidad para representarlo como una fórmula de abonamiento a recomendar (columna 7: FR); en este caso 80 – 60 - 70 de N - P₂O₅ - K₂O.

Los resultados indican que el comportamiento del cultivo en cada uno de estos suelos, es diferente. No hay duda, de que el incremento en el rendimiento de tubérculos de papa, es influenciado por la aplicación de los fertilizantes, más aún que el suelo de la Comunidad de Campanayocc que tiene contenido medio de materia orgánica. Sin embargo, los rendimientos obtenidos son relativamente bajos, debido a que durante la campaña se presentaron condiciones adversas como: la caída de una granizada, la presencia de insectos plaga y enfermedades como la racha.

Así, el uso de la “Técnica de las Parcelas de Omisión y Parcelas de Inclusión”, permite determinar un modelo de primer orden con el que se puede simular los rendimientos esperados según la combinación de diferentes niveles de NPK.

La “Técnica de las parcelas de Omisión” permite estimar la contribución de NPK por el suelo, y mediante cálculos sencillos se estiman la fórmula de abonamiento a recomendar en el sitio específico. En el caso de Canaán se recomienda una fórmula de abonamiento 120 – 50 - 30 de N-P₂O₅ - K₂O para un rendimiento de 19.7 t.ha⁻¹; asimismo, para un rendimiento de 17.7 t.ha⁻¹, en Campanayocc, se recomienda un abonamiento con 80 – 60 - 70 de N - P₂O₅ - K₂O. Estos resultados

guardan relación con los contenidos de nutrientes en el suelo (cuadro 2.1).

3.4. MÉRITO ECONÓMICO

El análisis económico del rendimiento de tubérculos de papa con presencia y ausencia de N, P, K se presenta en el cuadro 3.6, el mismo que ha sido realizado teniendo en cuenta los costos de producción para cada uno de los tratamientos, así como los ingresos por la venta de la producción, que se presenta en el Anexo N°3, para cada uno de los tratamientos estudiados, así como los ingresos por la venta de la producción.

La mayor rentabilidad (136.06%) se obtuvo con el tratamiento completo (T_8), que corresponde a $80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Nitrógeno, $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Fósforo, $70 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Potasio, con una utilidad bruta de S/. 9043.39 nuevos soles, seguido del tratamiento dos (T_2), ($80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Nitrógeno), con el que se obtuvo una utilidad de S/.6957.84 nuevos soles y una rentabilidad de 133.41%. La menor rentabilidad (52.49%) se ha obtenido con el tratamiento testigo (T), que representa una utilidad de S/. 2376.01 nuevos soles.

Cuadro 3.6: Análisis de rentabilidad del rendimiento de papa Canchán con presencia y ausencia de NPK Campanayocc (3400 msnm) Carmen Alto – Ayacucho.

Trat.	N kg.ha ⁻¹	P kg.ha ⁻¹	K kg.ha ⁻¹	Costo Produc.	Rdto.(kg.ha ⁻¹)			Valor de venta (kg)			Valor de venta \$/.	Utilidad Bruta \$/.	Rentab. (%)
					primera	Segunda	Tercera	Primera	Segunda	Tercera			
T1	0	0	0	4526.49	6200.0	1210.0	390.0	1.0	0.5	0.25	6902.5	2376.01	52.491
T2	80	0	0	5215.49	10600.0	2560.0	1173.3	1.0	0.5	0.25	12173.33	6957.84	133.41
T3	0	60	0	5062.49	7560.6	1427.5	495.5	1.0	0.5	0.25	8398.23	3335.74	65.89
T4	80	60	0	5791.49	10200.5	1985.0	714.5	1.0	0.5	0.25	11371.63	5580.14	96.35
T5	0	0	70	5381.49	7250.0	1380.0	503.3	1.0	0.5	0.25	8065.83	2684.34	49.88
T6	80	0	70	5990.49	9854.6	1847.7	615.9	1.0	0.5	0.25	10932.43	4941.94	82.49
T7	0	60	70	5917.49	9493.4	1780.0	593.3	1.0	0.5	0.25	10531.73	4614.24	77.97
T8	80	60	70	6646.49	14143.0	2651.8	883.9	1.0	0.5	0.25	15689.88	9043.39	136.06

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Para las condiciones en las que se condujo el experimento y con los resultados obtenidos se arriban a las conclusiones siguientes:

1. La omisión de N (-N), con respecto al completo, perjudica notablemente el rendimiento del cultivo, o su inclusión (+N), con respecto al testigo, es de mucha importancia para el incremento de los rendimientos.
2. La omisión de P (-P), con respecto al completo, también perjudica el rendimiento del cultivo, o su inclusión (+P), con respecto al testigo, resulta de importancia intermedia en el incremento de los rendimientos del cultivo de papa variedad Canchán.
3. El aporte de K (+K) no contribuye significativamente en el incremento del rendimiento; mientras que la omisión de K (-K) no perjudica significativamente el rendimiento del cultivo.

4. El rendimiento de papa por influencia del abonamiento con NPK en Campanayocc obedece al modelo:

$$Y = 8518 + 16.99139 N + 0.98967 P_2O_5 - 0.51292 K_2O - 0.00326 N.P_2O_5 - 0.00794 N.K_2O + 0.07844 P_2O_5.K_2O.$$

5. Se obtuvo la mayor rentabilidad económica con el tratamiento completo (80 – 60 - 70 de NPK), seguido del tratamiento con N, luego N + P, seguido de N + K, con 136%, 133%, 96% y 72%, respectivamente.

4.2. RECOMENDACIONES

1. En las condiciones de Campanayocc, para obtener el mayor rendimiento de tubérculos de papa se recomienda aplicar la dosis completa de fertilización: 80 – 60 - 70 de NPK.
2. Continuar con las investigaciones utilizando las técnicas de parcelas de omisión y parcelas de inclusión, para evaluar la fertilidad de los suelos y mejorar el rendimiento del cultivo de papa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMES, M. y ESPOONER, 2008. Enfermedades de los Cultivos. Edit. UNA La Molina. Lima, Perú.
- BERLIJN. 1990. Laboreo del Suelo. Serie Material educativo. México.
- BLACK, C. 1975. Relaciones Suelo – Planta. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.
- BUCKMAN, H., y BRADY, N. 1985. Naturaleza y propiedades de los suelos. Edit. UTHEA. España.
- CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. 1986. Manual práctico de producción de papa. Lima, Perú.
- CISNEROS, F. y MUJICA, N. 1999. Impacto del cambio climático en la Agricultura. Consejo nacional del Ambiente. Lima, Perú.
- DEVLIN, R 1970. Fisiología vegetal. Edit. Omega S.A Barcelona. Madrid, España.
- DOMINGUEZ, A. 1989. Tratado de fertilizantes. Edit. Mundi Prensa. Madrid, España.
- EGÚSQUIZA, R. 2000. La papa: Producción, Transformación y Comercialización. UNA La Molina. Lima, Perú.
- ESTRADA, N. 1986. La Biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. Edición Bill Hardy – CIP. Lima, Perú.
- EVANS, T. 1993. Fisiología de los cultivos. Edit. Hemisferio Sur. Madrid, España.
- EZETA, F. N. 2001. Aspectos Fisiológicos de la Producción de Papa. En V Curso Internacional Sobre el cultivo de Papa con Énfasis en

producción de Semillas. Programa de investigaciones en Papa. UNA La Molina. Lima, Perú.

- FAO, 2008. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, en su página Web:
 - [http:// www.fao.org/ag/agl/agll/inps/index_es.jsp?term=e045&letter=M](http://www.fao.org/ag/agl/agll/inps/index_es.jsp?term=e045&letter=M).
 - Consultado: 20 de Noviembre del 2013.
- FAO, 2002. Los fertilizantes y su uso: Una guía de bolsillo para los oficiales de extensión (4ta. Ed.). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. Roma, Italia.
- FASSBENDER, H. 1984. La adsorción de fosfato en suelos fuertemente ácidos y su evaluación. Fitotecnia Latinoamericana.
- GUERRERO, J. 1993. Abonos Orgánicos. Tecnologías para el manejo del suelo. RAAA. Lima, Perú.
- HAWKES, K. 1988. Historia de la papa. CIP. Lima, Perú.
- HORTON, D.E y FAND, H. 1985. Atlas de la papa. Centro Internacional de la papa. Lima, Perú.
- HUNTER, A y FITTS, J. 1971. Economical y sound Fertilizer recommendation base on soil análisis. Proc. Int. Symp. Soil Fert. Eval. New Delhi, india,
- IBAÑEZ, R. y AGUIRRE, G. 1983. Fertilidad de suelos. Manual de prácticas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú.
- INPOFOS (POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE). 1997. Manual Internacional de la fertilidad de Suelos. 1 era Impresión, versión en

español & Phosphate Institute. USA.

- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGRARIA. 1995. Compendio de la producción de la papa. Lima, Perú.
- JACKSON, M. 1976. Análisis químico de suelos. Trad. José Beltrán. Edit. Omega S.A. Barcelona, España.
- MILLAR, C. y HERNANDO, V. 1964. Fertilidad del suelo. Primera edición, Salvat Editores, S.A. Barcelona – Madrid, España.
- MORENO, U. 1999. Aspectos fisiológicos de la Producción de papa. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- OIA, 2004. Oficina de información Agraria. M.A. Ayacucho, Perú.
- ONERN. 1984. Oficina de Nacional de evaluación de Recursos Naturales perfil ambiental del Perú. Lima, Perú.
- RUSSELL, J. y RUSSELL, W. 1968. Condiciones del suelo y crecimiento de las plantas. Edit. Aguilar. Madrid, España.
- SOLID PERÚ. 2007. Conociendo la cadena productiva de la papa en Ayacucho, Perú.
- TINEO, A. 2012. Superficies de respuesta: El Diseño 03 de Julio, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, UNSCH, Ayacucho, Perú.
- TISDALE, S.L. y NELSON, W.L. 1987. Fertilidad de suelos y Fertilizantes. Edit. Montaner y Simón S.A. Barcelona, España.
- VILLAGARCIA, S. 1986. Resultados de Ensayos de Campo sobre Fertilización y Nutrición mineral en el cultivo de papa (campana 1988 – 1990) Universidad Nacional Agraria la Molina – CIP. Lima, Perú.

ANEXO

ANEXO N°1
PANEL FOTOGRÁFICO



FOTO 1 Tratamiento +NK y -N



FOTO 2 Tratamiento +NP y completo (NPK)



FOTO 3 Tratamiento +NK y +N

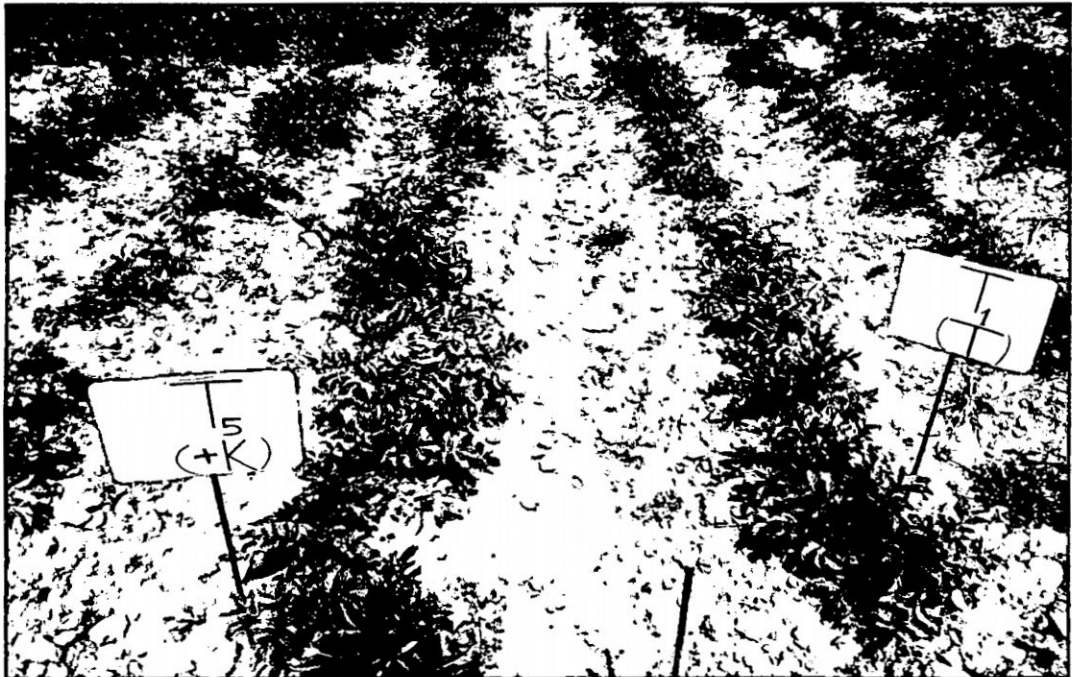


FOTO 4 Tratamiento +NP y testigo (T)

CONTROL FITOSANITARIO



**FOTO 5 Control preventivo de la Mancha (fungicida Galben 73.
5 cucha/mochila de 20 lt)**



**FOTO 6 Control preventivo de Gorgojo de los Andes (Ciclón 12.5
ml/mochila de 20 lt)**

ENFERMEDADES Y PLAGAS

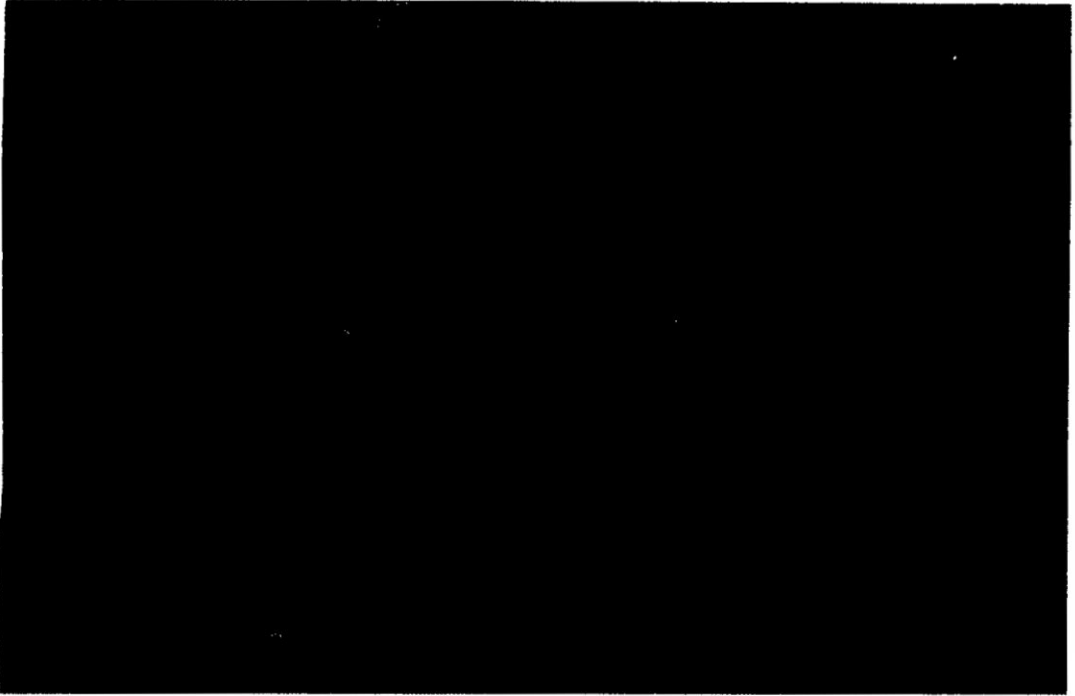


FOTO 7 Rancho



FOTO 8 Alternaría Solani

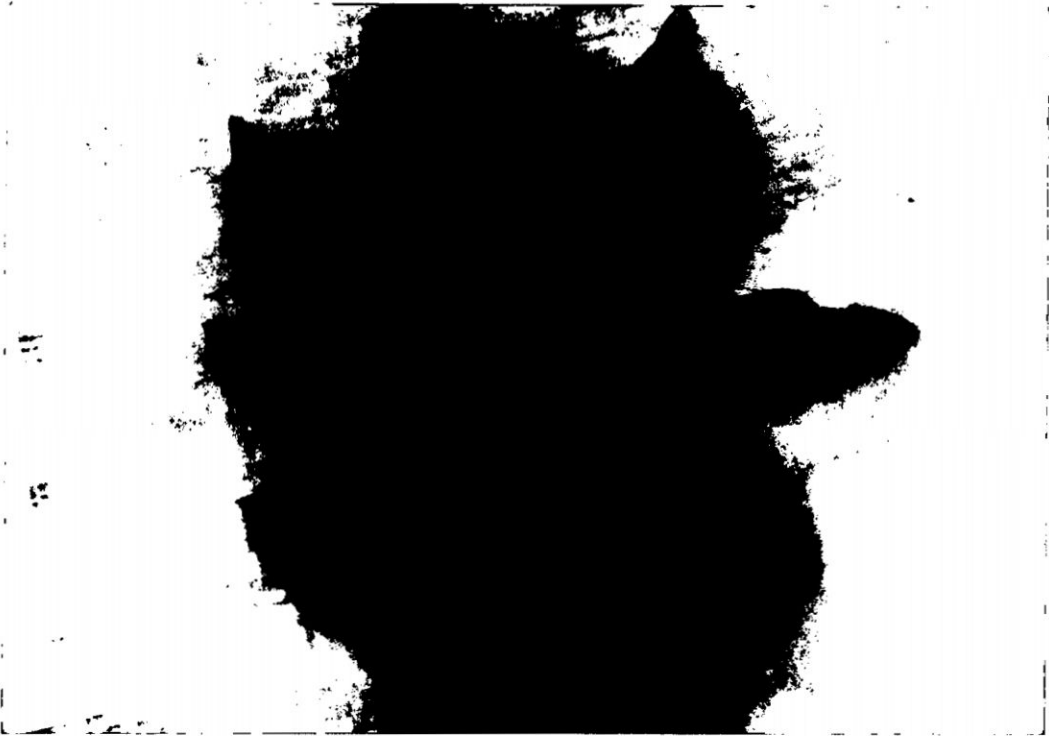


FOTO 9 Gorgojo de los Andes

MADUREZ DE COSECHA

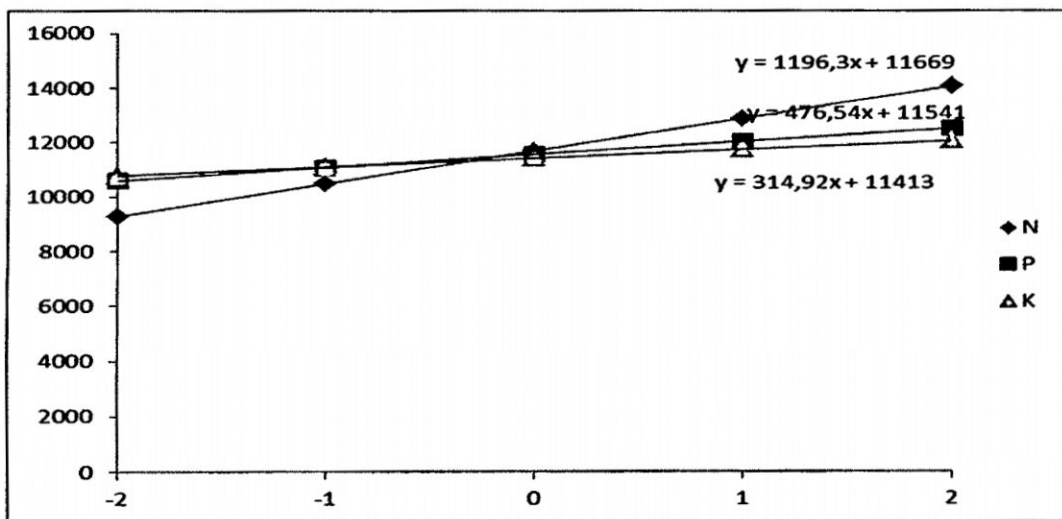


ANEXO N°2

1. RENDIMIENTO TOTAL DE PAPA VARIEDAD CANCHÁN (CAMPANAYOCC)

Cuadro 1: Rendimiento de papa (kg.ha⁻¹) y rendimiento relativo (%) para las técnicas de las parcelas de omisión y parcelas de inclusión. Campanayocc 3400 msnm – Carmen Alto.

Trat.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Promedio	Rr (%)
T	0	0	0	7.750	8.600	7.050	7800.0	100.0
+N	80	0	0	15.000	13.000	15.000	14333.3	183.8
+P	0	60	0	8.700	10.150	9.600	9483.3	121.6
-K	80	60	0	12.400	12.800	13.500	12900.0	73.0
+K	0	0	70	9.300	9.100	9.000	9133.3	117.1
-P	80	0	70	12.700	11.200	13.055	12318.3	69.7
-N	0	60	70	12.500	12.500	10.600	11866.7	67.1
C	80	60	70	17.000	17.000	19.036	17678.7	100.0



**Gráfico 1: Influencia de NPK en el rendimiento de papa, Campanayocc
Cuando los otros dos factores están en su nivel medio.**

2. RENDIMIENTO TOTAL DE PAPA VARIEDAD CANCHÁN (CANAÁN)

Cuadro 2: Rendimiento de papa (kg.ha⁻¹) y rendimiento relativo (%) para las técnicas de las parcelas de omisión y parcelas de inclusión. Canaán 2735 msnm – Ayacucho.

Trat.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Promedio	Rr (%)
T	0	0	0	6610.5	7943.7	7777.0	7443.7	100.0
+N	120	0	0	12054.4	15387.4	13498.7	13646.8	183.3
+P	0	50	0	6610.5	8110.3	9999.0	8239.9	110.7
-K	120	50	0	15720.7	18553.7	18831.5	17701.9	89.9
+K	0	0	30	7443.7	6388.3	8999.1	7610.4	102.2
-P	120	0	30	14831.9	17553.8	13776.4	15387.4	78.2
-N	0	50	30	7166.0	9499.1	8721.4	8462.1	43.0
C	120	50	30	19164.8	21331.2	18553.7	19683.2	100.0

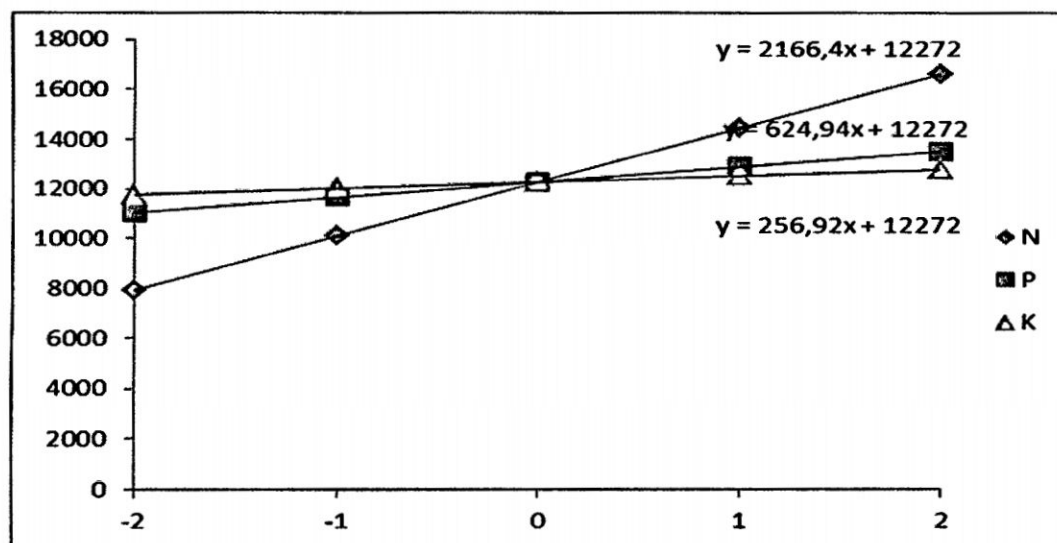


Gráfico 2: Influencia de NPK en el rendimiento de papa, Canaán
Cuando los otros dos factores están en su nivel medio.

3. REQUERIMIENTO DEL ABONAMIENTO EN CAMPANAYOCC

Cuadro 3: Fórmula de abonamiento para papa variedad Canchán para la Comunidad de Campanayocc 3400msnm – Carmen Alto.

Trat.	Rdto.	Dif	Compl.	PAU	FC	FR
-N	11.9	5.8	29.0	40	72.5	80
-P	12.3	5.4	10.8	20	54.0	60
-K	12.9	4.8	38.4	55	69.8	70
C	17.7	Fórmula recomendada: 80-60-70				

Cálculo de Abonamiento para la Comunidad de Campanayocc

- ❖ Colocar los rendimientos de papa obtenidos en el campo (Rdto.), en la columna 2, correspondientes a los tratamientos (Trat.) identificados en la columna 1
- ❖ En la columna 3, escribir la diferencia (Dif.) entre los rendimientos del tratamiento completo (C) y los tratamientos donde se omitió un factor (nutriente):

$$\text{Rdto}_{(C)} - \text{Rdto}_{(-N)} = 17.7 - 11.9 = 5.8$$

$$\text{Rdto}_{(C)} - \text{Rdto}_{(-P)} = 17.7 - 12.3 = 5.4$$

$$\text{Rdto}_{(C)} - \text{Rdto}_{(-K)} = 17.7 - 12.9 = 4.8$$

- ❖ En la columna 4 se calcula la parte complementaria (Compl) de nutrientes que debe incorporar la cosecha (el cultivo) en sus tejidos, a partir de los abonos, para alcanzar el rendimiento

planteado (17.7 t.ha^{-1}). Se conoce que el requerimiento del cultivo de papa para producir 1 tonelada de tubérculos es 5 – 2 - 8 kg de N - P_2O_5 - K_2O :

$$\text{N} = 5.8 * 5 = 29.0$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 = 5.4 * 2 = 10.8$$

$$\text{K}_2\text{O} = 4.8 * 8 = 38.4$$

- ❖ Los nutrientes que se suministran están sujetos a pérdidas en el suelo por diferentes mecanismos (lixiviación, fijación, etc.). La eficiencia de uso de los nutrientes suministrados vía abonamiento (PAU) depende de factores edáficos, climáticos y genéticos, entre otros. Considerando los valores indicados en la columna 5 (estimado para las condiciones de Canaán), calculamos las cantidades de abono (columna 6) requerido (FC):

$$\text{N} = 29.0 * 100 / 40 = 72.5.0$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 = 10.8 * 100 / 20 = 54.0$$

$$\text{K}_2\text{O} = 38.4 * 100 / 55 = 69.8$$

- ❖ Los valores de la columna 6 se redondean por comodidad para representarlo como una fórmula de abonamiento a recomendar (columna 7: FR); en este caso 80 – 60 - 70 de N - P_2O_5 - K_2O .

ANEXO N°3 COSTOS DE PRODUCCIÓN

CULTIVO : PAPA Var. Canchán
 LUGAR : Campanayocc (3400 msnm) Carmen Alto - Ayacucho
 CAMPAÑA AGRÍCOLA : 2012 - 2013
 TRATAMIENTO T₁ : Testigo
 NITRÓGENO : 0.00 kg.ha⁻¹
 FÓSFORO : 0.00 kg.ha⁻¹
 POTASIO : 0.00 kg.ha⁻¹

Descripción	Unidad de medida	Cant.	Precio Unitario (S/.)	Sub Total (S/.)	Valor Total (S/.)
I. COSTOS DIRECTOS	4102.5				
1. PREPARACIÓN DEL TERRENO	400.00				
- Volteado, roturado y mullido	H.M	8	40.00	320.00	
- Surcado	H.M	2	40.00	80.00	
2. SIEMBRA	180.00				
- Aplicación de fertilizante	Jornal	2	20.00	40.00	
- Siembra	Jornal	7	20.00	140.00	
3. LABORES CULTURALES	460.00				
- Deshierbo	Jornal	16	20.00	320.00	
- Apertura de acequias	Jornal	2	20.00	40.00	
- Segundo abonamiento	Jornal	2	20.00	40.00	
- Control fitosanitario	Jornal	3	20.00	60.00	
4. RIEGOS	240.00				
- Riegos	Jornal	12	20.00	240.00	
5. COSECHA	380.00				
-Extracción, selección y clasificación	Jornal	14	20.00	280.00	
-Ensacado , pesado	Jornal	5	20	100.00	
6. SEMILLA	2100.00				
- Semilla (tratamiento)	Kg.	1400	1.5	2100.00	
7. FERTILIZANTES	0.00				
- Fosfato di Amónico	Kg.	0.00	0.00	0.00	
- Cloruro de potasio	Kg.	0.00	0.00	0.00	
- Urea	Kg.	0.00	0.00	0.00	
8. PESTICIDAS	220.00				
- Galben	Lts	1	60	60.00	
- Luxaxin agrícola	Lts	2	80	160.0	
9. AGUA	40.00				
- Canon de agua	M ³	4000	0.01	40.00	
10. TRANSPORTES	82.50				
- Insumos	Kg.	1650	0.05	82.50	
II. COSTOS DIRECTOS	423.99				
1. LEYES SOCIALES (13%)	128.70				
2. GASTOS ADMINISTRATIVOS (5%)	295.29				
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN	4526.49				

COSTOS DE PRODUCCIÓN

CULTIVO : PAPA Var. Canchán
 LUGAR : Campanayocc (3400 msnm) Carmen Alto - Ayacucho
 CAMPAÑA AGRÍCOLA : 2012 - 2013
 TRATAMIENTO T₂ : +N
 NITRÓGENO : 230 kg.ha⁻¹
 FÓSFORO : 0.00 kg.ha⁻¹
 POTASIO : 0.00 kg.ha⁻¹

Descripción	Unidad de medida	Cant.	Precio Unitario (S/.)	Sub Total (S/.)	Valor Total (S/.)
I. COSTOS DIRECTOS					4831.5
1. PREPARACIÓN DEL TERRENO					400.00
- Volteado, roturado y mullido	H.M	8	40.00	320.00	
- Surcado	H.M	2	40.00	80.00	
1. SIEMBRA					180.00
- Aplicación de fertilizante	Jornal	2	20.00	40.00	
- Siembra	Jornal	7	20.00	140.00	
2. LABORES CULTURALES					460.00
- Deshierbo	Jornal	16	20.00	320.00	
- Apertura de acequias	Jornal	2	20.00	40.00	
- Segundo abonamiento	Jornal	2	20.00	40.00	
- Control fitosanitario	Jornal	3	20.00	60.00	
3. RIEGOS					240.00
- Riegos	Jornal	12	20.00	240.00	
4. COSECHA					380.00
-Extracción, selección y clasificación	Jornal	14	20.00	280.00	
-Ensayado , pesado	Jornal	5	20	100.00	
5. SEMILLA					2100.00
- Semilla (tratamiento)	Kg.	1400	1.5	2100.00	
6. FERTILIZANTES					729.0
- Fosfato di Amónico	Kg.	0.00	0.00	0.00	
- Cloruro de potasio	Kg.	0.00	0.00	0.00	
- Urea	Kg.	405	1.8	729.00	
7. PESTICIDAS					220.00
- Galben	Lts	1	60	60	
- Luxaxin agrícola	Lts	2	80	160	
8. AGUA					40.00
- Canon de agua	M ³	4000	0.01	40.00	
9. TRANSPORTES					82.50
- Insumos	Kg.	1650	0.05	82.50	
II. COSTOS DIRECTOS					423.99
1. LEYES SOCIALES (13%)					128.70
2. GASTOS ADMINISTRATIVOS (5%)					295.29
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN					5215.49

COSTOS DE PRODUCCIÓN

CULTIVO : PAPA Var. Canchán
 LUGAR : Campanayocc (3400 msnm) Carmen Alto - Ayacucho
 CAMPAÑA AGRÍCOLA : 2012 - 2013
 TRATAMIENTO T₃ : +P
 NITRÓGENO : 0.00 kg.ha⁻¹
 FÓSFORO : 123 kg.ha⁻¹
 POTASIO : 0.00 kg.ha⁻¹

Descripción	Unidad de medida	Cant.	Precio Unitario (S/.)	Sub Total (S/.)	Valor Total (S/.)
I. COSTOS DIRECTOS					4638.5
1. PREPARACIÓN DEL TERRENO					400.00
- Volteado, roturado y mullido	H.M	8	40.00	320.00	
- Surcado	H.M	2	40.00	80.00	
2. SIEMBRA					180.00
- Aplicación de fertilizante	Jornal	2	20.00	40.00	
- Siembra	Jornal	7	20.00	140.00	
3. LABORES CULTURALES					460.00
- Deshierbo	Jornal	16	20.00	320.00	
- Apertura de acequias	Jornal	2	20.00	40.00	
- Segundo abonamiento	Jornal	2	20.00	40.00	
- Control fitosanitario	Jornal	3	20.00	60.00	
4. RIEGOS					240.00
- Riegos	Jornal	12	20.00	240.00	
5. COSECHA					380.00
-Extracción, selección y clasificación	Jornal	14	20.00	280.00	
-Ensayado , pesado	Jornal	5	20	100.00	
6. SEMILLA					2100.00
- Semilla (tratamiento)	Kg.	120	1400	2100.00	
7. FERTILIZANTES					536
- Fosfato di Amónico	Kg.	268	2.0	536	
- Cloruro de potasio	Kg.	0.00	0.00	0.00	
- Urea	Kg.	0.00	0.00	0.00	
8. PESTICIDAS					220.00
- Galben	Lts	1	60	60	
- Luxaxin agrícola	Lts	2	80	160	
9. AGUA					40.00
- Canon de agua	M ³	4000	0.01	40.00	
10. TRANSPORTES					82.50
- Insumos	Kg.	1650	0.05	82.50	
II. COSTOS DIRECTOS					423.99
1. LEYES SOCIALES (13%)					128.70
2. GASTOS ADMINISTRATIVOS (5%)					295.29
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN					5062.49

COSTOS DE PRODUCCIÓN

CULTIVO : PAPA Var. Canchán
 LUGAR : Campanayocc (3400 msnm) Carmen Alto - Ayacucho
 CAMPAÑA AGRÍCOLA : 2012 - 2013
 TRATAMIENTO T₄ : +N, +P
 NITRÓGENO : 230 Kg.ha⁻¹
 FÓSFORO : 123 kg.ha⁻¹
 POTASIO : 0.00 kg.ha⁻¹

Descripción	Unidad de medida	Cant.	Precio Unitario (S/.)	Sub Total (S/.)	Valor Total (S/.)
I. COSTOS DIRECTOS					5367.5
1. PREPARACIÓN DEL TERRENO					400.00
- Volteado, roturado y mullido	H.M	8	40.00	320.00	
- Surcado	H.M	2	40.00	80.00	
2. SIEMBRA					180.00
- Aplicación de fertilizante	Jornal	2	20.00	40.00	
- Siembra	Jornal	7	20.00	140.00	
3. LABORES CULTURALES					460.00
- Deshierbo	Jornal	16	20.00	320.00	
- Apertura de acequias	Jornal	2	20.00	40.00	
- Segundo abonamiento	Jornal	2	20.00	40.00	
- Control fitosanitario	Jornal	3	20.00	60.00	
4. RIEGOS					240.00
- Riegos	Jornal	12	20.00	240.00	
5. COSECHA					380.00
-Extracción, selección y clasificación	Jornal	14	20.00	280.00	
-Ensacado , pesado	Jornal	5	20	100.00	
6. SEMILLA					2100.00
- Semilla (tratamiento)	Kg.	144	1.5	2100.00	
7. FERTILIZANTES					1265
- Fosfato di Amónico	Kg.	268	2.0	536	
- Cloruro de potasio	Kg.	0.00	0.00	0.00	
- Urea	Kg.	405	1.8	729	
8. PESTICIDAS					220.00
- Galben	Lts	1	60	60	
- Luxaxin agrícola	Lts	2	80	160	
9. AGUA					40.00
- Canon de agua	M ³	4000	0.01	40.00	
10. TRANSPORTES					82.50
- Insumos	Kg.	1650	0.05	82.50	
II. COSTOS DIRECTOS					423.99
1. LEYES SOCIALES (13%)					128.70
2. GASTOS ADMINISTRATIVOS (5%)					295.29
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN					5791.49

COSTOS DE PRODUCCIÓN

CULTIVO : PAPA Var. Canchán
 LUGAR : Campanayocc (3400 msnm) Carmen Alto - Ayacucho
 CAMPAÑA AGRÍCOLA : 2012 - 2013
 TRATAMIENTO T_s : +K
 NITRÓGENO : 0.00 Kg.ha⁻¹
 FÓSFORO : 0.00 Kg.ha⁻¹
 POTASIO : 285 Kg.ha⁻¹

Descripción	Unidad de medida	Cant.	Precio Unitario (S/.)	Sub Total (S/.)	Valor Total (S/.)
I. COSTOS DIRECTOS					4957.5
1. PREPARACIÓN DEL TERRENO					400.00
- Volteado, roturado y mullido	H.M	8	40.00	320.00	
- Surcado	H.M	2	40.00	80.00	
2. SIEMBRA					180.00
- Aplicación de fertilizante	Jornal	2	20.00	40.00	
- Siembra	Jornal	7	20.00	140.00	
3. LABORES CULTURALES					460.00
- Deshierbo	Jornal	16	20.00	320.00	
- Apertura de acequias	Jornal	2	20.00	40.00	
- Segundo abonamiento	Jornal	2	20.00	40.00	
- Control fitosanitario	Jornal	3	20.00	60.00	
4. RIEGOS					240.00
- Riegos	Jornal	12	20.00	240.00	
5. COSECHA					380.00
-Extracción, selección y clasificación	Jornal	14	20.00	280.00	
-Ensayado , pesado	Jornal	5	20	100.00	
6. SEMILLA					2100.00
- Semilla (tratamiento)	Kg.	1400	1.5	2100.00	
7. FERTILIZANTES					855
- Fosfato di Amónico	Kg.	0.00	0.00	0.00	
- Cloruro de potasio	Kg.	475	1.8	855	
- Urea	Kg.	0.00	0.00	0.00	
8. PESTICIDAS					220.00
- Galben	Lts	1	60	60	
- Luxaxin agrícola	Lts	2	80	160	
9. AGUA					40.00
- Canon de agua	M ³	4000	0.01	40.00	
10. TRANSPORTES					82.50
- Insumos	Kg.	1650	0.05	82.50	
II. COSTOS DIRECTOS					423.99
1. LEYES SOCIALES (13%)					128.70
2. GASTOS ADMINISTRATIVOS (5%)					295.29
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN					5381.49

COSTOS DE PRODUCCIÓN

CULTIVO : PAPA Var. Canchán
 LUGAR : Campanayocc (3400 msnm) Carmen Alto - Ayacucho
 CAMPAÑA AGRÍCOLA : 2012 - 2013
 TRATAMIENTO T₆ : +N, +K
 NITRÓGENO : 123 Kg.ha⁻¹
 FÓSFORO : 0.00 Kg.ha⁻¹
 POTASIO : 285 Kg.ha⁻¹

Descripción	Unidad de medida	Cant.	Precio Unitario (S/.)	Sub Total (S/.)	Valor Total (S/.)
I. COSTOS DIRECTOS					5686.5
1. PREPARACIÓN DEL TERRENO					400.00
- Volteado, roturado y mullido	H.M	8	40.00	320.00	
- Surcado	H.M	2	40.00	80.00	
2. SIEMBRA					180.00
- Aplicación de fertilizante	Jornal	2	20.00	40.00	
- Siembra	Jornal	7	20.00	140.00	
3. LABORES CULTURALES					460.00
- Deshierbo	Jornal	16	20.00	320.00	
- Apertura de acequias	Jornal	2	20.00	40.00	
- Segundo abonamiento	Jornal	2	20.00	40.00	
- Control fitosanitario	Jornal	3	20.00	60.00	
4. RIEGOS					240.00
- Riegos	Jornal	12	20.00	240.00	
5. COSECHA					380.00
-Extracción, selección y clasificación	Jornal	14	20.00	280.00	
-Ensayado , pesado	Jornal	5	20	100.00	
6. SEMILLA					2100.00
- Semilla (tratamiento)	Kg.	1400	1.5	2100.00	
7. FERTILIZANTES					1584
- Fosfato di Amónico	Kg.	0.00	0.00	0.00	
- Cloruro de potasio	Kg.	475	1.8	855	
- Urea	Kg.	405	1.8	729	
8. PESTICIDAS					220.00
- Galben	Lts	1	60	60	
- Luxaxin agrícola	Lts	2	80	160	
9. AGUA					40.00
- Canon de agua	M ³	4000	0.01	40.00	
10. TRANSPORTES					82.50
- Insumos	Kg.	1650	0.05	82.50	
II. COSTOS DIRECTOS					423.99
1. LEYES SOCIALES (13%)					128.70
2. GASTOS ADMINISTRATIVOS (5%)					295.29
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN					5990.49

COSTOS DE PRODUCCIÓN

CULTIVO : PAPA Var. Canchán
 LUGAR : Campanayocc (3400 msnm) Carmen Alto - Ayacucho
 CAMPAÑA AGRÍCOLA : 2012 - 2013
 TRATAMIENTO T₇ : +P, +K
 NITRÓGENO : 0.00 Kg.ha⁻¹
 FÓSFORO : 123 Kg.ha⁻¹
 POTASIO : 285 Kg.ha⁻¹

Descripción	Unidad de medida	Cant.	Precio Unitario (S/.)	Sub Total (S/.)	Valor Total (S/.)
I. COSTOS DIRECTOS					5493.5
1. PREPARACIÓN DEL TERRENO					400.00
- Volteado, roturado y mullido	H.M	8	40.00	320.00	
- Surcado	H.M	2	40.00	80.00	
2. SIEMBRA					180.00
- Aplicación de fertilizante	Jornal	2	20.00	40.00	
- Siembra	Jornal	7	20.00	140.00	
3. LABORES CULTURALES					460.00
- Deshierbo	Jornal	16	20.00	320.00	
- Apertura de acequias	Jornal	2	20.00	40.00	
- Segundo abonamiento	Jornal	2	20.00	40.00	
- Control fitosanitario	Jornal	3	20.00	60.00	
4. RIEGOS					240.00
- Riegos	Jornal	12	20.00	240.00	
5. COSECHA					380.00
-Extracción, selección y clasificación	Jornal	14	20.00	280.00	
-Ensacado , pesado	Jornal	5	20	100.00	
6. SEMILLA					2100.00
- Semilla (tratamiento)	Kg.	1400	1.5	2100.00	
7. FERTILIZANTES					1391
- Fosfato di Amónico	Kg.	268	2.0	536	
- Cloruro de potasio	Kg.	475	1.8	855	
- Urea	Kg.	0.00	0.00	0.00	
8. PESTICIDAS					220.00
- Galben	Lts	1	60	60	
- Luxaxin agrícola	Lts	2	80	160	
9. AGUA					40.00
- Canon de agua	M ³	4000	0.01	40.00	
10. TRANSPORTES					82.50
- Insumos	Kg.	1650	0.05	82.50	
II. COSTOS DIRECTOS					423.99
1. LEYES SOCIALES (13%)					128.70
2. GASTOS ADMINISTRATIVOS (5%)					295.29
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN					5917.49

COSTOS DE PRODUCCIÓN

CULTIVO : PAPA Var. Canchán
 LUGAR : Campanayocc (3400 msnm) Carmen Alto - Ayacucho
 CAMPAÑA AGRÍCOLA : 2012 - 2013
 TRATAMIENTO T₈ : +N, +P, +K
 NITRÓGENO : 230 Kg.ha⁻¹
 FÓSFORO : 123 Kg.ha⁻¹
 POTASIO : 285 Kg.ha⁻¹

Descripción	Unidad de medida	Cant.	Precio Unitario (S/.)	Sub Total (S/.)	Valor Total (S/.)
I. COSTOS DIRECTOS					6222.5
1. PREPARACIÓN DEL TERRENO					400.00
- Volteado, roturado y mullido	H.M	8	40.00	320.00	
- Surcado	H.M	2	40.00	80.00	
2. SIEMBRA					180.00
- Aplicación de fertilizante	Jornal	2	20.00	40.00	
- Siembra	Jornal	7	20.00	140.00	
3. LABORES CULTURALES					460.00
- Deshierbo	Jornal	16	20.00	320.00	
- Apertura de acequias	Jornal	2	20.00	40.00	
- Segundo abonamiento	Jornal	2	20.00	40.00	
- Control fitosanitario	Jornal	3	20.00	60.00	
4. RIEGOS					240.00
- Riegos	Jornal	12	20.00	240.00	
5. COSECHA					380.00
- Extracción, selección y clasificación	Jornal	14	20.00	280.00	
- Ensacado, pesado	Jornal	5	20	100.00	
6. SEMILLA					2100.00
- Semilla (tratamiento)	Kg.	1400	1.5	2100.00	
7. FERTILIZANTES					2120
- Fosfato di Amónico	Kg.	268	2.00	536	
- Cloruro de potasio	Kg.	475	1.80	855	
- Urea	Kg.	405	1.80	729	
8. PESTICIDAS					220.00
- Galben	Lts	1	60	60	
- Luxaxin agrícola	Lts	2	80	160	
9. AGUA					40.00
- Canon de agua	M ³	4000	0.01	40.00	
10. TRANSPORTES					82.50
- Insumos	Kg.	1650	0.05	82.50	
II. COSTOS DIRECTOS					423.99
1. LEYES SOCIALES (13%)					128.70
2. GASTOS ADMINISTRATIVOS (5%)					295.29
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN					6646.49