

ABSORCIÓN REAL DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE LA PAPA (*Solanum tuberosum L.*)

1.1. INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum L.*) es el tercer alimento más consumido en el mundo, después del arroz y trigo. Cultivada en más del 75 por ciento de los países del mundo, representa un alimento básico en la dieta de la población mundial, contribuyendo a reducir el hambre y lograr la seguridad alimentaria. En Bolivia la superficie cultivada es de 179.407 Ha, con una producción de 935.862 Tm y un rendimiento promedio de 5.216 kg/ha⁻¹. El departamento de Tarija tiene una superficie cultivada de 9.305 Ha, con una producción de 58.787 Tm y un rendimiento promedio de 6.318 kg /Ha.

En el cultivo de papa la nutrición mineral es uno de los factores que más contribuye para alcanzar elevado rendimiento y calidad del producto. El conocimiento de la cantidad de nutrientes acumulada o extraídos por la planta en cada fase de crecimiento suministra información que ayuda en el establecimiento de un plan de fertilización más balanceadas y sirve como base para estimar los requerimientos.

Los nutrientes primarios (nitrógeno, fósforo, potasio) y secundarios (calcio, magnesio) son absorbidos por la planta a través de las células especializadas, llamadas pelos absorbentes que se encuentran fundamentalmente en la zona pilífera de la raíz, los pelos absorbentes son células epidérmicas especializadas que durante el proceso de diferenciación sufren una evaginación, que tiene como objetivo aumentar la superficie de absorción. Los nutrientes tienen que atravesar los distintos tejidos de la raíz hasta llegar al xilema que a su vez los conducirá hasta el aparato fotosintético de la planta.

El nitrógeno es esencial para el crecimiento de las planta y es absorbido en forma de iones amonio (NH_4^+) o nitratos (NO_3^-), el fosforo es esencial para cumplir su ciclo normal de producción y es absorbida por la planta en forma ion orto fosfato primario (H_2PO_4^-), ion orto fosfato secundario (HPO_4^-) y el potasio es fundamental para varios procesos metabólicos y es absorbido por la planta en forma iónica (k^+). El calcio (Ca^{++}), magnesio (Mg^{++}) y azufre (S) denominados nutrientes secundarios son absorbidos en forma de catión excepto el azufre que es absorbido como anión sulfato y son de vital importancia para el desarrollo de la planta a pesar que la planta los requiere en pequeñas cantidades.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El uso de fertilizantes no se reduce a recomendaciones rutinarias, sino al conocimiento de las necesidades nutricionales del cultivo. Es por eso que el presente trabajo de investigación busca determinar la absorción real de nutrientes en el cultivo de la papa, debido a que nuestra zona no cuenta con este dato, los productores para realizar fertilizaciones a sus cultivos utilizan datos de requerimiento nutricional importados de otras regiones que no poseen las mismas características edafoclimaticas de la zona, realizando mayor o menor aplicación de fertilizantes al cultivo, ocasionando una pérdida económica al agricultor.

Con el dato que se obtendrá se contribuirá en forma cuantitativa a dar solidez a los programas de fertilización a recomendar, pues concretamente permitirá conocer la cantidad de nutrientes que absorbe el cultivo de papa para un rendimiento dado y beneficiara el CECH y productores de la zona.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Determinar los niveles de absorción real de nutrientes en el cultivo de papa mediante un análisis de suelo, foliar y del tubérculo en el Centro Experimental de Chocloca

1.3.2 Objetivos Específicos

Determinar el contenido de nutrientes primarios (nitrógeno, fosforo, potasio) y secundarios (calcio, magnesio) en el suelo antes del establecimiento del cultivo de papa.

Cuantificar mediante un análisis foliar el contenido de nutrientes primarios (nitrógeno, fosforo, potasio) y secundarios (calcio, magnesio) durante la época de floración.

Cuantificar al final de la cosecha el contenido de nutrientes primarios (nitrógeno, fosforo, potasio) y secundarios (calcio, magnesio) en el tubérculo.

Determinar el contenido de nutrientes primarios (nitrógeno, fosforo, potasio) y secundarios (calcio, magnesio) que quedaron en el suelo al finalizar la cosecha del cultivo de papa.

CAPÍTULO II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. ORIGEN DE LA PAPA

La papa es una plantas procedentes de las culturas pre incaicas. La mayor diversidad genética de papa (*Solanum tuberosum L.*) se encuentra en las tierras alto andinas de américa del sur. La mayor diversificación de papas nativas se las encuentra en Perú, Bolivia y Ecuador. La papa fue introducida a Europa en el siglo XVI, siendo ampliamente cultivada en Irlanda como especie (Pumisacho, M.; Sherwood 2002).

2.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Cuadro 1

Clasificación Taxonómica de la Papa

Reino	Vegetal
División	Magniolophyta
Clase	Magniliopsiada
Sub clase	Dicotiledonia
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Genero	Solanum
Especie	S. tuberosum
Nombre común	Papa.

Fuente: (Pumisacho,M.; Sherwood.S, 2002).

2.3. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

2.3.1. Raíz

Las plantas que se desarrollan a partir de tubérculos, producen raíces adventicias en los nódulos de los tallos y en los estolones.

Sus raíces son muy ramificadas, finas y largas dependiendo su desarrollo de que el suelo este más o menos mullido. Normalmente la planta de papa enraíza bastante cerca de la superficie, no profundizando más de 40 a 50 centímetro, aunque a veces se han encontrado en suelos muy homogéneos y relativamente sueltos, a una profundidad de hasta 1 metro (Alonso, 2002).

2.3.2. Tallo

Los tallos son gruesos, fuertes y angulosos, alcanzan una altura en el momento de máximo desarrollo de entre 0.5 a 1 m, originándose en las yemas del tubérculo madre. Los tallos aéreos, normalmente son de color verde, ramificados y el corte de la sección es hueco y triangular. La parte más baja del tallo es redondeada y sólida.

Las ramas laterales que salen del tallo principal se llaman tallos secundarios. Los tallos secundarios pueden salir de muy cerca del tubérculo semilla, en cuyo caso su formación o la producción de estolones y tubérculos será parecido al del tallo principal o bien puede desarrollarse ramas apicales sucesivamente, varias veces durante el crecimiento de la planta (Alonso, 2002).

2.3.3. Hojas

Las hojas son imparipinadas, constan de 9 o más folíolos, cuyo tamaño es tanto mayor cuando más alejado se encuentra del nudo de inserción. Las hojas maduras son compuestas y consisten en un peciolo con un folíolo terminal, folíolos laterales,

foliolos secundarios y a veces foliolos terciarios. Las hojas están provistas de pelo de diversos tipos, los cuales también se encuentran presente en las demás partes aéreas de la planta. Hay más estomas en la parte inferior que las hojas que en la superior (Alonso, 2002).

2.3.4. Flor

Diversos factores climáticos especialmente el fotoperiodo y la temperatura, estimulan la floración.

Las flores nacen en racimo y por lo general son terminales, cada flor contiene órgano masculino (Androceo) y femeninos (Gineceo), son pentámeras (poseen cinco pétalos) y sépalos que pueden ser de diversos colores, pero común mente blanco, amarillo, rojo y purpura. Muchas variedades dejan caer las flores después de la fecundación. La autopolinización se realiza en forma natural (Pumisacho, M y Sherwood.S, 2002).

2.3.5. Fruto

El fruto de la papa es una baya pequeña y carnosa que contiene semilla sexual. La baya es de forma redonda u ovalada, de color verde amarillento o castaño rojizo.

Su tamaño suele variar de entre uno a tres centímetros de diámetro y posee dos cavidades o lóculos en donde se alojan las semillas con un promedio de 200 a 300 semillas. Cultivos comerciales de papa pueden ser obtenidos a partir de híbridos provenientes de semilla sexual, pero la semilla sexual se usa generalmente con propósitos de mejoramiento (Pumisacho, M y Sherwood.S, 2002).

2.3.6. Tubérculo

Los tubérculos son tallos que se originan en el extremo del estolón. La formación del tubérculo es consecuencia de la proliferación del tejido de reserva que estimula el aumento de las células hasta un factor de 64 veces. El tejido vascular de los tallos, estolones y tubérculos toman inicialmente la forma de haces bicolaterales, con grupos de células floemáticas de pared delgada en la parte extrema del xilema (floema externo) y hacia el centro en la parte interna del xilema (floema interno).

A medida que el estolón se alarga, el parénquima se desarrolla, separando los haces vasculares de tal forma que el anillo vascular se extiende.

Los tubérculos tienen una forma variada, desde completamente alargadas a ovaladas o cilíndricas dependiendo de la variedad (Pumisacho, M y Sherwood.S, 2002).

2.4. EXIGENCIAS EDAFOCLIMÁTICAS

2.4.1. Exigencias Edafológicas

La papa tiene preferencia por suelos de textura franco arenosos, franco limoso y franco arcilloso, de textura liviana, con buen drenaje y con una profundidad efectiva mayor de 0.50 m, que permitan el libre crecimiento de los estolones y tubérculos (Román y Hurtado, 2002).

Otro factor importante es el pH del suelo, cuyo valor óptimo se estima entre 6 – 7 (Alonso, 2002).

La humedad del suelo debe ser constante y bien distribuida durante las diferentes etapas de desarrollo, principalmente en la tuberización y la maduración. La cantidad y distribución de los riegos antes, durante y después de la floración determinan el número, peso y cantidad de materia seca en los tubérculos en desarrollados. Existe

una relación directa y positiva entre la cantidad de agua que dispone la planta y rendimiento comercial (López et al., citado por Jiménez, 2009)

2.4.1. Exigencias Climáticas

La papa es considerada una planta termoperiódica, lo que significa que es necesario una variación entre la temperatura diurna y la nocturna de por lo menos 10 °C. Si la diferencia es menor el crecimiento y tuberización se ven afectadas. Cuando esta situación se da a menudo a lo largo del ciclo vegetativo el rendimiento y la calidad son afectadas, pues las temperaturas altas son ideales para el crecimiento de tallos y hojas, pero no para los tubérculos (Román y Hurtado, 2002).

Las temperaturas más favorables para el cultivo están en torno a 13 – 18°C, el frío excesivo perjudica especialmente a la papa, ya que los tubérculos quedan pequeños y sin desarrollar; si la temperatura es demasiado elevada afecta a la formación de los tubérculos y favorece el desarrollo de plagas y enfermedades (Sánchez, 2003).

Toledo (2011) comenta. Para lograr el mayor potencial productivo de las plantas de papa es necesario mantenerlas en condiciones que le permitan desarrollar toda su capacidad fotosintética junto con una reducida respiración. Teniendo en consideración los siguientes aspectos:

a) Las plantas deben estar en contacto directo con la luz del sol todo el día y durante todo su ciclo para lograr todo su potencial fotosintético. El rango de intensidad de la luz del sol con la cual la planta de papa logra su mayor capacidad de fotosíntesis ha sido medido, y oscila entre los 40,000 y 60,000 lux.

b) A mayor cantidad de hojas del cultivo habrá mayor trabajo fotosintético en las plantas y por tanto mayor acumulación de material de reserva en los tubérculos. En este sentido, para obtener mayores rendimientos es necesario lograr que las plantas

cubran todo el campo de cultivo lo más temprano posible (a los 40 días después de la siembra).

c) Bajo condiciones normales, la fotosíntesis se lleva a cabo durante el día y la respiración durante la noche. Sin embargo, cuando se presenta situaciones estresantes para el cultivo, la respiración puede darse también durante el día (foto respiración).

La foto respiración en el cultivo de papa debe ser evitado a toda costa ya que es una condición que gasta mucha energía en detrimentos de los rendimientos. El rango de temperatura en el que hay mayor capacidad de producir fotosíntesis y una respiración es entre 15 a 20 °C. A medida que la temperatura del ambiente sube por arriba de los 20 °C la foto respiración se incrementa y cuando la temperatura llega a los 35 °C la capacidad de acumulación por la planta es cero.

En general una máxima en el día entre 15 y 25 °C y una mínima en la noche entre 8 y 13 es ideal para obtener altos rendimientos en el cultivo de papa (Calderón, 2010).

2.5. ETAPAS FISIOLÓGICAS DE LA PAPA

2.5.1. Brotación

El número de brotes que se desarrolla en un tubérculo es un carácter varietal. Con las mismas condiciones en cuanto a preparación de la semilla, los tubérculos grandes producen más brotes que los pequeños. Los tubérculos brotados con luz dan brotes con clorofila y que son más cortos y más fuertes que los que se han producido en la oscuridad. Una humedad relativa alta estimula la formación de raíces en los brotes (Alonso, 2002).

Cevipapa (2005) comenta. Dentro del estado de brotación ocurren varios eventos, antes de que el tubérculo esté en condiciones ideales para dar origen a una nueva planta.

- Estado de reposo o dormancia
- Dominancia apical
- Brotación

2.5.2. Crecimiento

Después de la siembra o antes de producirse esta operación, el tubérculo madre produce brotes y raíces. Si se ha producido una brotación anterior a la siembra es decir si se siembra tubérculos pre-brotados después de la plantación se inicia inmediatamente la formación de raíces en el tubérculo plantado y se acelera la emergencia de la planta.

Es necesaria una adecuada humedad en el suelo para que haya producción de raíces. La conjunción de estos dos factores como son la alta humedad del suelo y la baja temperaturas retrasan la emergencia de la planta.

Una vez producida la emergencia de la planta, el crecimiento de la vegetación o parte aérea por una parte y de las raíces por otra, están correlacionados (Alonso, 2002).

2.5.3. Estolones

Los estolones de la papa son tallos laterales que crecen horizontalmente por debajo de los suelos, a partir de las yemas de la parte subterránea de los tallos. La longitud de los estolones largos son comunes en papas silvestre, y el mejoramiento de la papa tienen como una de las metas obtener estolones cortos.

Los estolones pueden formar tubérculos mediante un alargamiento de su extremo terminal. Sin embargo, no todos los estolones llegan a formar tubérculos. Un estolón no cubierto con suelo, puede desarrollarse en un tallo vertical con follaje normal.

El tubérculo se forma en el extremo del estolón (rizoma) como consecuencia de la polimerización del tejido de reserva, que resulta de un rápido desarrollo y división celular, este desarrollo constituye aproximadamente 64 veces el aumento en el volumen de la célula.

La unión del estolón con el tubérculo se rompe durante la cosecha o muere cuando la planta alcanza su madurez, quedando evidente ya sea como un fragmento corto remanente o como una pequeña cicatriz (Cevipapa, 2005).

2.5.4. Tuberización

La tuberización de la papa es un proceso complejo de desarrollo que involucra varios factores. En el proceso de tuberización intervienen factores externos como el fotoperiodo, la temperatura, el agua y los nutrientes y factores internos como fitohormonas.

Condiciones para que haya tuberización.

- Percepción del fotoperiodo.
- Respuestas adaptativas a condiciones.
- Generación y transporte de señales inductivas.
- Formación de tubérculo.
- Respuestas del desarrollo del tubérculo.

Los niveles altos de giberelinas en los puntos de crecimiento de los estolones favorecen la elongación de los estolones, mientras la condición contraria, es decir bajos niveles de giberelinas, se requieren para la iniciación de la tuberización. Por

otra parte, se conoce que el fitocromo B es regulador de un inhibidor de la tuberización (Cevipapa 2005).

Los fenómenos de la tuberización se desarrollan en tres etapas sucesivas: inducción, iniciación y crecimiento radical del tubérculo.

La inducción es la detección de la elongación de los estolones después de un periodo de crecimiento cuya duración es variable en función de las condiciones ambientales y del genotipo. El estadio de tuberización comprende la formación de los esbozos de los tubérculos por crecimiento radical del primer entrenudo situado por debajo de la yema apical del estolón. Los procesos de multiplicación celular, el engrosamiento de los esbozos de los tubérculos se efectúan por acumulación de tejidos de sustancias de reserva sintetizadas por las hojas.

La planta de papa llega a ser capaz de tuberizar cuando ha alcanzado el estado llamado de inducción. Este factor de tuberización o ese conjunto de factores hormonales pueden ser elaborados por el follaje y por el tubérculo madre. La iniciación de formación de los tubérculos es retardada cuando las partes aéreas están sometidas a temperaturas elevadas (Rouselle, P., y. Robert y Crosnier, J.C 1999).

2.5.5. Inicio de la Tuberización

El sitio de mayor percepción de señales del fotoperiodo está en las hojas. Bajo condiciones inductivas de días cortos y temperaturas bajas, las hojas perciben las señales del ambiente y activan las señales de inducción. Esta señal es transmitida vía floema al estolón ya formado al punto de crecimiento del tubérculo.

La señal genera cambios en la actividad de las células en la región subapical del ápice del estolón, cambios que incluyen una reorientación de crecimiento: de división transversal a división longitudinal de las células.

Las células en la medula y la corteza del estolón se agrandan y dividen longitudinalmente. Estos cambios resultan en la retardación de la elongación del estolón y un incremento en la expansión radical del extremo del estolón llevando a la formación del tubérculo (Cevipapa 2005).

2.6. SISTEMA SUELO – PLANTA

El sistema suelo – planta es un sistema abierto en el que los elementos (M) son constantemente removidos de un lado, la fase solida del suelo y acumulados en la planta.

M (fase solida) \longleftrightarrow M (solución) \longleftrightarrow M (raíz) \longleftrightarrow M (parte aérea)

Dentro del suelo ocurren fenómenos de naturaleza, químicos o biológicos, que afectan a los nutrientes vegetales. Los mecanismos involucrados son diversos y pueden afectar a los nutrientes de manera diferente, en algunos casos aumentando su disponibilidad, en otras disminuyéndolas (Van Raij citado por Guerrero, 2004).

Como carbohidratos, ácidos orgánicos, etc. Los otros 13 nutrientes minerales aportan el 6 por ciento aproximadamente (Sierra, Santos y Kalazich, 2002).

2.7. ABSORCIÓN DE NUTRIENTES

La absorción de los nutrientes es la aptitud de la plantas para absorber tanto el agua como los nutrientes minerales del suelo que están relacionadas a su capacidad de desarrollar un extenso sistema radicular.

Las plantas absorben nutrientes con la finalidad de formar parte de la estructura de los diferentes órganos y compuestos, así como en los diferentes actividades enzimáticas,

que van a influir en la manifestación metabólica de los cultivos. Dentro de estos nutrientes seleccionados por (Arnon y Stout citados por Mengel y Kirkby, 2000).

De acuerdo con los criterios de esencialidad se encuentran el N, P y K como nutrientes primarios, que nos indica que el suelo normalmente no puede satisfacer las necesidades de la planta por lo que tienen que ser incorporados.

Hoagland citado por Mengel y Kirkby (2000). En razón de sus estudios sobre la absorción de nutrientes por las plantas, concluyo lo siguiente:

- Los iones son absorbidos por las plantas de manera selectiva.
- La absorción tiene lugar aún en contra de la concentración.
- La planta requiere energía para los procesos de absorción, la cual es generada por el metabolismo celular.

2.7.1. Factores que Afectan a la Absorción de Nutrientes

Varios factores influyen en la absorción de los elementos nutritivos por la planta y en consecuencia, en su composición posterior. Todos ellos están íntimamente relacionados entre sí, por lo cual es muy difícil concretar la verdadera influencia de cada uno por separado. Puede clasificarse en tres grupos: Según su relación con el suelo, con la planta y con las condiciones climáticas (Navarro citado por Felles, 2009).

Ulrich citado por Felles (2009), considera algunos factores que afectan la absorción de nutrientes en su ecuación.

$$\mathbf{X} = \mathbf{f}(\mathbf{S}, \mathbf{Cl}, \mathbf{T}, \mathbf{P}, \mathbf{M}.)$$

Dónde: **X** = concentración de nutrientes en la planta

S = Suelo, **Cl** Clima, **T** = tiempo, **P** = planta, **M** = manejo.

2.7.2. Interacción Iónica

Los nutrientes en estado de iones pueden ejercer unos sobre otros acciones que con llevan a reducir o aumentar su absorción por la planta, mediante mecanismos no totalmente establecidos. Estas interacciones se conocen como antagonismo y sinergismo (Navarro, 2000).

Existen fenómenos de antagonismo y sinergismo entre cationes y aniones. Son más frecuentes los efectos antagónicos entre cationes Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , mientras que en aniones son menos comunes (Mengel y Kirby 2000). El Cl^- , $\text{SO}_4^{=}$ y PO_4^- pueden ser estimulados cuando la absorción del NO_3^- se deprime fuertemente; siendo el antagonismo más común entre Cl^- y NO_3^- .

En suelos muy ácidos ($\text{pH} < 6$) el fósforo tiende a formar complejos con el hierro y aluminio del suelo, inhibiendo la disponibilidad, a su vez en un ambiente alcalino ($\text{pH} > 8,2$) se tiende a formar fosfato tricálcico insoluble. Por ello, los suelos ácidos deberían previamente ser enmendados con cal. En suelos alcalinos se debe usar fertilizantes fosfatados de alta solubilidad en agua (Ivex, 2003).

2.8. ELEMENTOS ESENCIALES

Los criterios principales por los que un elemento puede considerarse esencial o no esencial para cualquier vegetal: En primer lugar, un elemento es esencial si el vegetal no puede completar su ciclo de vegetativo en ausencia de tal elemento, en segundo lugar, un elemento es esencial si forma parte de cualquier molécula o constituyente de la planta que es en sí mismo esencial para este (como el nitrógeno en las proteínas o el magnesio en la clorofila etc.) (Salisbury y Ross, 2000).

El cultivo de papa requiere de 16 elementos nutritivos esenciales (C, H, O, N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, B, Cl y Mo), los tres más importantes son el carbono,

hidrogeno y oxígeno. El primero alcanza 44 por ciento aproximadamente de la materia seca, y el resto, corresponde a H y O, que forman las estructuras carbonadas

2.8.1. Rol de los nutrientes en la producción

La nutrición del cultivo de papa se concentra principalmente en la respuesta en rendimiento a la aplicación de NPK, y en ocasiones elementos como Ca, Mg y S (Porrás, 2005).

Asimismo, White et al. (2007) corrobora que el cultivo de papa demanda grandes cantidades de nutrientes, principalmente nitrógeno (N), fósforo (P) y Potasio (K) durante todo su ciclo.

2.8.2. Nitrógeno

El nitrógeno (N) es el nutriente que más afecta el rendimiento y calidad de los tubérculos (Suárez et al., 2006), asimismo incrementa el rendimiento en tubérculos grandes (Alonso, 2002). Favorece el desarrollo foliar, logrando aumentar la superficie de fotosíntesis, lo que conlleva a la producción de almidón, incidiendo directamente en la translocación del almidón desde las hojas hacia los tubérculos, de esta manera influye en el rendimiento, altura de planta, aumenta el número de tubérculos por unidad de área, porcentaje de proteínas, materia seca, síntesis de la clorofila (Ramírez, Cabrera y Corbera, 2004).

Modificando el aporte de N a la planta se puede manipular la tuberización, que fue demostrado en estudios llevados a cabo con plantas en suelo y cultivos hidropónicos. Dichos resultados se concluyó que el N aparentemente no se relaciona directamente con la inducción de la tuberización, siendo capaz de inhibir el desarrollo del tubérculo una vez que tuvo lugar la inducción (Bouzo, 2008). La papa requiere una cantidad bajo de nitrógeno durante el crecimiento vegetativo, aproximadamente 15 por ciento

del nitrógeno total. Además en un estudio realizado reporto que la acumulación de nitrógeno en la materia seca fue 120 Kg ha^{-1} y para los tubérculos fue 113 Kg ha^{-1} (Ojala et al., citados por Tiemi, 2003).

2.8.2.1. Deficiencias

La falta de nitrógeno se traduce en un desarrollo vegetativo escaso y la planta presenta clorosis, acortándose los periodos vegetativos con reducción de la cosecha; por menor número de tubérculos por planta. (Mengel y Kirby, 2000).

2.8.2.2. Exceso

Elevada dosis de N prolonga el ciclo vegetativo del cultivo de papa, contribuyendo a aumentar el porcentaje de tubérculos pequeños (Rosales citado por Huancas, 2003) y a su vez reducen el porcentaje de materia seca de los tubérculos (Oryarzún et al., 2002), retrasan el inicio de la tuberización (Suárez et al., 2006), muestran un crecimiento excesivo en la zona aérea, pero con tubérculos pequeños bajo el suelo (Salisbury y Ross, 2000).

2.8.2.3. El Nitrógeno en la Planta

La forma de asimilación del nitrógeno (nitríca o amoniacal) depende en gran manera de la edad de la planta y la especie; y también del pH del suelo (Navarro, 2003), la mayoría de los cultivos agrícolas absorben el N como ion NO_3^- , sin embargo, estudios recientes han demostrado que los cultivos usan cantidades apreciables de NH_4^+ , unas de las razones por las que se obtiene rendimientos más altos con la absorción de una parte del N como NH_4^+ , es que la reducción de NO_3^- , dentro de la planta requiere de energía (el NO_3^- es reducido a NH_4^+ que luego se convierte en aminoácidos dentro de la planta). Esta energía es proporcionada por carbohidratos, los mismos que podrían ser usados para el crecimiento o para la formación del fruto. El cultivo de papa puede absorber N en forma (NO_3^-) y amoniacal (NH_4^+). Sin embargo, la planta presenta

mayores tasas de crecimiento cuando hay mayor disponibilidad de nitratos (Pumisacho y Sherwood, 2002).

Una diferencia muy importante entre la absorción del NO_3^- y la absorción del NH_4^+ está en su sensibilidad al pH. La mejor absorción del N - NH_4^+ tiene lugar en un medio neutro a ligeramente alcalino y se deprime cuando disminuye el pH. Lo contrario sucede para la absorción del NO_3^- , ocurriendo una absorción más rápida a valores bajos de pH (Mengel y Kirkby, 2000).

El nitrato es rápidamente movilizado al xilema y puede también ser almacenado en las vacuolas de las raíces, vástagos y órganos de almacenamiento. La acumulación de nitrato en las vacuolas puede ser de considerable importancia para el balance catión-anión, para la osmoregulación. Sin embargo, a fin de ser incorporado en estructuras orgánicas y cumplir sus funciones esenciales como nutriente vegetal, el nitrato tiene que ser reducido a amoníaco. La importancia de la reducción y asimilación del nitrato para la vida de las plantas es similar a aquellas de la reducción y asimilación del CO_2 en la fotosíntesis (Marschner, citado por Olivas, 2013).

La mayoría del N absorbido por la planta de papa se presenta antes del periodo de máximo crecimiento y desarrollo del tubérculo, lo cual significa que antes del llenado de tubérculos la planta consume más del 50 por ciento (Horneck y Rosen citados por Sifuentes et al., 2013)

2.8.3. Fósforo

El fosforo participa activamente en el metabolismo de los hidratos de carbono, formación de clorofila para el proceso fotosintético, desarrollo radicular, acelera la maduración de los tubérculos, favorece la fijación de nitrógeno, incrementa el número de tubérculos por planta y ayuda a usar el agua más eficientemente. (Pardavé, 2004), además es vital para la formación de semillas cuya concentración es más alta que en

cualquier otra parte de la planta madura (Potash y Phosphate; Buckman y Brady, citados por Huancas, 2003), el ácido fitico (hexafosfato de inositol) almacenado en las semillas es la principal fuente de fosfato inorgánico durante la germinación (Caluña, 2008).

El fosforo entra en la composición molecular de los ácidos nucleicos y de los fosfolípidos. Además es un constituyente esencial de los cofactores transportadores de energía (ATP, GTP, UTP). Mazliak Paul (1976)

2.8.3.1. Deficiencia

La deficiencia del fosforo retarda el crecimiento apical, por lo que las plantas se quedan pequeñas. Los folíolos no llegan a expandirse normalmente, sino que se arrugan y toman la forma de copa; son más oscuras, de color verde opaco sin lustre, se enrollan hacia arriba.

Las raíces y los estolones son de números y longitudes reducidos, internamente los tubérculos presentan manchas necróticas de color castaño herrumbre, distribuida en forma dispersa en toda la pulpa o en disposición radiada (Ames de Icochea Teresa, 1980).

2.8.3.2. Exceso

Cuando los niveles de fosforo (P) son muy altos, especialmente en suelos alcalinos, se reduce potencialmente la absorción y/o utilización de Zn o Fe (Ames de Icochea Teresa, 1980).

2.8.3.3. El Fósforo en la Planta

El fósforo es un elemento móvil en la planta por lo que se transloca desde las hojas basales hacia las hojas superiores (Sierra, Santos y Kalazich, 2002), Además se encuentra en todos los tejidos de la planta en una concentración variable, según la parte vegetativa que se considere. Su valor medio expresado en P_2O_5 , puede situarse entre 0,5 y 1 por ciento de materia seca (Navarro, 2003).

Las hojas jóvenes son suministradas no solamente mediante el fosfato absorbido por las raíces, sino también con el fosfato que se origina desde las hojas viejas. Sin embargo, después de algunos días ocurre la retranslocación y el fosfato se transporta parcialmente hacia las hojas viejas. Este movimiento hacia abajo ocurre principalmente en el floema.

El componente más importante en el cual los grupos fosfatos están ligados mediante enlaces pirofosfato es de trifosfato de adenosina (ATP). La energía absorbida durante la fotosíntesis, o liberada durante la respiración o ruptura anaeróbica de carbohidratos es utilizada la síntesis del enlace pirofosfato en ATP.

En esta forma de energía puede transferirse a varios procesos endergónico tales como la absorción activa de iones y la síntesis de varios componentes orgánicos. En estos procesos existe usualmente una reacción inicial de fosforilación. Esto involucra la transferencia del grupo fosforil del ATP hacia otro componente (Mengel y Kirkby, 2000).

2.8.4. Potasio

La influencia del potasio es decisiva en el cultivo de papa, ayuda la formación de fécula y proporciona a las plantas una mayor resistencia a las heladas, sequía y a las enfermedades, especialmente al mildiu, y hace que su conservación sea más fácil.

Asimismo, se incrementa el calibre de los tubérculos, cuando se aumenta las aportaciones potásicas; asegurando un mayor porcentaje de tubérculos grandes (Sánchez, 2003), además el potasio (K^+) influye fundamentalmente en el contenido de materia seca (Bautista et al., 2010).

2.8.4.1 Deficiencia

Cuando el potasio (K^+) está bajo las hojas se broncean, se vuelven necróticas y alcanza senescencia antes de tiempo. Cuando la deficiencia de K^+ es aguda, el punto de crecimiento se ve afectado produciéndose muerte regresiva generalizada. Las plantas se quedan pequeñas, engrosadas, presentan entrenudos cortos, el follaje tiene apariencia mustia, debido a que las hojas se arquean hacia abajo. Coloraciones verde azuladas, la presencia de manchas verdes claro entre las nervaduras de los folíolos grandes.

Las raíces tienen un desarrollo pobre, los estolones se quedan cortos, produciendo una reducción en el tamaño de los tubérculos y en el rendimiento (Alonso, 2002).

2.8.4.2. Exceso

Aportes excesivos de potasio (K^+) al cultivo reduce el peso específico de los tubérculos (Arce F. Alonso, 2002).

2.8.4.3 El Potasio en la Planta

El potasio en la planta es muy móvil, siendo su principal dirección el transporte hacia los tejidos meristemáticos. A menudo el K^+ , de los órganos más viejos de la planta es redistribuido hacia los tejidos más jóvenes. La razón por la cual es transportada preferencialmente a los tejidos meristemáticos jóvenes aún se desconoce, pero se postula las reacciones hacia la síntesis de proteínas, tasa de crecimiento y el suministro de citoquininas. Así, la absorción y el transporte de K^+ hacia las hojas

jóvenes son favorecidas en las plantas bien suministradas con N. La síntesis de proteínas y la tasa de crecimiento son estimuladas por las citoquininas que también mejoran la absorción de K^+ . El grueso de K^+ es absorbido básicamente durante la fase de crecimiento vegetativo (Malavolta et al., 1989).

Es el principal catión presente en los jugos vegetales, pudiendo encontrarse bajo forma de sales orgánicas (oxalatos, tartratos), sales minerales (fosfatos, nitratos) y de combinaciones complejas inestables con los coloides celulares. No hay evidencia de que forme parte de la estructura molecular de las células. En las hojas de las plantas superiores, un 30 por ciento se encuentra en los coloides del citoplasma y un 70 por ciento en sus vacuolas. Es absorbido por las raíces bajo la forma de ion (K^+), en las cenizas vegetales está bajo la forma de óxido potásico, el contenido en la planta puede fluctuar ampliamente dependiendo de la especie, del órgano que se considere y del contenido asimilable del suelo (Navarro, 2003).

2.8.5. Calcio

El calcio (Ca^{++}) es un elemento necesario para la división y crecimiento celular, jugando un papel fundamental en la absorción de nutrientes y en diversos procesos metabólicos, así como la estabilidad de la membrana (Alonso, 2002).

2.8.5.1. Deficiencia

Las plantas con deficiencia de (Ca^{++}) son de crecimiento ahusado, con los folíolos enrollados así arriba, sinuosos y de margen clorótico que posteriormente se produce una necrosis. Los tubérculos provenientes de plantas con deficiencia de Ca^{++} presentan inicialmente necrosis de color castaño en el anillo vascular cerca del punto de inserción con el estolón y más tarde manchas en forma de media luna en la medula (Ames de Icochea Teresa, 1980).

2.8.6. Magnesio

El magnesio (Mg^{++}) es uno de los elementos constituyentes de la clorofila y además actúa como complemento de todas las enzimas que activan el proceso de la fosforilación. Cuando se aplica dosis alta bien de potasio o bien de nitrógeno en forma amoniacal se está reduciendo la distribución de Mg en el suelo, ya que es un elemento muy susceptible a la competencia de otros cationes en la absorción tales como el potasio y calcio (Alonso, 2002)

2.8.6.1. Deficiencia

La deficiencia de magnesio (Mg^{++}) se dan en los diferentes brotes nuevos, las hojas viejas muestran inicialmente un color verde pálido en las puntas y márgenes y luego una clorosis que avanza hacia el tejido comprendido entre nervaduras. Las hojas generalmente se vuelven gruesas, quebradizas, enrolladas hacia arriba, las hojas muertas pueden caerse o quedarse colgada en la planta (Ames de Icochea Teresa, 1980).

2.9. FERTILIZACIÓN QUÍMICA EN EL CULTIVO DE PAPA

La papa es una especie de alta respuesta a la aplicación de fertilizantes debido a sus características de baja densidad radicular, lo que implica una baja capacidad de exploración del suelo. Esta característica del cultivo determina que este responda de manera importante a dosis altas de elementos minerales aplicados al suelo. Debido a esta misma razón la papa es una planta muy exigente en humedad disponible (Sierra, Santos y Kalazich, 2002).

La fertilización debe tener un balance nutricional que incluye todos los elementos necesarios para el buen desarrollo de la papa (Gallegos, 2011). Además, la fertilización permite mantener la fertilidad química del suelo (Thompson y Troeh, 2004), siempre y cuando se utilice en forma correcta, es decir aplicados en la cantidad

estrictamente necesaria para el tipo de suelo, clima y cultivo. La disponibilidad de los nutrientes que se aporta es más importante que la cantidad de fertilizante (Egúsqüiza, 2000).

La fertilización química tiene la función de suministrar nutrimentos a los cultivos que no son aportados de manera natural por el suelo. Para una buena producción en términos de cantidad y calidad, usualmente los nutrientes primarios N, P y K son aplicados al cultivo de papa cuando las reservas del suelo son limitadas (Ierna et al., 2011), lo cual influye en el rendimiento y en la calidad del tubérculo. El mayor beneficio ocurre cuando la fertilización química se realiza cerca de los tubérculos (semilla), dado que las raíces se desarrollan (Westermann, 2005), sin embargo la dosis del fertilizante viene limitado por el riesgo de sales (Thompson y Troeh, 2004).

La sobre-fertilización química trae como consecuencia un despilfarro de fertilizantes, lo que ocasiona la pérdida por lavado, la inmovilización o la fijación de los nutrimentos con las arcillas o coloides del suelo, pero aún más graves son las consecuencias que afectan directamente a las plantas debido a que puede dar lugar a la aparición de un consuno de lujo (absorción innecesaria) y ocasionar en que caso extremos, toxicidad. Esto puede ser causado por un solo elemento o por todos los nutrimentos en conjunto con daños por salinidad (Finck, 1988).

Para realizar una correcta fertilización de la papa, se debe considerar el rendimiento obtenido en relación con los nutrientes extraídos del suelo. Lógicamente la producción esperada estará directamente relacionada con otras variables como el potencial genético de la planta y las condiciones ambientales donde se desarrolle el cultivo como son el suelo, el clima, el agua, etc. (Oltra et al., 2006).

Cuadro 2.**Estimación de Fertilizante Nitrogenada Bajo Condiciones de Riego.**

Rendimiento Esperado Tm/Ha	Dosis de N/Ha (Kg)
60	90
70	130
80	170
90	210

Fuente: Hernan Pinilla Q. 2009

Cuadro 3.**Estimación de Fertilizante Fosfatada Bajo Condiciones de Riego**

Rendimiento Esperado Tm/Ha	Disponibilidad de P Olsen (mg/Kg)		
	8	12	16
	Dosis de P₂O₅ Kg/Ha		
60	330	230	130
70	420	320	220
80	510	410	310
90	600	500	400

Fuente: Hernan Pinilla Q. 2009

Cuadro 4.**Estimación de Fertilizante Potásicos en Suelos Trumaos y Rojos Arcillosos Según Diferentes Disponibilidades de Potasio en el Suelo y Rendimiento Esperado.**

Índice de Suministró K-intercambio(ppm)	Rendimiento Esperado Tm/Ha				
	15 Tm	30Tm	35 Tm	40 Tm	45 Tm
Ppm	Dosis de K ₂ O Kg/Ha				
60	75	125	200	275	350
60	75	125	175	225	300
90	75	125	175	225	275
120	75	125	175	225	275
150	75	125	175	225	275

Fuente: Rodríguez 1995

2.9.1. Fertilización en la Absorción y Extracción de Nutrientes

En la producción de papa, el órgano o tejido de interés es el tubérculo, ya que es la parte aprovechable del cultivo. No obstante, una alta producción de tubérculos requiere un aporte aéreo adecuado que garantice el desarrollo de los sumideros. Por todo ello, se debe considerar la extracción de nutrientes producida tanto por los tubérculos como por las partes vegetativas (tallos, raíces, etc.), deben ir todas las extracciones referidas al rendimiento de los tubérculos (Oltra et al., 2006).

La extracción de elementos minerales por el cultivo de papa, se expresan según el elemento mineral extraído, coincidiendo en ocasiones con las dosis de fertilizante a aportar (caso del nitrógeno). La extracción de nutrientes minerales por el cultivo está determinada principalmente por el rendimiento posible de alcanzar. Los principales nutrientes que se destacan por la cantidad extraída son el nitrógeno y potasio, seguido

de la importancia de fósforo, calcio, magnesio y azufre (Rodríguez citado por Sierra et al., 2002).

Cuadro 5.

Extracción de Elementos para Producir 1 Tm de tubérculos

AUTORES	TUBÉRCULOS				PARTE AÉREA			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg ₂ O
Ribo herrero, M (2004)	2,48	0,97	6,20	0,37	2,50	0,39	5,04	1,41
	2,71	0,91	6,27	0,43	2,45	0,36	4,09	1,19
E. Ekeberg y HCF Riley (1996)	2,75	1,31	5,57		2,20	0,59	4,08	
	2,88	1,36	5,44		2,31	0,62	4,28	
	2,66	1,31	5,47		2,47	0,68	4,59	
	2,80	1,33	5,44		2,23	0,60	4,05	
	2,95	1,37	5,60		2,03	0,54	4,05	
PROMEDIO	2,75	1,22	5,71	0,40	2,31	0,54	3,91	1,30

Fuente: <https://cipotato.org/wpcontent/uploads/congreso%20ecuatoriano%202020/CAMARA.doc>

Cuadro 6.

Extracción de Nutrientes para Producir 33 Tm

Autor	Elementos Extraídos(Kg/Ha)				
Delomon (1966)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
	141	59	273	133	27

Fuente: <https://cipotato.org/wpcontent/uploads/congreso%20ecuatoriano%202020/CAMARA.doc>

Cuadro 7.**Extracción de Elementos (Kg) para Producir 33 Tm**

AUTORES	Elementos Extraídos (Kg/Ha) Tubérculos				Elementos Extraídos (Kg/Ha) Parte Aérea				Elementos Extraídos (Kg/Ha)			
	N	P ₂₀₅	K _{2O}	MgO	N	P ₂₀₅	K _{2O}	MgO	N	P ₂₀₅	K _{2O}	MgO
Ribo herrero, M (2004)	82	32.01	204.6	12	83	12.87	166.32	47	165	44.88	370.92	59
	89.43	30.03	206.91	14.19	80.85	11.88	134.97	39.27	170.82	41.91	341.88	53.46
E. Ekeberg y HCF Riley (1996)	90.75	43	183.81		72.6	19	134.64		163.35	62	318.45	
	97.35	45.21	185		66.99	17.82	129		164.34	63.03	314	

Fuente: <https://cipotato.org/wpcontent/uploads/congreso%20ecuatoriano%202020/CAMARA.doc>.

2.10. MATERIA SECA

La producción de biomasa total y peso total de la planta (índice biológico) está directamente relacionada con el contenido de nutrientes, la cosecha se determina por la producción de materia de determinados órganos o tejidos (índice de cosecha), de tubérculos o granos. En el caso de la papa, el rendimiento agrícola (índice de cosecha) será mayor cuanto mayor sea el peso de los tubérculos. Considerar que un índice biológico elevado podría afectar negativamente a dicho rendimiento (Garate y Bonilla citado por Oltra et al., 2006).

La mayor cantidad de fitomasa aérea (tallos y hojas) se logran generalmente a los 75 días, sin embargo la mayor cantidad total se produce después de los 120 días, debido a la formación y crecimiento de los tubérculos (Sierra, Santos y Kalazich, 2002).

El contenido de materia seca en el tubérculo depende del grado de maduración de los mismos, el tipo de crecimiento y el aprovechamiento de agua y minerales por parte del cultivo. Estos factores a su vez dependen de características varietales, condiciones ambientales y disponibilidad de nutrientes en el suelo (Alvarado citado por Sumba, 2008).

Cuadro 8.

Porcentaje de Materia Seca

% de Materia Seca Follaje	% Humedad	% de Materia Seca Tubérculo	% de Humedad
10 %	90%	20%	80%

Fuente: Ellisseche D, (2002)

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación

El estudio se lo llevó a cabo en el "Centro Experimental Chocloca" (CECH) perteneciente a la Universidad Autónoma "Juan Misael Saracho", dependiente de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales.

El CECH con una superficie de 25.1 Ha, se ubica a 36 Kilómetros al Sur de la ciudad capital del departamento de Tarija, en la comunidad de Chocloca, en el margen izquierdo y parte baja de la cuenca del río Camacho y subcuenta de la quebrada El Huayco, correspondiente a la provincia Avilez.

Geográficamente se encuentra entre las coordenadas 21° 45' de latitud Sur y 64° 44' de longitud oeste, a una altura de 1800 msnm.

3.1.2. Clima

La zona se caracteriza por un clima templado semiárido con temperaturas bajas. Esto corresponde a los valles de la Cordillera Oriental (Valle Central de Tarija, Valle de la Concepción, Padcaya, San Lorenzo), con temperaturas medias anuales entre 13 y 18 °C. (ZONISIG, 2000).

Tiene una temperatura media anual de 17.8 °C, y una precipitación promedio anual de 657.8 mm, una humedad relativa del 68 %, la temperatura máxima extrema se registró en el mes de Septiembre de 2007 con 39.5 °C, la mínima extrema en Julio de 2007 con -8.5 °C. (SENAMHI, 2004).

Cuadro 9.**Resumen Climatológico**

Indice	Unidad	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
Temp. Max. Media	°C	27,2	26,7	26,0	25,5	24,3	25,2	24,1	25,5	25,8	26,9	26,4	27,2	25,9
Temp. Min. Media	°C	15,1	14,1	13,8	10,8	5,9	2,5	2,2	4,6	7,3	11,8	13,4	14,5	9,7
Temp. Media	°C	21,1	20,4	19,9	18,2	15,1	13,8	13,2	15,0	16,5	19,3	19,9	20,9	17,8
Temp.Max.Extr.	°C	35,0	35,0	35,0	36,0	34,0	35,0	36,0	37,0	37,0	37,5	39,5	37,0	39,5
Temp.Min.Extr.	°C	10,0	6,0	6,0	1,0	-4,0	-7,0	-8,5	-5,5	-4,0	3,0	4,0	4,0	-8,5
Dias con Helada		0	0	0	0	4	10	10	4	2	0	0	0	29
Humed. Relativa	%	71	75	76	72	67	61	61	61	60	66	71	71	68
Nubosidad Media	Octas	5	5	5	4	3	2	2	2	3	4	5	5	4
Insolación Media	Hrs	5,9	6,8	5,1	6,4	6,6	7,2	7,5	8,1	7,2	6,5	6,8	6,1	6,7
Evapo. Media	mm/dia	5,06	4,80	4,37	3,46	3,03	2,89	3,15	4,13	4,91	5,76	5,21	5,29	4,34
Precipitación	mm	136,4	106,7	108,5	28,8	4,3	1,2	1,3	4,7	13,9	52,7	83,7	115,6	657,8
Pp. Max. Diaria	mm	165,0	59,0	63,0	27,5	16,8	9,5	16,2	21,0	66,0	66,5	57,7	55,0	165,0
Dias con Lluvia		11	10	10	4	1	0	0	1	2	6	9	10	64
Velocidad del viento	km/hr	6,7	7,2	6,8	7,1	8,1	8,1	8,9	8,7	9,3	9,1	7,8	7,1	7,9
Dirección del viento		E	E	E	NE	S	N	N	N	E	E	E	E	E

Fuente: SENAMHI**3.1.3. Vegetación Natural**

La vegetación natural de la zona corresponde a la zona de vida Bosque Seco Templado (Hojdrige, año citado por Bass Wemer, 2002).

En la actualidad la vegetación nativa, corresponde una vegetación secundaria compuesta por: matorrales xerofíticos secundarios, las especies características son churqui (*Acacia caven*), tusca (*Acacia aroma*); algunas especies arbóreas residuales del bosque original distribuidas de manera dispersa en los linderos de la propiedad como el algarrobo blanco (*Prosopis alba*), algarrobo negro (*Prosopis nigra*), chañar (*Geoffroea decorticans*), sauce criollo (*Salix humboldtiana*) y molle (*Schinus molle*).

En áreas afectadas por erosión severa, se presentan matorrales dispersos formados por taquillo (*Prosopis a/pataco*) y algunos cardones o cactáceas (ZONISIG, 2000).

Entre las especies introducidas (llámese exóticas) en la región se tiene: Eucalipto (*Euca/iptus sp*), Álamo (*Popu/us alba* y *P. nigra*), Sauce llorón (*Salix babilónica*), Ciprés (*Cupresus macrocarpa*), Cina cina (*Parkinsonia acu/eata*).

3.1.4. Uso Actual

El uso actual de la tierra en el CECH tiene características de uso intensivo y mixto, es decir, por un lado, se siembra cultivos anuales a riego como maíz (*Zea mayz*), papa (*Solanum tuberosum*), hortalizas, también se tiene cultivos perennes a riego como vid (*Vitis vinifera*), durazneros (*Prunus pérsica L.*), cultivos para forraje como alfa alfa (*Medicago sativa*), cebada (*Hordeum vulgare*) o avena (*Avena saliva*), para el hato que se dispone en el CECH, actividades de apicultura y por otro lado se realizan diferentes investigaciones como tesis de grado.

Otra actividad importante, en el plano académico, se realiza permanentemente diferentes tipos de prácticas con los alumnos de la carrera de Ing. Agronómica y Forestal. Este conjunto de actividades intensas constituye el uso actual de la tierra en el CECH.

3.1.5. Suelos

Según el Zonisig (2000), los suelos del CECH, es de origen aluvial y fluvio-lacustre, los primeros son generalmente profundos, de texturas medias a finas. En cambio los suelos de la zona colinosa de origen fluvio-lacustre tienen profundidad variable, de texturas finas a medias, gravosos y muy susceptibles a procesos de erosión hídrica.

3.1.6. Hidrografía

Hidrográficamente el CECH se ubica en el sector de afluentes directos a la cuenca del río Camacho, ubicado en el margen izquierdo de la subcuenta de la quebrada El Huayco, las mismas son parte de la cuenca del valle central de Tarija.

3.2. MATERIALES

Los materiales usados en la presente investigación son los siguientes:

3.2.1. Material Vegetal

Se utilizó semilla certificada de la variedad desiree en la investigación, debidamente seleccionada por su buena calidad y adaptabilidad a la zona, presenta las siguientes características:

3.2.1.1. Características de la Variedad

Color de piel	Roja
Forma del tubérculo	Gordo, Oval Alargada
Color de la carne	Amarilla clara
Materia seca	Buena

Fuente: www.bruwier.be

3.2.2. Fertilizantes

Se trabajó con productos comerciales del medio, los mismos satisfacen los niveles calculados.

3.2.2.1. Urea

Las esferulas o granos de urea son de color blanco y fluyen libremente. El material es bastante higroscópico y requiere un envase adecuado para protegerlo de la humedad. El producto comercial contiene por lo general 46% de nitrógeno en forma de amidas (FAO 1986)

3.2.2.2. Molimax 20-20-20

Es un fertilizante de aplicación directa al suelo con aspecto de granulado oscuros, rojizo, blanco a gris, que con tiene 20 % de N, 20% de P₂O₅ y 20% de K₂O. (www.molicom.com.pe)

3.2.3. Terapéuticos

Para el control de plagas y enfermedades se usaron los siguientes productos:

3.2.3.1. Productos Terapéuticos

Fungicida	CIMOX 72 WP
Adherente	Triple-A
Insecticida	Actara

Fuente: Elaboración Propia

3.2.4. Materiales y Herramientas que se Usaron en la Investigación

Tractor Agrícola	Balanza Analítica
Azadas	Pala
Bolsas de lona	Romana
Bolsas plástica	Balde
Estacas	Mochila Pulverizadora (Jacto)

Fuente: Elaboración Propia

3.2.5. Equipo e instrumentos utilizados en Laboratorio

Balanza Analítica	Estufa de Secado
Cristalizador	Cuchillo

Fuente: Elaboración Propia

3.3. METODOLOGÍA

La presente investigación se realizó, utilizando un muestreo en zig zag en el “suelo”, se muestrearon plantas con un buen desarrollo vegetativo “follaje” y un muestreo aleatoriamente para los “tubérculos”, para comparar la absorción de nutrientes de la zona con otras regiones que no poseen la misma característica climática y edáfica.

3.4. TAMAÑO DE PARCELA

La parcela experimental fue de 10 metros de ancho y 100 metros de largo, dando una superficie de 1000 m², con un marco de plantación de:

- Distancia entre surco: 0.80 m.
- Distancia entre plantas: 0.30 m.

3.5. ANÁLISIS DE SUELO

Se realizó un análisis de suelo con el fin de conocer las propiedades físicas-químicas del suelo, para dale las mejores condiciones nutricionales al cultivo.

3.5.1. Extracción de la Muestra para Análisis Físico-Químico

Se extrajo una muestra para realizar un análisis físico-químicos del suelo antes del establecimiento del cultivo, y se extrajo una segunda muestra de suelo para realizar un análisis químico de suelo al finalizar la cosecha del cultivo, el levantamiento de las sub muestras se realizó en forma de zig zag a una profundidad de 0.20 m. la primera muestra representativa fue envía da al laboratorio de suelos del SEDAG y la segunda muestra fue enviada al laboratorio de RIMH.

3.5.2. Análisis de Físico

Las determinaciones físicas se realizaron con los siguientes métodos: textura (Método del Hidrómetro de Bouyoucos) y Densidad aparente (Método Gravimétrico).

3.5.3. Análisis Químico

Las determinaciones químicas en la primera muestra de suelo, se realizaron con los siguientes métodos: pH (Método Potenciómetro), capacidad de intercambio catiónico (Método Monográfico), materia orgánica (Método de Walkley-Black), Nitrógeno total (Método Kjeldhal), Fósforo (Método Olsen Modificado), Potasio (Método Acetato de Amonio, 1N), Calcio (Método Titrimétrico) y Magnesio (Método Titrimétrico).

En la segunda muestra de suelo, se utilizaron los siguientes métodos: Materia orgánica (Método de Walkey-Black), Nitrógeno total (Método Kjeldhal), Fósforo

(Método Espectrofotométrico), Potasio (Método Fotometría de Llama), Calcio (Método Fotometría de Llama) y Magnesio (Método Titulométrico).

3.6. ANÁLISIS QUÍMICO DEL FOLLAJE Y TUBÉRCULO

3.6.1. Análisis Foliar

Se efectuó un análisis foliar durante la época de floración, se recolectando 18 muestras. Cada muestra estaba constituida por una planta (tallo, hoja y flor), y fueron enviados 2 kg de tejido vegetal al laboratorio del CEANID para determinar la extracción de nutrientes.

La determinación de la extracción de nutrientes de la parte aérea de la planta se realizó en base a materia seca del tejido vegetal.

Los métodos empleados para determinar la extracción de nutriente, para el Nitrógeno (Método NB311004:01), Fosforo (Método SM 4500-P-D), Potasio (Método Absorción Atómica), Calcio (Método Absorción Atómica) y Magnesio (Método Absorción Atómica).

3.6.1. Análisis del Tubérculo

Se realizó un análisis del tubérculo al finalizar la cosecha. Se llevaron 2 kg de tubérculo de tamaño medio al laboratorio del CEANID que fueron escogidos aleatoriamente de diferentes plantas.

La determinación de la extracción de nutrientes del tubérculo se realizó en base a materia seca del tubérculo.

Los métodos empleados para determinar la extracción de nutriente para el Nitrógeno (Método NB311004:01), Fosforo (Método SM 4500-P-D), Potasio (Método

Absorción Atómica), Calcio (Método Absorción Atómica) y Magnesio (Método Absorción Atómica).

3.7. MATERIA SECA

Se determinó el porcentaje de materia seca del follaje de la planta y del tubérculo en los laboratorios de Biotecnología de la UAJMS y SEDAG.

Se llevaron tres muestras picadas del follaje de la planta, cada muestra pesaba 100 g y fueron introducidas a un horno secador a una temperatura de 60 °C, y fueron pesadas durante cuatro días hasta obtener un peso constante de la muestra. Para determinar el porcentaje de materia seca del tubérculo se introdujo tres muestras picadas de tubérculo al horno secador a una temperatura de 60 °C, cada muestra pesaba 100 g y fueron pesadas durante seis días hasta obtener un peso constante de las muestras.

3.8. PROCEDIMIENTOS DE CAMPO

3.8.1. Preparación del Terreno

La preparación del terreno se realizó dos meses antes de la siembra de forma mecanizada, se realizó una pasada de arada y dos pasadas de rastra para dar al cultivo de la papa una cama con un suelo buen mullido, aireado, buena humedad y una buena uniformidad.

3.8.2. Nivel de Fertilización

En la investigación se trabajó con los mismos niveles de fertilización que realiza el CECH, al inicio de la siembra se aplicaron 30 kilos de Molimax 20-20-20 y al momento del aporque 10 Kilos de urea.

3.8.3. Siembra

La siembra se realizó el 19 de septiembre de 2016. Para la siembra se siguieron los siguientes pasos

- Constatamos que el suelo está en su capacidad de campo.
- Se realizaron los surcos a una distancia de 0.80 m entre surco a surco.
- La siembra se realizó a mano a una distancia de 0.30 m de distancia y una profundidad de 0.20 m.
- Se incorporó el fertilizante a chorro continuo por el surco
- Se aplicó un insecticida Actara.
- Se procedió al tapado del surco.
- Se marcó la parcela donde se realizó el estudio

3.8.4. Labores culturales

En este punto nos referimos a las labores realizadas después de la siembra hasta la cosecha.

3.8.4.1. Deshierbe

Las malezas ofrecen una fuerte competencia con la papa por agua, nutrientes y espacio, además de que hospedan plagas y enfermedades que pueden atacar el cultivo.

Es así que el control de malezas se realizó a los 39 días después de la siembra. Una vez durante el ciclo vegetativo del cultivo de forma manual, las malezas que se presentaron en la investigación fueron Cebollín (*Cyperus rotundus* L).

3.8.4.2. Aporque

Esta labor se realizó mediante la tracción animal, a los 41 días después de la siembra, con el objetivo de la segunda aplicación de fertilizantes, cuando la planta alcanzo una altura de 0.15 a 0.20 m.

Esta labor no solo se realizó para la aplicación de fertilizantes sino que también para:

- fomentar el desarrollo de las raíces y la formación de tubérculos.
- facilitar el drenaje y la aireación.
- evitar el verdeo (conversión de almidones) de los tubérculos.
- proteger a los tubérculos del ataque de polillas.
- conservar la humedad en la zona de la raíz.
- evitar que los estolones broten y se convierta en material vegetal y no en tubérculos.

3.8.4.3. Control Fitosanitario

El cultivo de papa puede ser objeto de ataques de diversas plagas y enfermedades. Durante la investigación se realizó un tratamiento fitosanitario preventivo con un Fungicida CIMOX 72 WP y un Adherente Triple-A, contra la (*Alternaria solani*).

3.8.4.4. Riego

El sistema de riego que se utilizó en la investigación fue por gravedad por surcos, la frecuencia de riegos durante la primera semana fue cada 8 días, y durante el periodo de mayor actividad la frecuencia de riego fue cada 6 días y en la etapa final no se realizó ningún riego, debido a las precipitaciones que hubo en esa etapa.

3.8.4.5. Cosecha

La cosecha se realizó a los 108 días después de la siembra, cuando el cultivo se encontraba en su madures fisiológica, determinada por el amarillamiento de la parte aérea de la planta, otro factor importante que se tomó en cuenta fue el desprendimiento de la epidermis de los tubérculos ocasionados por la fricción con el dedo pulgar.

2.8.5. Variables Respuestas

2.8.5.1. Absorción de nutrientes primarios y secundarios por el cultivo de papa

La absorción de nutrientes primarios “N-P-K” y secundarios “Ca-Mg” se determinó en base al porcentaje de materia seca del follaje de la planta y del tubérculo, y los métodos empleados para determinar el contenido de nutrientes primarios y secundario en la materia seca fueron Nitrógeno (Método NB311004:01), Fosforo (Método SM 4500-P-D), Potasio (Método Absorción Atómica), Calcio (Método Absorción Atómica) y Magnesio (Método Absorción Atómica).

2.8.5.2. Rendimiento medio Kg/planta

Se cuantifico pesando el rendimiento de cada planta, que fueron escogidas al azar, se pesaron el rendimiento de 60 plantas con una balanza analítica.

2.8.5.3. Diámetro de los Tubérculos

Se midieron los diámetros de los tubérculos al finalizar la cosecha con un calibrador y se los clasifico de acuerdo a su diámetro conforme al siguiente criterio: diámetros mayores a 6.5 cm primera calidad, diámetros de 3 – 6.5 segunda calidad y diámetros menores de 3 cm tercera calidad.

CAPÍTULO IV

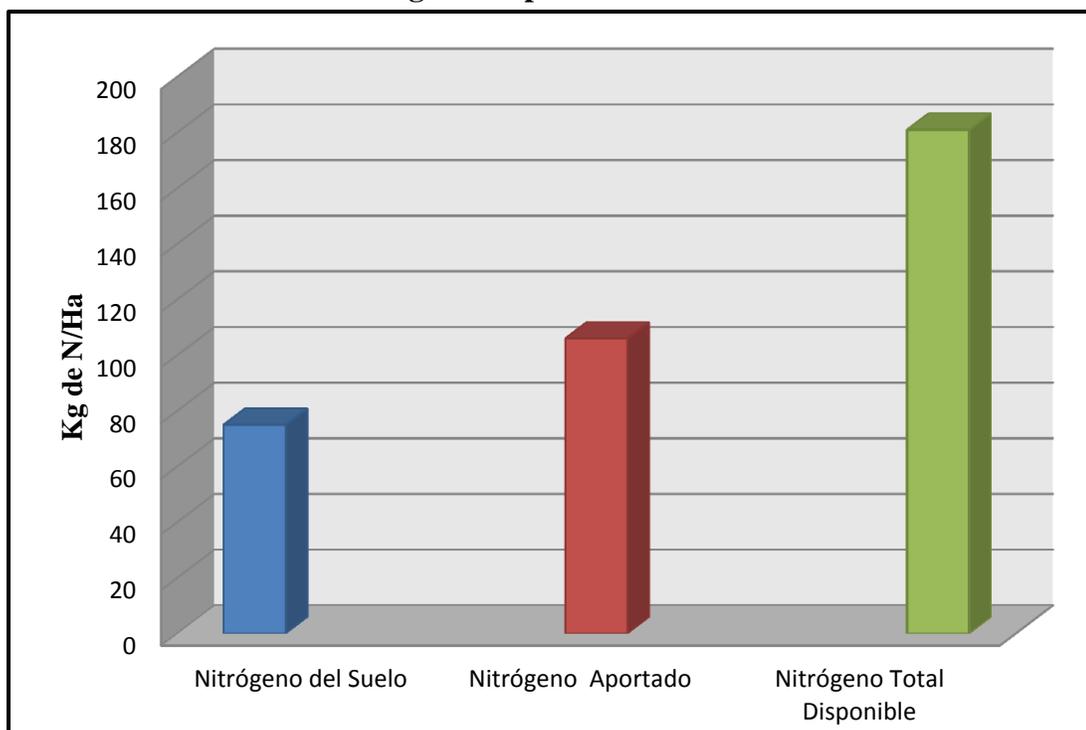
RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.2. DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES PRIMARIOS Y SECUNDARIOS

4.2.1. Disponibilidad de Nutrientes Primarios

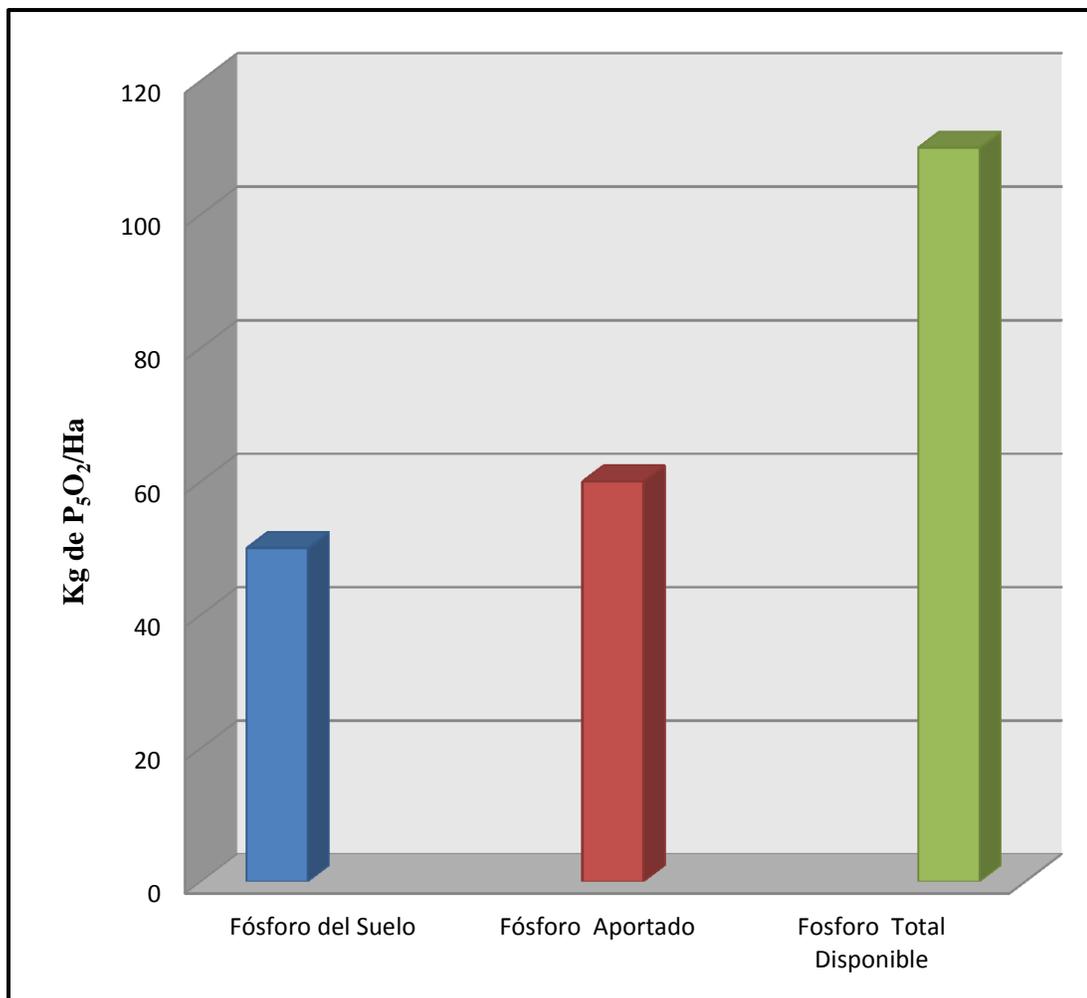
Gráfico N° 1

Nitrógeno Disponible en el Suelo



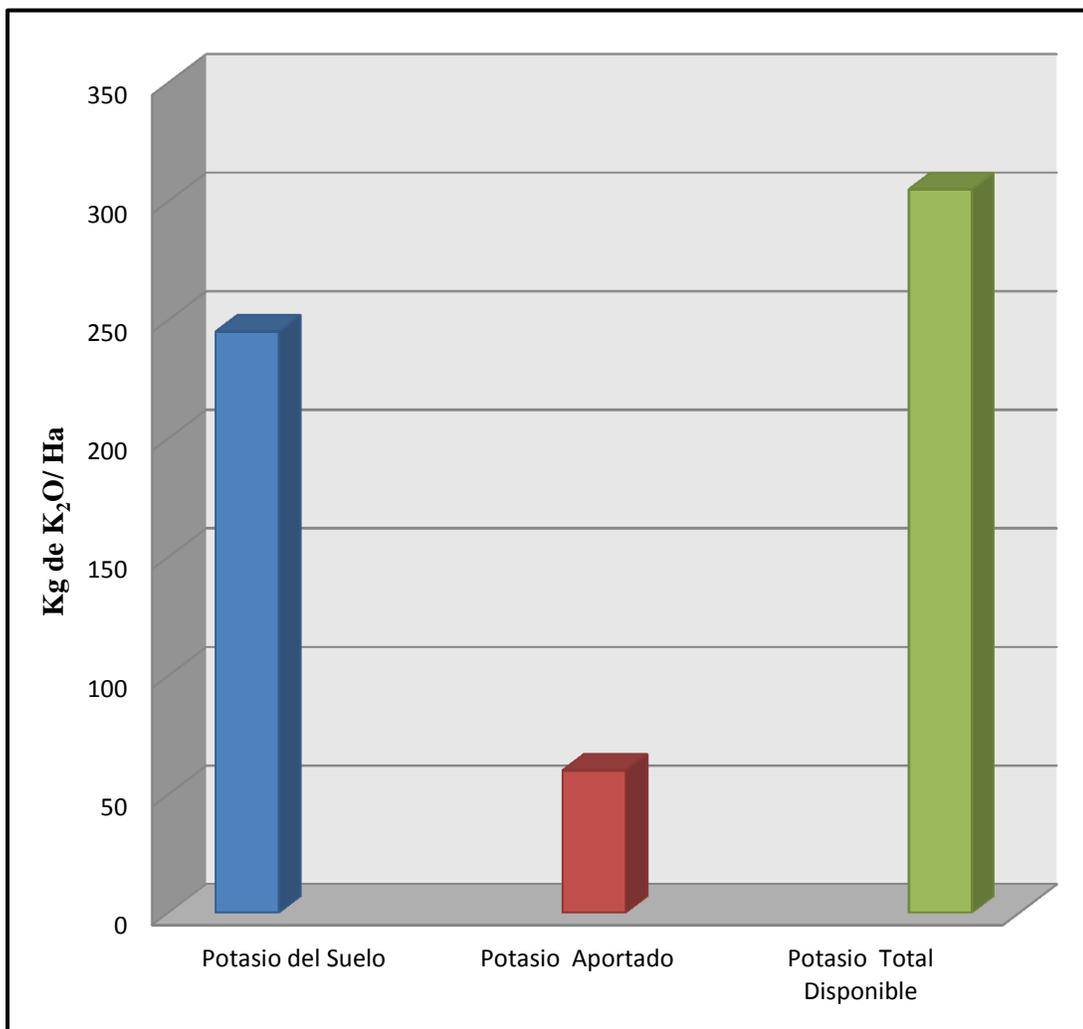
De acuerdo a los análisis de suelo, antes del establecimiento del cultivo, el suelo contaba con 75 Kg de N/Ha y se incorporó 106 kg/Ha de nitrógeno elemental, haciendo un total de 181 kg/Ha de nitrógeno total disponible para el cultivo y según Pinilla (2009), véase cuadro 2, establece que con una dosis de 170 Kg de N/Ha bajo condiciones de riego se puede obtener 80 Tm/Ha.

Gráfico N° 2
P₂O₅ disponible en el Suelo



Los resultados de análisis de suelo, mostraron que antes del establecimiento del cultivo, el suelo contaba con 50 Kg/Ha de P₂O₅ y se incorporó 60 kg de P₂O₅/Ha haciendo un total de 110 kg/Ha de P₂O₅ total disponible para el cultivo de papa y según Pinilla (2009), véase cuadro 3, afirma que con una fertilización 130 Kg de P₂O₅, con una disponibilidad de P-Olsen 16 mg/Kg se puede esperar un rendimiento de 60 Tm/Ha

Gráfico N° 3
K₂O disponible en el Suelo

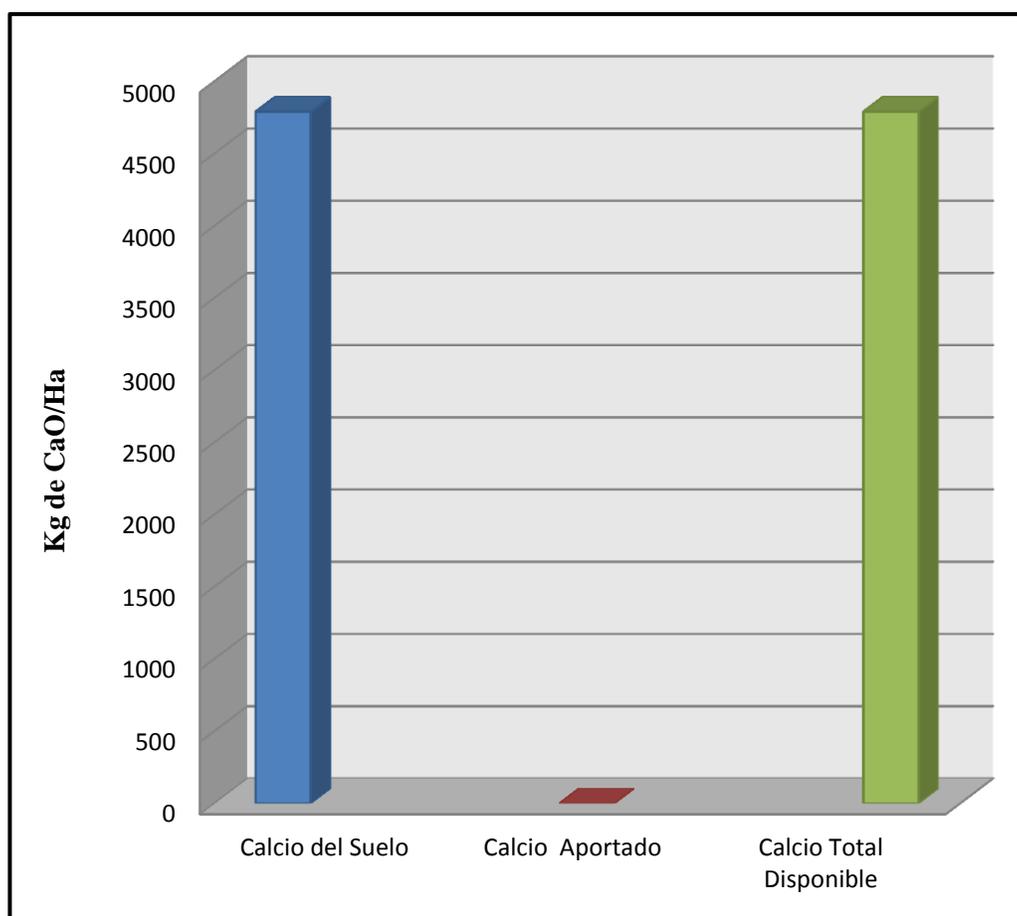


De acuerdo a los análisis de suelo, antes del establecimiento del cultivo el suelo contaba con 245 Kg de K₂O /Ha y se incorporó 60 kg de K₂O /Ha , haciendo un total de 305 kg de K₂O /Ha disponible para el cultivo de papa, y según Rodríguez (1995), véase cuadro 4, estima que haciendo una fertilización de 300 Kg de K₂O en suelos trumaos y rojos arcillosos con un índice de suministro de K-intercambiable de 60 ppm se tiene un rendimiento esperado de 45Tm/Ha.

4.2.2. Disponibilidad de Nutrientes Secundarios

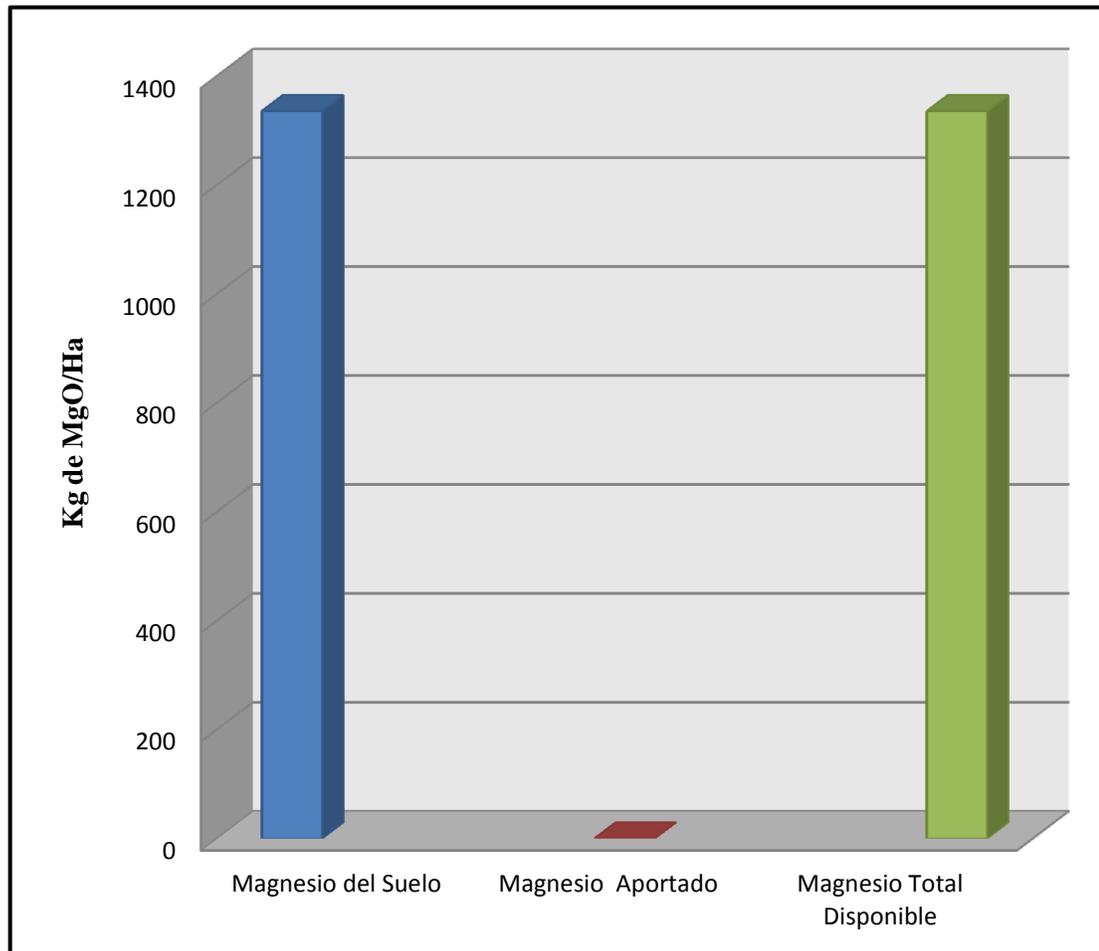
Gráfico N° 4

CaO disponible en el Suelo



De acuerdo a los análisis de suelo, antes del establecimiento del cultivo el suelo contaba con 4791 Kg de CaO/Ha y no fue necesario la incorporación de ningún fertilizantes inorgánicos que contengan CaO, porque el suelo satisfacía las necesidades nutricionales del cultivo y según Delomon (1966), véase cuadro 6, estima que haciendo una fertilización de 133 Kg de CaO en suelo se puede obtener un rendimiento esperado de 33 Tm/Ha.

Gráfico N° 5
MgO disponible en el Suelo

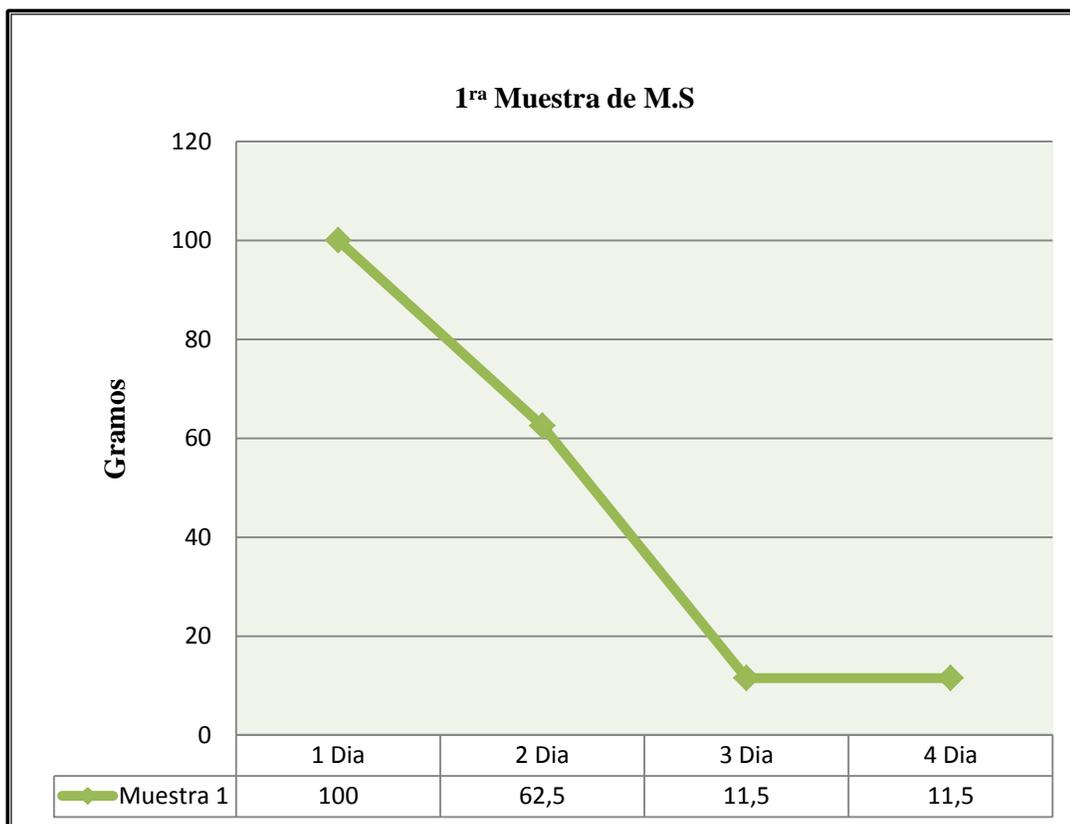


De acuerdo a los análisis de suelo, antes del establecimiento del cultivo el suelo contaba con 1335 Kg de MgO /Ha y no fue necesario la incorporación de ningún fertilizantes inorgánicos que contengan MgO, porque el suelo satisfacía las necesidades nutricionales del cultivo, y según Delomon (1966) véase cuadro 6, estima que haciendo una fertilización de 27 Kg de MgO en suelo se puede obtener un rendimiento esperado de 33 Tm/Ha.

4.3. PORCENTAJE DE MATERIA SECA DE FOLLAJE

Gráfico N° 6

Primera Muestra para Determinar el Porcentaje de Materia Seca del Follaje

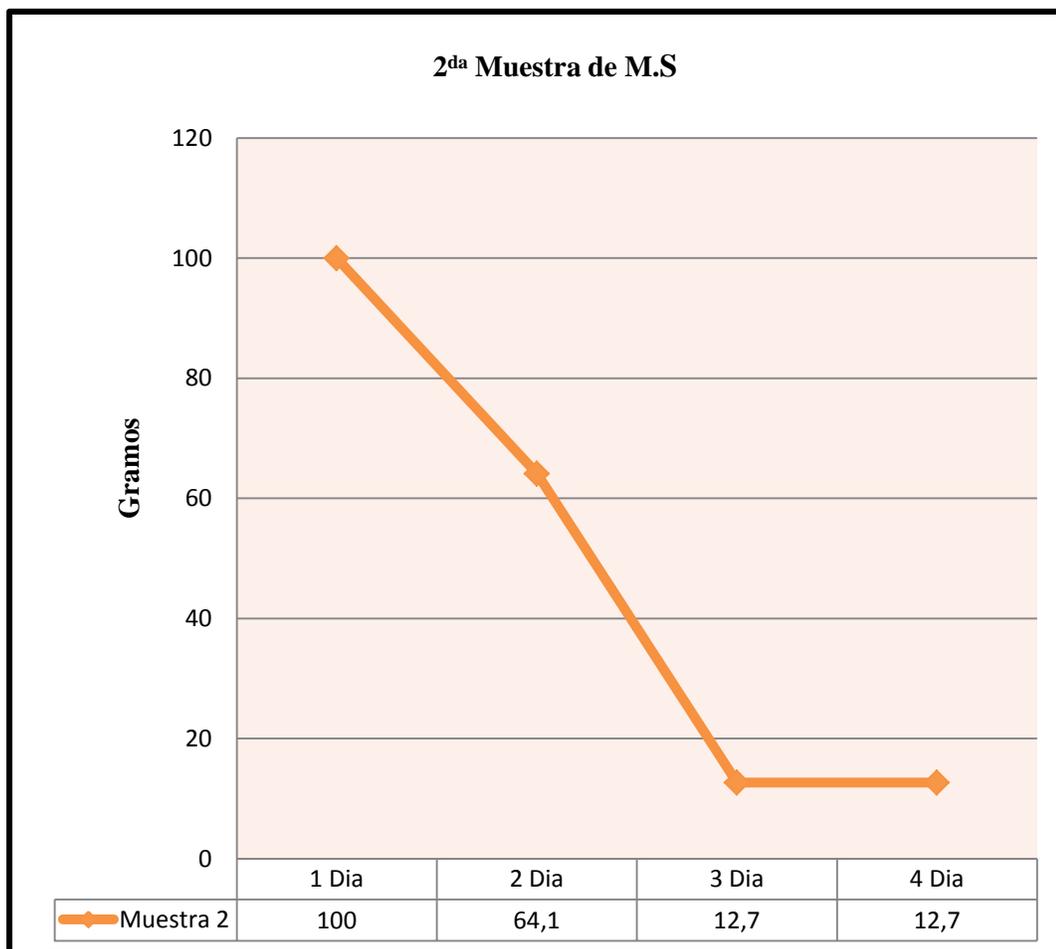


$$\% \text{ MS} = \frac{11.5g}{100g} * 100 = 11.5\%$$

Los resultados que se obtuvieron en la investigación para determinar el porcentaje de materia seca del follaje de la planta para la muestra N° 1 fue de 11.5 % dichos resultados se encuentran dentro de los parámetros que establece Ellisseeche (2002) véase cuadro 8, que señala que el porcentaje de materia seca para el follaje de la planta es de 10%.

Gráfico N° 7

Segunda Muestra para Determinar el Porcentaje de Materia Seca del Follaje

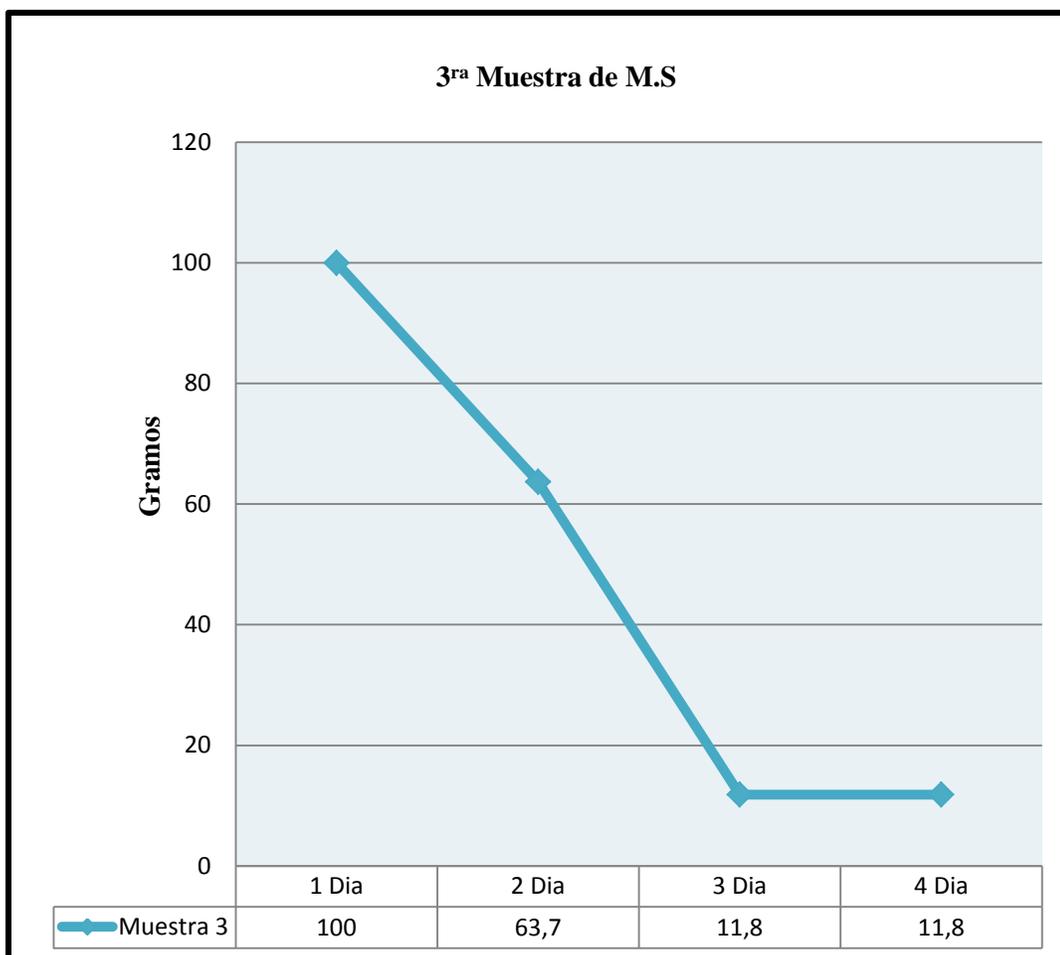


$$\% \text{ MS} = \frac{12.7g}{100g} * 100 = 12.7\%$$

Los resultados que se obtuvieron en la investigación para determinar el porcentaje de materia seca del follaje de la planta, para la muestra N° 2 fue de 12.7 % cuyos resultados se encuentran dentro de los parámetros que establece Ellisseche (2002), véase cuadro 8, que establece que el porcentaje de materia seca para el follaje de la planta es de 10%.

Gráfico N° 8

Tercera Muestra para Determinar el Porcentaje de Materia Seca del Follaje



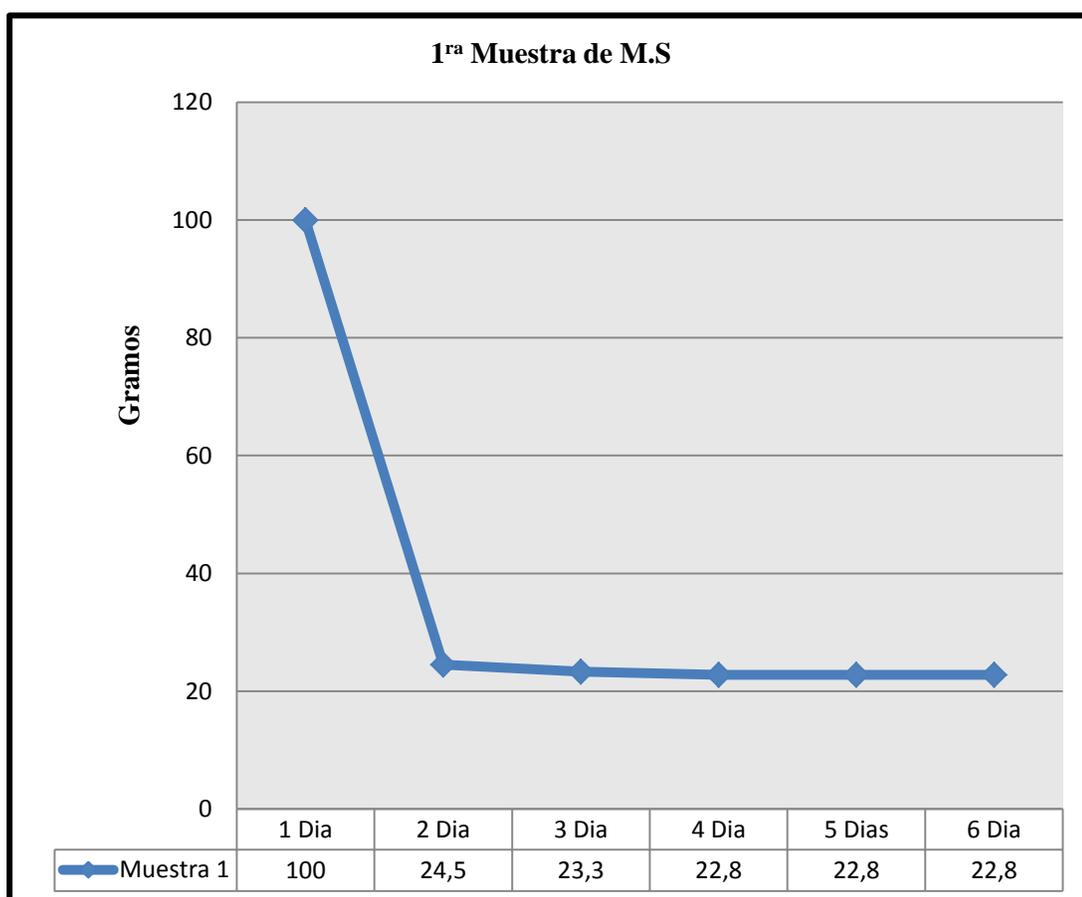
$$\% \text{ MS} = \frac{11.8g}{100g} * 100 = 11.8\%$$

Los resultados que se obtuvieron en la investigación para determinar el porcentaje de materia seca del follaje de la planta, para la muestra N° 3 fue de 11.8 % dichos resultados se encuentran dentro de los márgenes que sostiene Ellisseche (2002), véase cuadro 8, que señala que el porcentaje de materia seca para el follaje de la planta es de 10%.

4.4. PORCENTAJE DE MATERIA SECA DEL TUBÉRCULO

Gráfico N° 9

Primera Muestra para Determinar el Porcentaje de Materia Seca del Tubérculo

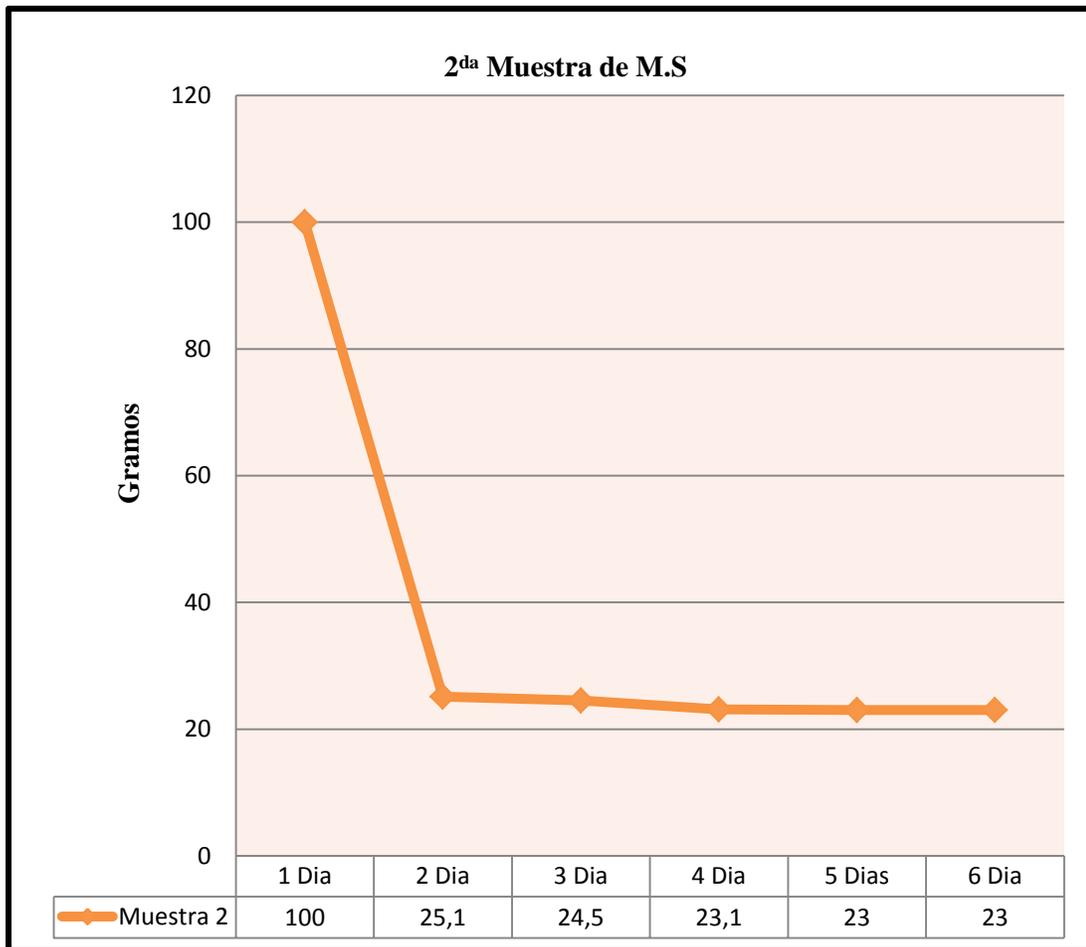


$$\% \text{ MS} = \frac{22.8g}{100g} * 100 = 22.8\%$$

Los resultados que se obtuvieron en la investigación para determinar el porcentaje de materia seca del tubérculo, para la muestra N° 1 fue de 22.8 %. Dichos resultados se encuentran dentro de los parámetros que establece Ellisseche (2002), véase cuadro 8, que establece que el porcentaje de materia seca para el follaje de la planta es de 20%.

Gráfico N° 10

Segunda Muestra para Determinar el Porcentaje de Materia Seca del Tubérculo

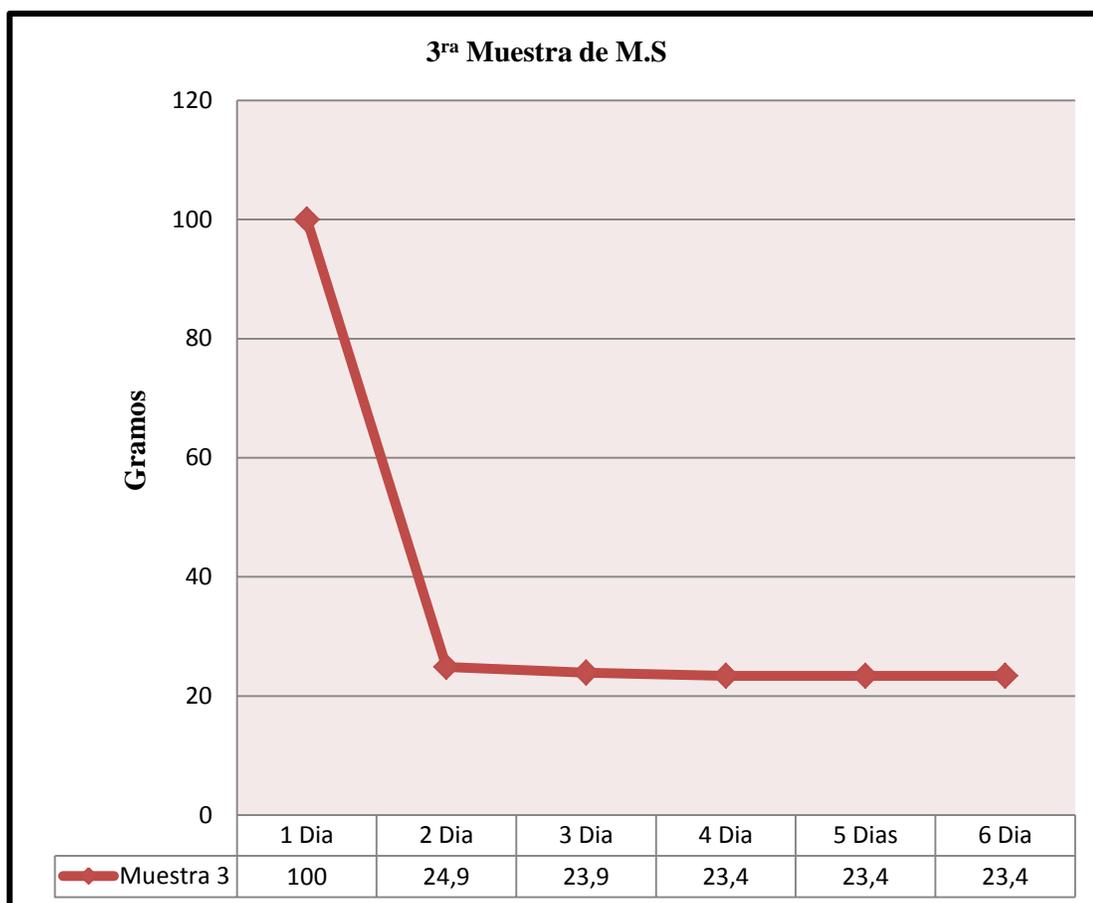


$$\% \text{ MS} = \frac{23g}{100g} * 100 = 23\%$$

Los resultados que se obtuvieron en la investigación para determinar el porcentaje de materia seca del tubérculo, para la muestra N° 2 fueron de 23 %. Dichos resultados son casi semejantes a lo que establece Ellisseche (2002) véase cuadro 8, que señala que el porcentaje de materia seca para el follaje de la planta es de 20%.

Gráfico N° 11

Tercera Muestra para Determinar el Porcentaje de Materia Seca del Tubérculo



$$\% \text{ MS} = \frac{23.4g}{100g} * 100 = 23.4\%$$

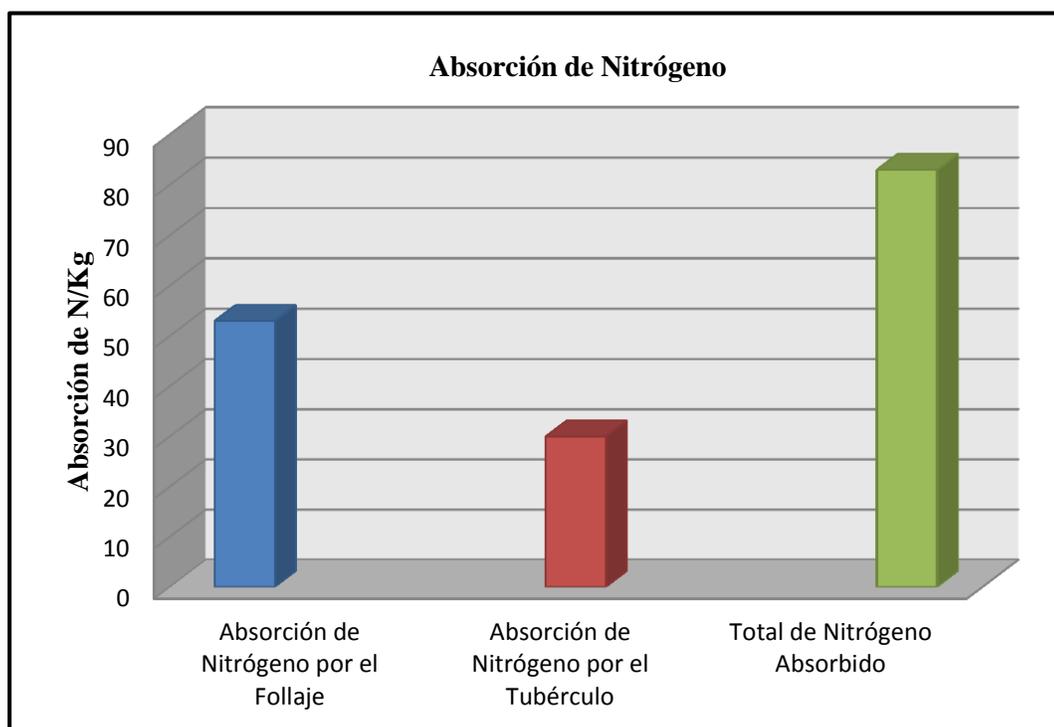
Los resultados que se obtuvieron en la investigación para determinar el porcentaje de materia seca del tubérculo, para la muestra N° 3 fue de 23.4 %. Dichos resultados se encuentran dentro de los márgenes que establece Ellisseche (2002), véase cuadro 8, que señala que el porcentaje de materia seca para el follaje de la planta es de 20%.

4.5. ABSORCIÓN DE NUTRIENTES PRIMARIOS Y SECUNDARIOS POR EL FOLLAJE Y TUBÉRCULO DE LA PLANTA

4.5.1. Absorción de Nutrientes Primarios

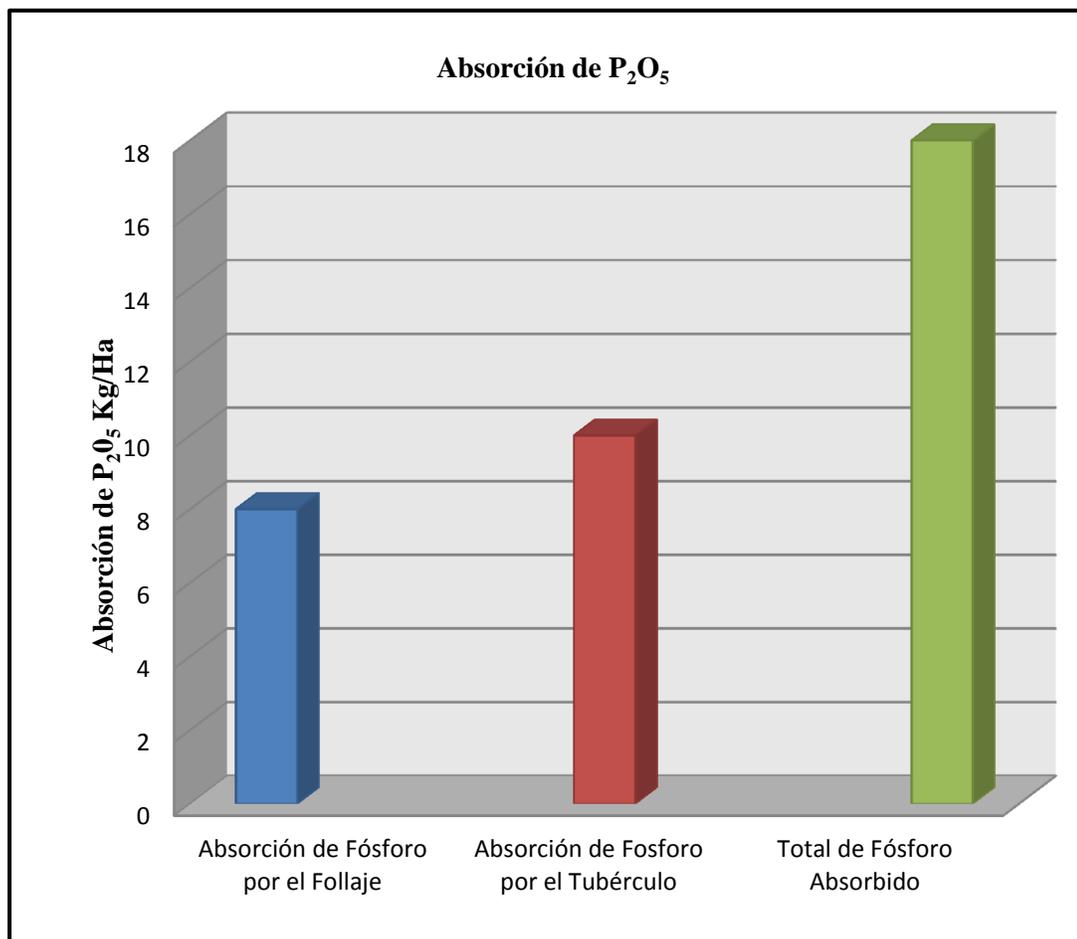
Gráfico N° 12

Absorción de N por el Follaje y Tubérculo de la Planta



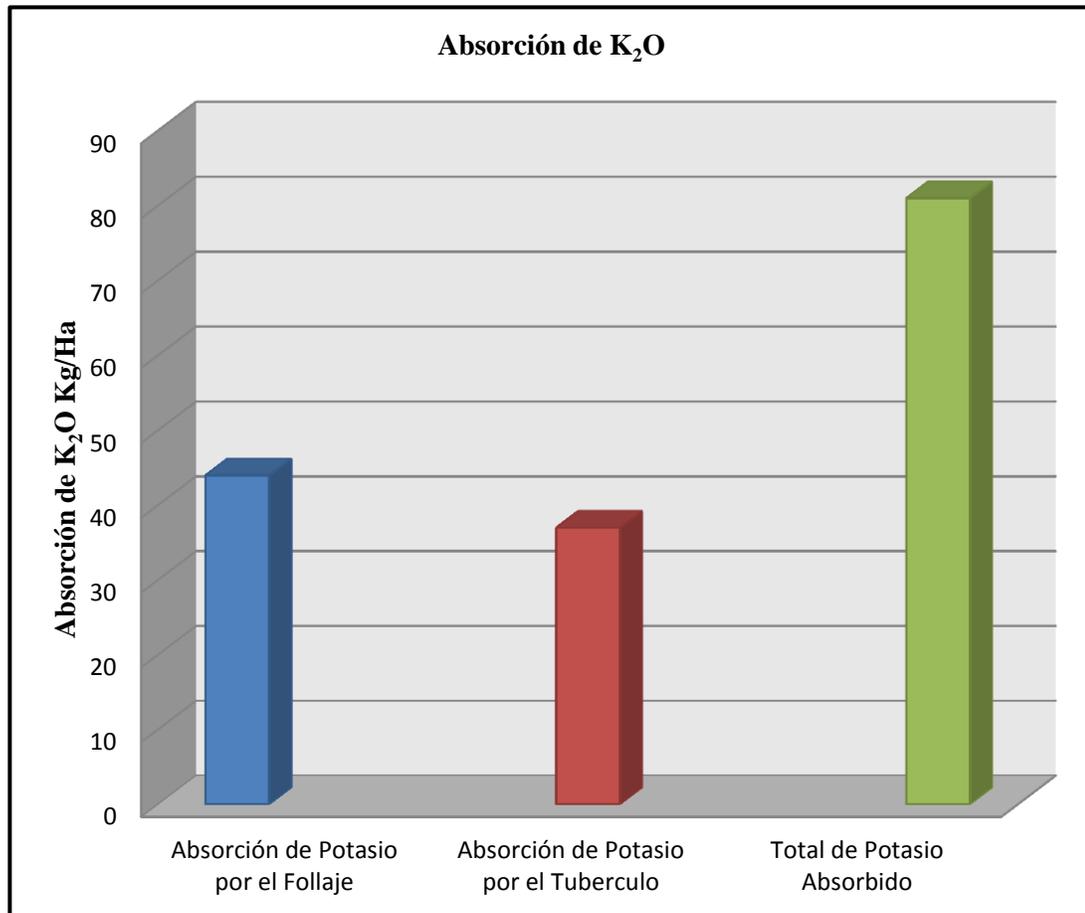
Los resultados obtenidos en la investigación, en base al porcentaje de materia seca. El follaje de la planta llegó a extraer 53 Kg de N y el tubérculo 30 kg de N, absorbiendo un total de 83 Kg de N para una producción de 33Tm/Ha. cuyo resultados obtenidos no concuerdan con lo que sostiene Ribo (2004), véase cuadro 7, que señala que el follaje de la planta extrae 83 kg de N y el tubérculo 81 Kg de N para una producción de 33 Tm/Ha. Esta gran diferencia de absorción de N se debe a la variedad utilizada en la investigación, características del suelo, condiciones climáticas y manejo del cultivo Ulrich citado por Felles (2009).

Gráfico N° 13

Absorción de P_2O_5 por el Follaje y Tubérculo de la Planta

Los resultados obtenidos en la investigación, en base al porcentaje de materia seca, el follaje de la planta llegó a extraer 8 Kg de P_2O_5 y el tubérculo llegó a extraer 10 Kg de P_2O_5 , absorbiendo un total de 18 Kg de P_2O_5 para producir 33 Tm/Ha. Dichos resultados no coinciden con lo que asevera Ekeberg y Riley (1996), véase cuadro 7, estableciendo que el follaje de la planta extrae 19 Kg de P_2O_5 y el tubérculo 43 Kg de P_2O_5 , absorbiendo 64 Kg de P_2O_5 para un rendimiento de 33Tm/Ha. Esta diferencia se produjo por la variedad de semilla utilizada, características del suelo, condiciones climáticas y manejo Navarro citado por Felles (2009).

Gráfico N° 14

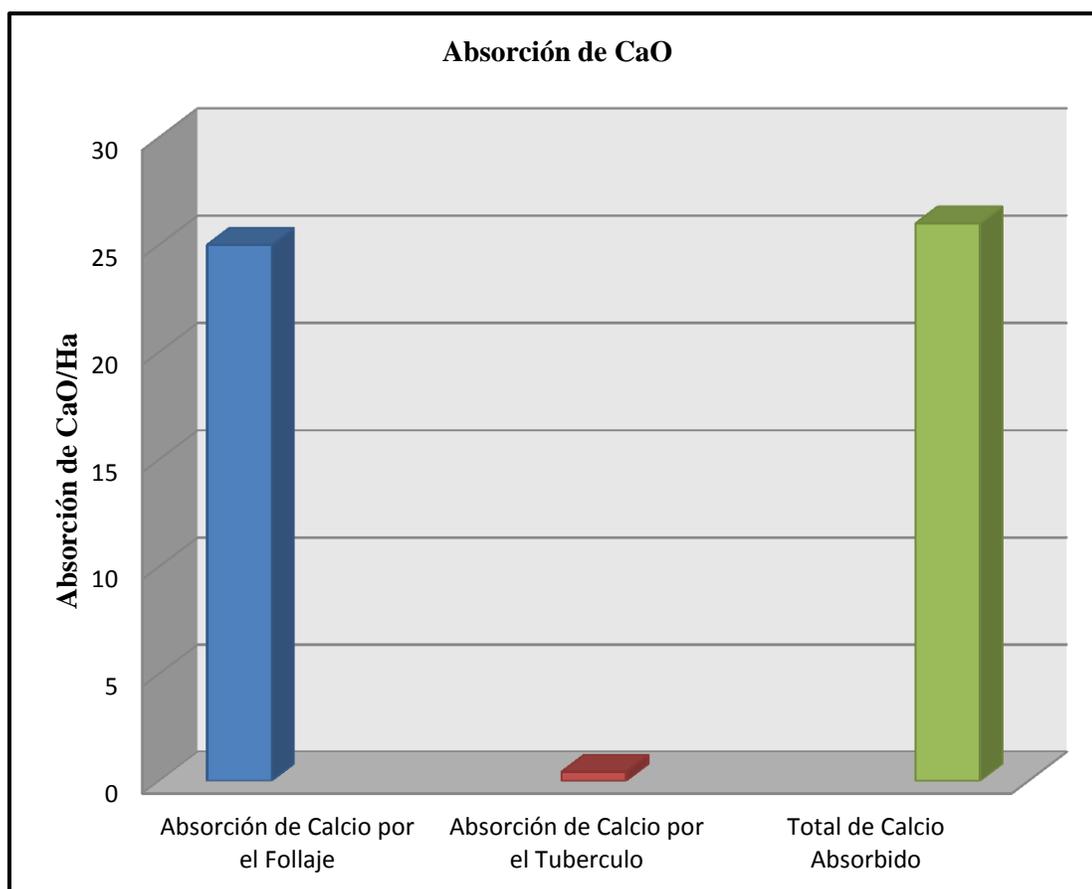
Absorción de K_2O por el Follaje y Tubérculo de la Planta

A partir de los resultados conseguidos en la investigación, en base al porcentaje de materia seca, el follaje de la planta llegó a extraer 44 Kg de K_2O y el tubérculo llegó a extraer 37 Kg de K_2O , absorbiendo un total de 81 Kg de K_2O para producir 33 Tm/Ha. Dichos resultados no coinciden con lo que sostiene Ekeberg y Riley (1996), véase cuadro 7, que señala que el follaje de la planta extrae 129 Kg de K_2O y el tubérculo 185 Kg de K_2O , absorbiendo 314 Kg de K_2O para un rendimiento de 33Tm/Ha. Esta desigualdad de resultados se produjo por el elevado contenido de calcio cambiante que inhibe la absorción de K_2O , variedad de semillas utilizadas en ambas investigaciones y a la alta CIC que fija el potasio (Manual Internacional de Fertilidad de Suelos 1978)

4.5.2. Absorción de Nutrientes Secundarios

Gráfico N° 15

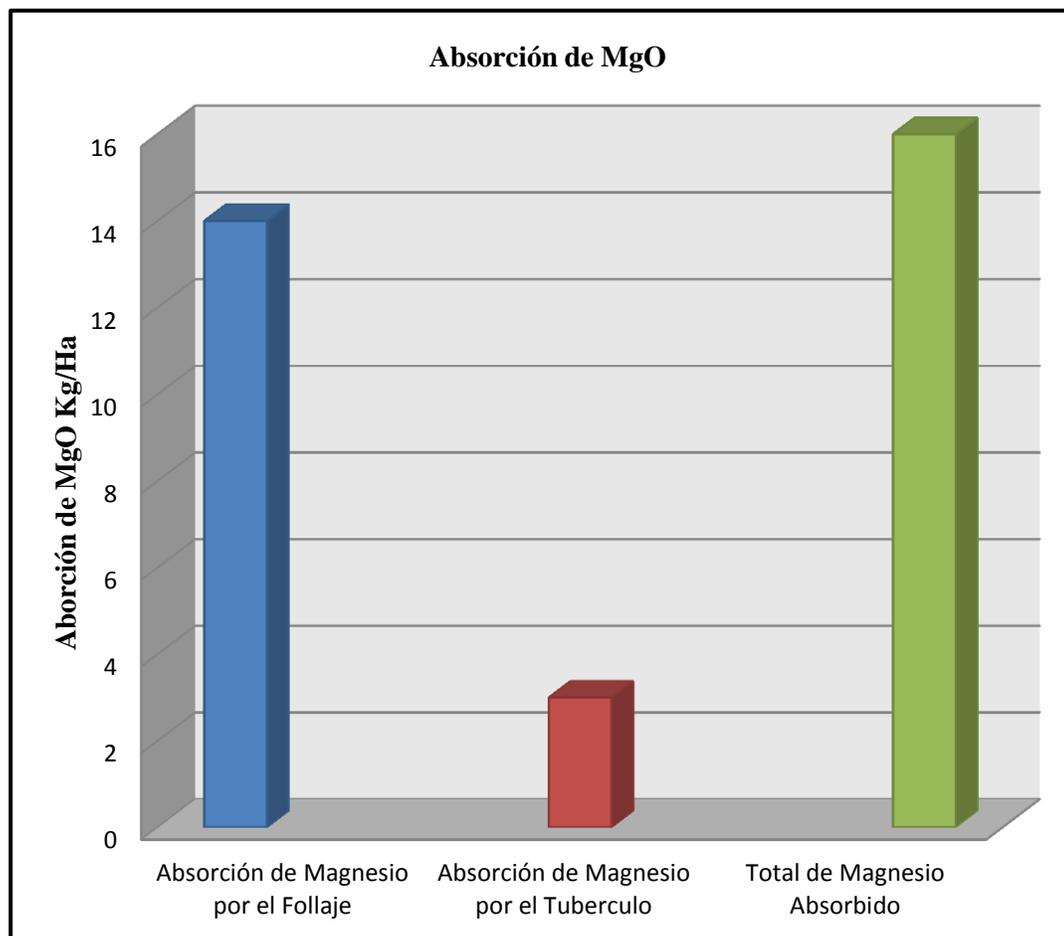
Absorción de CaO por el Follaje y Tubérculo de la Planta



Los resultados obtenidos en la investigación muestran que el follaje de la planta extraer 25.08 Kg de CaO y el tubérculo llego a extraer 0.43 Kg de CaO, Absorbiendo un total de 26 Kg de CaO para producir 33 Tm/Ha. Cuyos resultados no concuerdan con lo que sostiene Demolon (1966), véase cuadro 6, establece que la absorción es de 133 Kg de CaO para una producción de 33 Tm/Ha. Esta disparidad de resultados se dio por la CIC del suelo, condiciones climáticas, por las variedades de semillas utilizadas en ambas investigaciones y manejo del cultivo Navarro citado por Felles (2009).

Gráfico N° 16

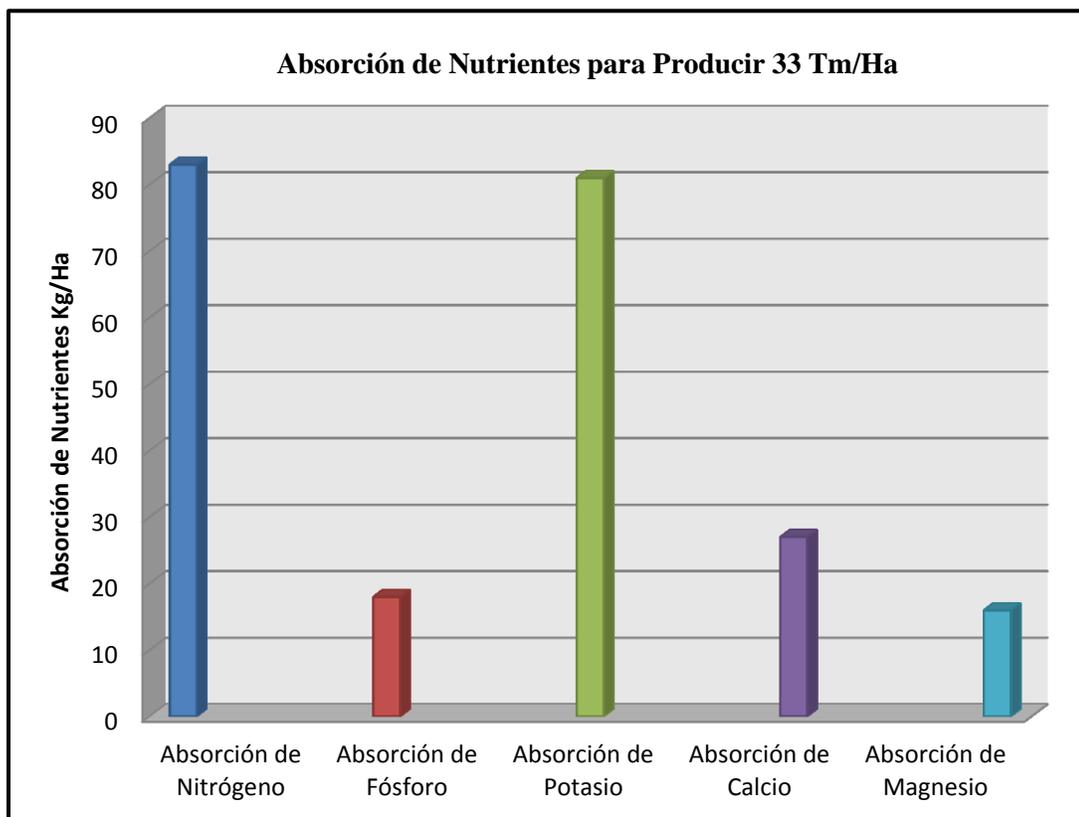
Absorción de MgO por el Follaje y Tubérculo de la Planta



En los resultados obtenidos en la investigación el follaje de la planta llegó a extraer 14 kg de MgO y el tubérculo 2 Kg de MgO, absorbiendo 16 Kg de MgO, para una producción de 33Tm/Ha, cuyos resultados no coinciden con lo establecido por Ribo (2004), véase cuadro 7, donde el follaje de la planta extrae 47 Kg de MgO y el tubérculo 12 Kg de MgO absorbiendo un total de 59 Kg de MgO para una producción de 33 Tm/Ha. Esta diferencia de resultados se debe a las variedades de semilla utilizadas en ambas investigaciones, características del suelo, condiciones climáticas y manejo Ulrich citado por Felles (2009).

Gráfico N° 17

4.5.3. Absorción de Nutrientes Primarios y Secundarios para una Producción de 33 Tm/ha

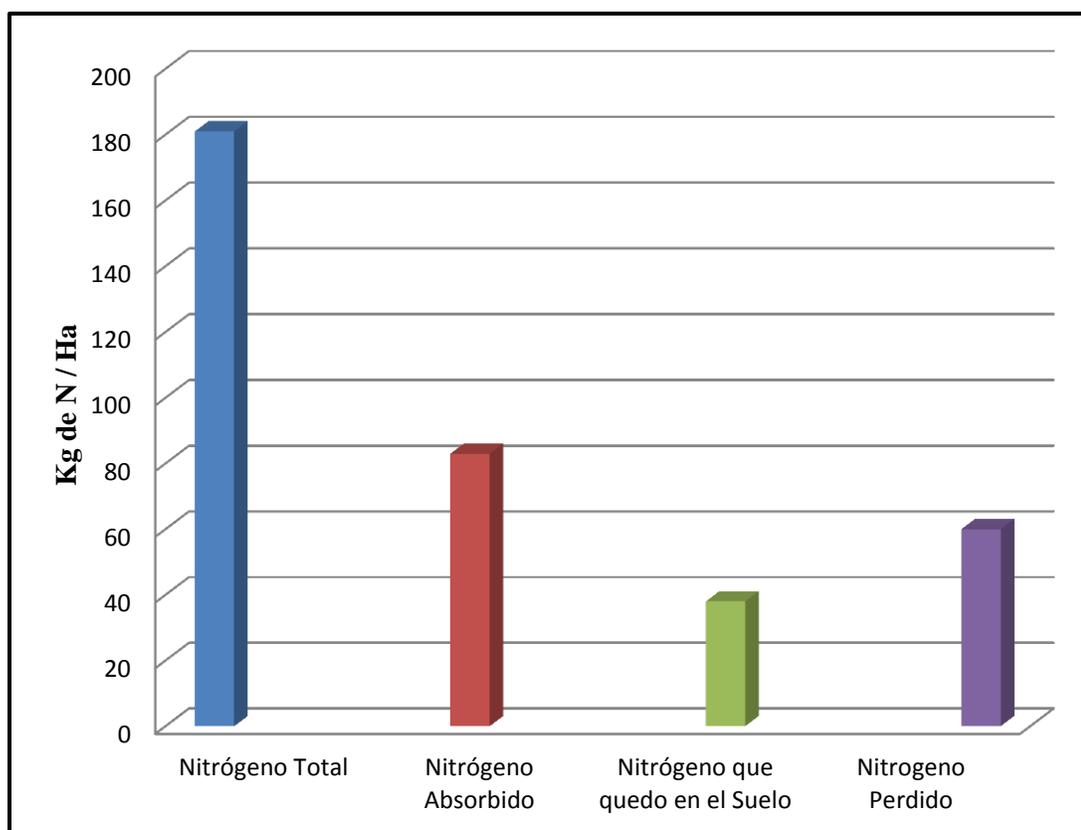


Los resultados obtenidos en la investigación muestran que la absorción de nutrientes primarios y secundarios para una producción de 33 Tm/Ha fue 83 Kg de N, 18 Kg de P_2O_5 , 81 Kg de K_2O , 26 Kg de CaO y 16 Kg de MgO dichos resultados no concuerdan con lo que sostiene Delomon (1966), véase cuadro 6, que señala que la absorción de nutrientes primarios y secundarios para una producción de 33 Tm/Ha fue de 141 Kg de N, 59 Kg de P_2O_5 , 273 Kg de K_2O , 133 Kg de CaO y 27 Kg de MgO. Esta gran disparidad de resultados obtenidos, es debido a que las 2 investigaciones se realizaron en distintos lugares que no poseen las mismas características del suelo, condiciones clima, variedades utilizadas y manejo Ulrich citado por Felles (2009).

4.6. ASIMILACIÓN Y PÉRDIDA DE NUTRIENTES PRIMARIOS Y SECUNDARIOS

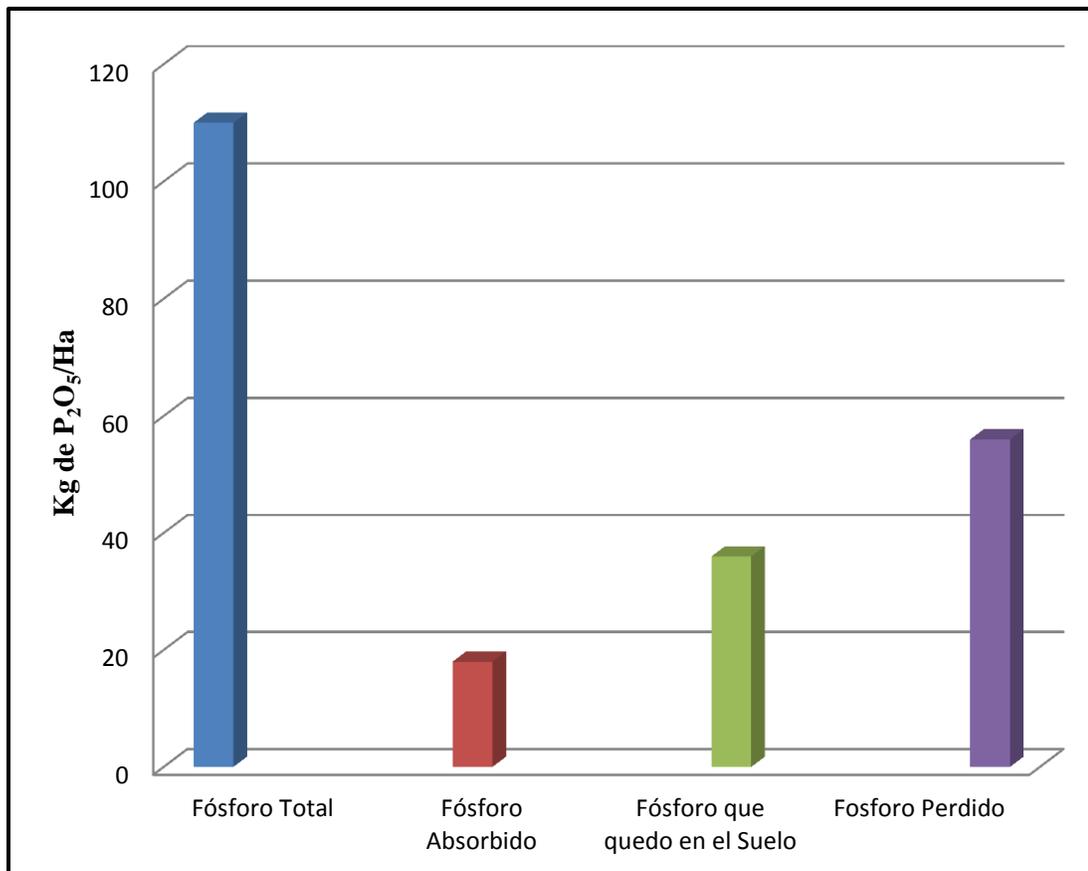
4.6.1. Asimilación y Pérdida de Nutrientes Primarios

Gráfico N° 18
Asimilación y Pérdida de N



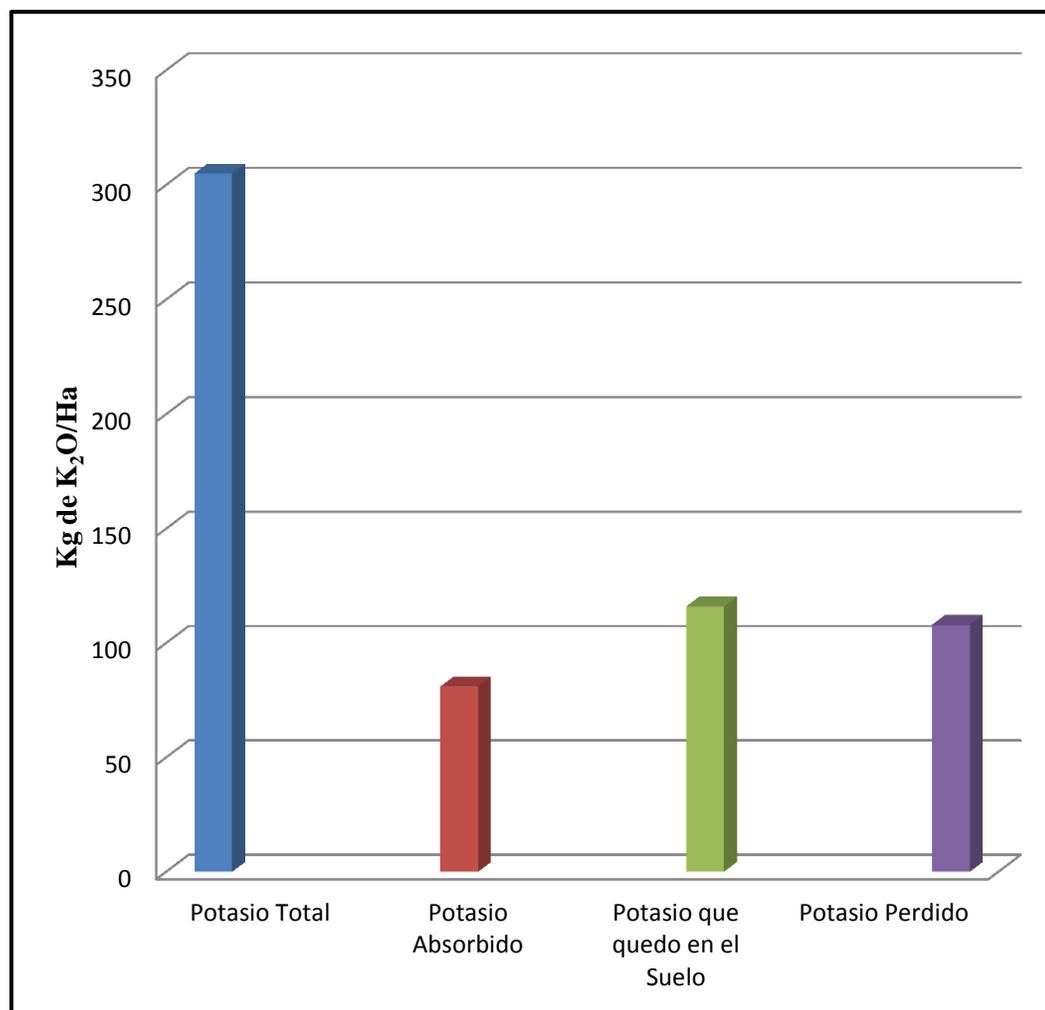
Los resultados obtenidos mediante análisis de suelos, follaje y del tubérculo, el cultivo de papa llegó a disponer de 181 kg de N/Ha de los cuales llegó a asimilar 83 Kg de N/Ha para una producción de 33 Tm, quedando en el suelo 38 kg de N/Ha, y se produjo una pérdida de 60 Kg de N/Ha que según el Manual Internacional de Fertilidad de Suelo y la FAO (2002) menciona que la pérdida de Nitrógeno se da a través de conversión bacteriana “denitrificación” en forma de NO_2 , NO , N_2O , N_2 , también mediante lixiviación en forma de NO_3 .

Gráfico N° 19
Asimilación y Pérdida de P_2O_5



Los resultados obtenidos mediante análisis de suelos, follaje y del tubérculo, el cultivo de papa llego a disponer de 110 kg de P_2O_5 /Ha de los cuales llego a asimilar 18 Kg de P_2O_5 /Ha para una producción de 33 Tm, quedando en el suelo 36 kg de P_2O_5 /Ha, y se produjo una pérdida de 56 Kg de P_2O_5 /Ha. Según el Manual de Fertilidad de Suelo y la FAO (2002) la perdida de P_2O_5 se produce solo por erosión del suelo y por la remoción de este elemento, este resultado de pérdida de 56 kg P_2O_5 se produjo debido a que se usaron dos métodos distintos él (Método Olsen Modificado) y (Método Espectrofotométrico), en el laboratorio para la obtención del fósforo.

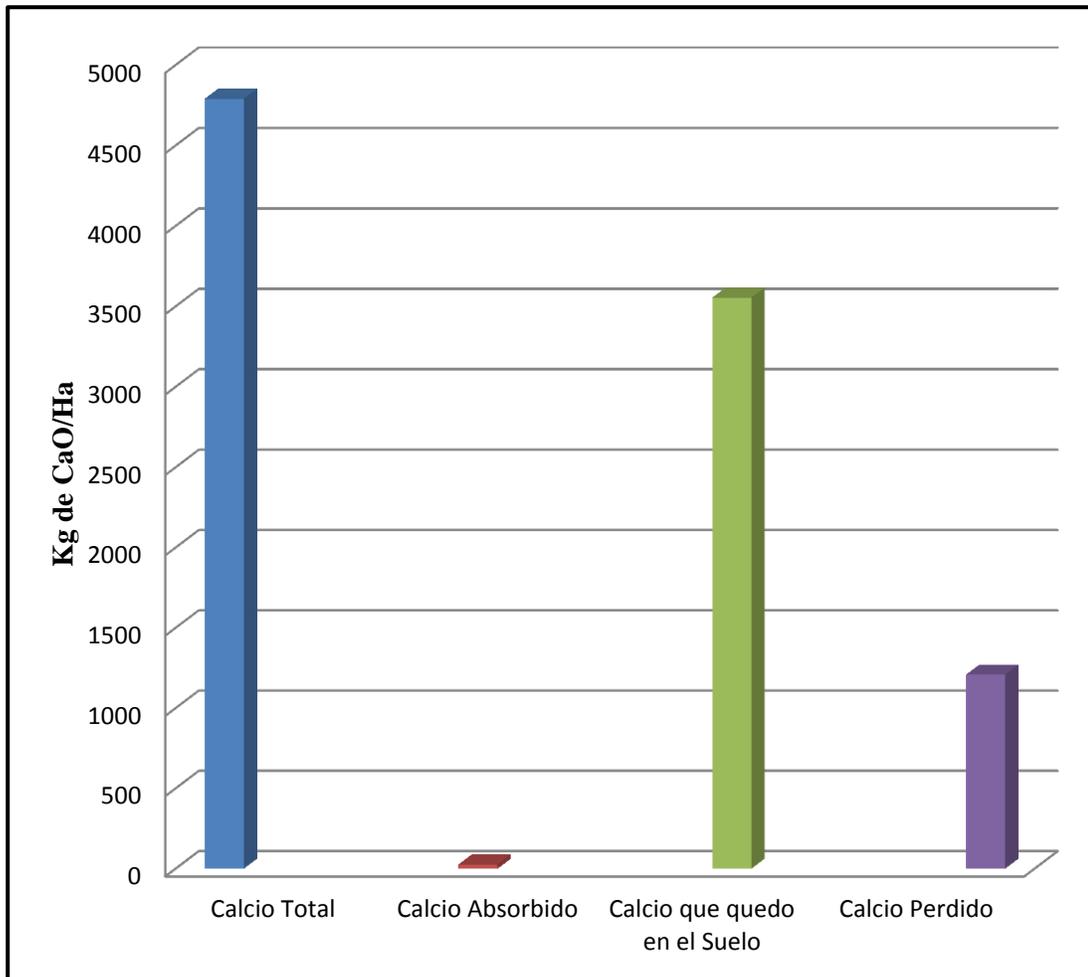
Gráfico N° 20
Asimilación y Pérdida de K_2O



Los resultados obtenidos mediante análisis de suelos, follaje y del tubérculo, el cultivo de papa llego a disponer de 305 kg de K_2O /Ha de los cuales llego a asimilar 81 Kg de K_2O /Ha para una producción de 33 Tm, quedando en el suelo 116 kg de K_2O /Ha, y se produjo una pérdida de 108 Kg de K_2O /Ha. De acuerdo al Manual Internacional de Fertilidad de Suelo y la FAO (2002) la perdida de K_2O se produce por lixiviación y percolación.

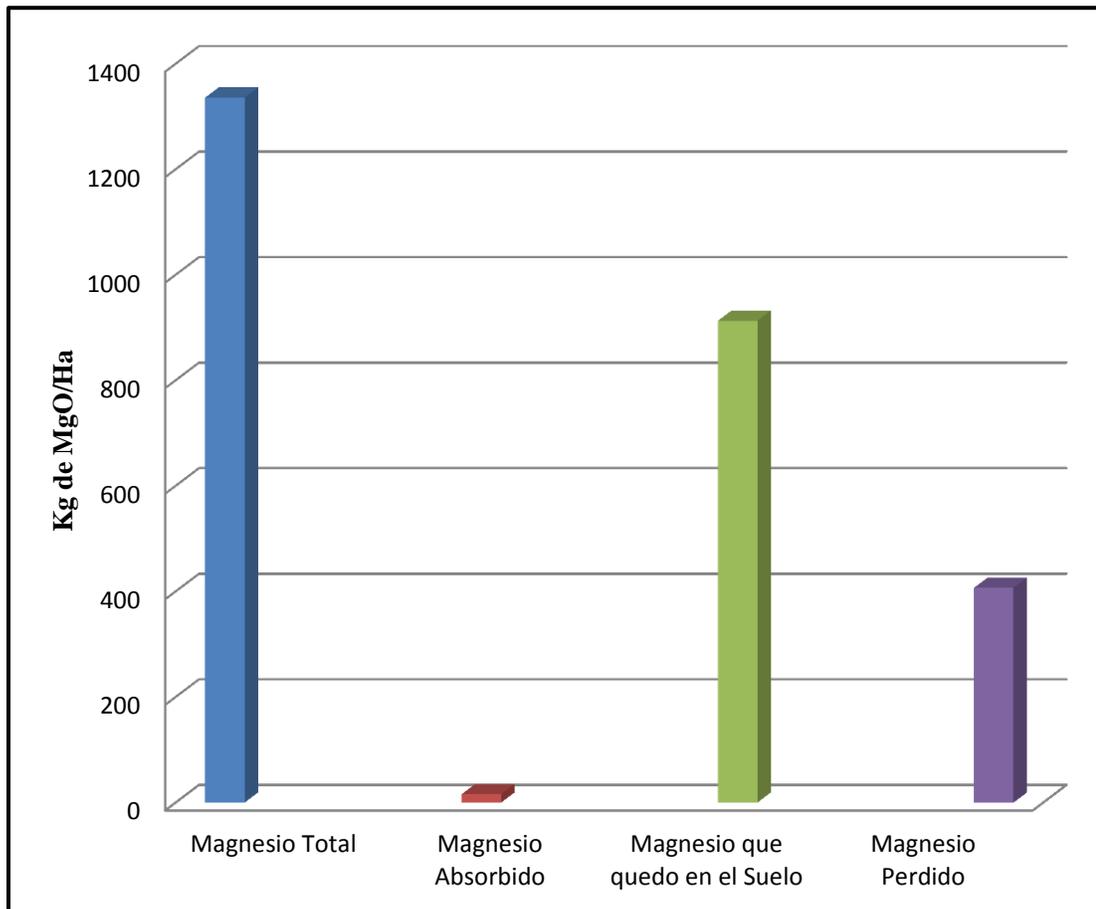
4.6.1. Asimilación y Pérdida de Nutrientes Secundarios

Gráfico N° 21
Asimilación y Pérdida de CaO



Los resultados obtenidos mediante análisis de suelos, follaje y del tubérculo, el cultivo de papa llego a disponer de 4791 kg de CaO/Ha de los cuales llego a asimilar 26 Kg de CaO/Ha para una producción de 33 Tm, quedando en el suelo 3555 kg de CaO/ Ha, y se produjo una pérdida de 1209 Kg de CaO/Ha. De acuerdo al Manual Internacional de Fertilidad de Suelo y la FAO (2002) la perdida de CaO se produce por percolación y lixiviación.

Gráfico N° 22
Asimilación y Pérdida de MgO

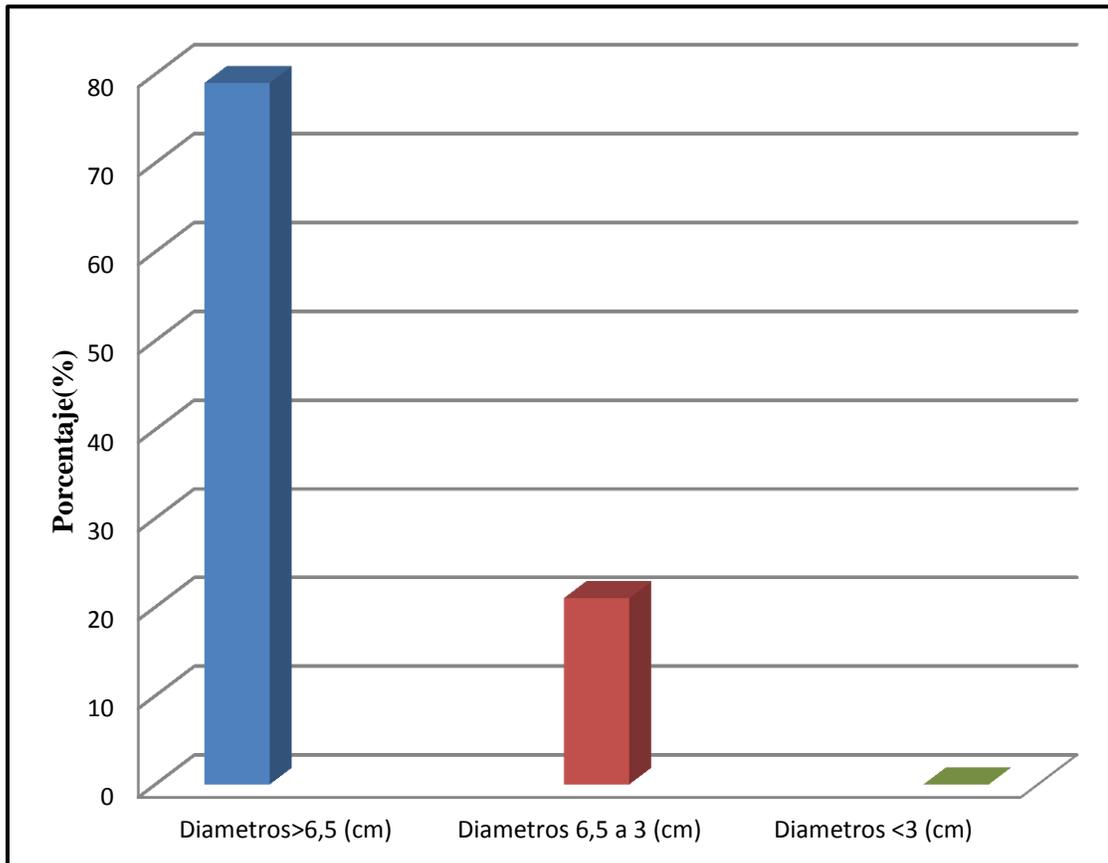


Los resultados obtenidos mediante análisis de suelos, follaje y del tubérculo, el cultivo de papa llego a disponer de 1335 kg de MgO/Ha de los cuales llego a asimilar 16 Kg de MgO/Ha para una producción de 33 Tm, quedando en el suelo 913 kg de MgO/Ha, y se produjo una pérdida de 406 Kg de MgO/Ha. Según lo que establece el Manual Internacional de Fertilidad de Suelo, FAO (2002) la perdida de MgO se produce por percolación y lixiviación.

4.7 DIÁMETROS DE TUBÉRCULO

Gráfico N° 23

Diámetro de tubérculos



En la investigación el 79 % de los tubérculos cosechados fueron considerados de primera calidad y el 21 % de tubérculos cosechados fueron de segunda calidad y se presentó 0% de tubérculos de tercera calidad. De acuerdo a Sánchez (2003) los tubérculos con un diámetro mayor a 6.5 cm son considerados de primera calidad y los tubérculos con un diámetro de 3-6.5 cm son considerados de segunda calidad y los tubérculos con un diámetro menor a 3 cm son considerados de tercera calidad.

4.8. RENDIMIENTO g/ PLANTA

Cuadro 10.

Tabla de Distribución de Frecuencia

Rendimiento/Planta	Clase (X)	fi	fiac	fr	f%	(fi*X)	(X- \bar{X})	(X- \bar{X}) ²	fi*(X- \bar{X}) ²
632-674	653	6	6	0.10	10	3918	-149.8	22440.04	134640.24
674-716	695	2	8	0.03	3	1390	-107.8	11620.84	23241.68
716-758	737	10	18	0.17	17	7370	-65.8	4329.64	43296.4
758-800	779	13	31	0.22	22	10127	-23.8	566.44	7363.72
800-842	821	3	34	0.05	5	2463	18.2	331.24	993.72
842-884	863	15	59	0.25	25	12945	60.2	3624.04	54360.6
884-926	905	11	60	0.18	18	9955	102.2	10444.84	114893.24
		60							∑ 378789.6

$$X = \frac{48168}{60} = 802.8$$

$$S = \sqrt{\frac{378789.6}{60}} = 79.45$$

$$S^2 = 6312$$

$$Cv = \frac{79.45}{802.8} * 100 = 9.8$$

- Los mayores rendimientos de la muestras estuvieron en un intervalo de 884 y 926 gramos/planta, 11 de las 60 plantas muestreadas equivalentes al 18% del total.

- Se tuvieron 6 plantas con el rendimiento más bajos de la muestra, correspondiendo al 10% de la muestra total, estas plantas mostraron rendimientos entre los 632 a 674 gramos/planta.

-Asumiendo que el coeficiente de varianza es 9.8 % la muestra se considera homogénea y se hizo un correcto manejo de la muestra.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Considerando entre los resultados obtenidos, que de acuerdo a las condiciones en que se llevó adelante la investigación se arribó a las siguientes:

Conclusiones

1. la cantidad de nutrientes absorbidos por el cultivo de papa, para la producción de una tonelada métrica en el Centro Experimental de Chocloca fue de 2.5 Kg de N, 0.57 Kg de P_2O_5 , 2.44 Kg de K_2O , 0.77 Kg de CaO y 0.49 Kg de MgO.
2. La secuencia de absorción de nutrientes primarios y secundarios en la investigación fue $N > K_2O > CaO > P_2O_5 > MgO$.
3. En la investigación el 79 % de los tubérculos fue de primera calidad y un 21 % de tubérculos de segunda calidad y se presentó 0 % de tubérculos de tercera calidad.
4. La absorción de K_2O por la planta fue inhibida por un elevado contenido de calcio cambiable de 4791 Kg/ha.
5. La cantidad de nutrientes primarios que el follaje extrajo del suelo durante la etapa de floración en orden decreciente fue 1.59 Kg de N, 1.32 Kg de K_2O , 0.23 Kg de P_2O_5 , y la cantidad de nutrientes secundarios que extrajo fue de 0.76 Kg de CaO, 0.41 Kg de MgO.
6. El contenido de nutrientes primarios presente en el tubérculo al finalizar la cosecha fue 0.91 Kg de N, 1.12 Kg de K_2O , 0.30 Kg de P_2O_5 y el contenido de nutrientes secundario fue 0.073 Kg de MgO, 0.013 Kg de CaO.

7. Al concluir el ciclo vegetativo del cultivo, el contenido de nutrientes primarios en el suelo fue de 38 Kg de N, 36 Kg de P_2O_5 , 116 Kg de K_2O y el contenido de nutrientes secundarios fue de 3555 Kg de CaO, 913 Kg de MgO.

8. Para cultivar 1Ha de papa con un marco de plantación de 0.30 m entre planta a planta y 0.80 m entre surco a surco y con un peso promedio del tubérculo semilla de 45 g se requiere 41 qq de semilla certificada variedad Desiree y 3.2 bolsas de urea, 1 bolsa de fosfato diamónico y 2.7 bolsas de Cloruro de potasio, para obtener un rendimiento de 33Tm/Ha, y no se requiere aportación de micronutrientes debido a que el cultivo los requiere en pequeñas cantidades y el suelo satisface dichas necesidades.

Recomendaciones

Para una mayor estimación de resultados en cuanto a la absorción de nutrientes primarios “N-P-K” y secundarios “Ca-Mg-S” por el cultivo, deberían realizarse más investigaciones similares con diferentes niveles de fertilización.

Repetir la investigación con la finalidad de determinar la absorción de nutrientes en las diferentes etapas fenológicas del cultivo para una mayor precisión de los resultados y poder estimar mejor los parámetros de requerimiento nutricional.

Efectuar este tipo de investigación realizando otros métodos de fertilización.

Al efectuar este tipo de trabajos de investigación se recomienda realizar los análisis químicos (Suelos y Tejido vegetal) en un mismo laboratorio para una mayor confiabilidad de los resultados.