

**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES**



**EFFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE NITROGENO SOBRE EL
RENDIMIENTO, CALIBRE DEL TUBERCULO Y ABSORCION DE
NITROGENO, FOSFORO, POTASIO, CALCIO, MAGNESIO Y AZUFRE
EN DIFERENTES ETAPAS DE DESARROLLO EN PAPA
(*Solanum tuberosum* cv. Desirée)**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

MONICA ANDREA GARCIA RITTER

**TEMUCO – CHILE
2004**

UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES



EFFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE NITROGENO SOBRE EL RENDIMIENTO, CALIBRE DEL TUBERCULO Y ABSORCION DE NITROGENO, FOSFORO, POTASIO, CALCIO, MAGNESIO Y AZUFRE EN DIFERENTES ETAPAS DE DESARROLLO EN PAPA (*Solanum tuberosum* cv. Desirée)

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

MONICA ANDREA GARCIA RITTER

PROFESOR GUIA: HERNAN A. PINILLA QUEZADA

**TEMUCO – CHILE
2004**

EFFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE NITROGENO SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIBRE DEL TUBERCULO Y ABSORCION DE NITROGENO, FOSFORO, POTASIO, CALCIO, MAGNESIO Y AZUFRE EN DIFERENTES ETAPAS DE DESARROLLO EN PAPA (*Solanum tuberosum* cv. Desirée).

PROFESOR GUÍA

: HERNAN PINILLA QUEZADA.
INGENIERO AGRÓNOMO M.S.c.
DEPARTAMENTO DE
PRODUCCIÓN AGROPECUARIA
UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA.

PROFESOR CONSEJERO

: RODOLFO PIHAN SORIANO
INGENIERO AGRÓNOMO
DEPARTAMENTO DE
PRODUCCIÓN AGROPECUARIA
UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA

CALIFICACIÓN PROMEDIO DE TESIS

:

1. INTRODUCCION

Chile, está considerado entre aquellos países que pueden producir papas de buena calidad debido a sus condiciones sanitarias y climáticas, especialmente en las regiones centro-sur y sur del territorio.

En la producción de este cultivo existen varios factores que son determinantes en el éxito económico de la plantación. Algunos de ellos son la variedad, tipo de semilla, manejo agronómico, control de malezas, enfermedades, y fertilización.

La papa (*Solanum tuberosum*) en su ciclo de crecimiento pasa por varias etapas de desarrollo, y en cada una de ellas los requerimientos nutricionales son diferentes. Debido a lo anterior, es fundamental conocer los períodos de mayor y menor absorción, así como la época de aplicación de cada uno de estos nutrientes, con el fin de optimizar los recursos y obtener los resultados deseados en la producción.

La papa (*Solanum tuberosum*), se caracteriza por exigir una alta demanda de nutrientes para lograr producciones económicamente aceptables, siendo los más importantes Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre.

Es muy necesario un suministro balanceado de los nutrientes, ya que cada uno cumple una función específica para el adecuado crecimiento de la planta. La falta de alguno de ellos ocasiona un retardo en el crecimiento y disminución del rendimiento y calidad.

Las cantidades de nutrientes requeridos por la planta de papa, así como el suministro de estos en la solución del suelo, y la eficiencia de recuperación de los fertilizantes van a determinar la cantidad de fertilizantes a aplicar, con el propósito de obtener el rendimiento y la calidad deseada.

Según el destino de la producción, para consumo fresco o procesado, la demanda de nutrientes varía. Dentro de los productos procesados se encuentran papas chips, bastoncitos fritos, prefritos congelados, purés, harina de papa, papas deshidratadas, almidón y sus derivados como dextrinas y alcoholes, por lo tanto, siendo tan diferentes cada uno de estos productos, la demanda de nutrientes por el cultivo para producir alguno o todos estos productos siempre varía, con el fin de obtener la mejor calidad del producto final.

En el presente estudio se plantea evaluar:

- El efecto de diferentes dosis de Nitrógeno sobre el rendimiento y calibre del tubérculo.
- Absorción de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre en diferentes etapas de desarrollo de un cultivar de papa Desirée.

Se plantea como hipótesis que las dosis de Nitrógeno, afectan el rendimiento y calibre del tubérculo.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Nitrógeno.

2.1.1. Rol del Nitrógeno en la planta. Se estima que el nitrógeno presente en las plantas fluctúa entre el 1 y 5% del peso seco. Es un elemento constituyente de los aminoácidos, ácidos nucleicos, proteínas, nucleótidos, clorofila y numerosas sustancias secundarias como los alcaloides. Es un importante constituyente del protoplasma donde se almacena y transfiere la información genética; los cromosomas, genes y ribosomas (Lambers et al., citado por Bergmann,1992).

Además de su importancia en la formación de proteínas, el nitrógeno también forma parte de la clorofila, que es el receptor primario de la energía requerida para la fotosíntesis (Tisdale et al., 1993).

Forma parte de diferentes enzimas, además de estar implicado en todas las reacciones enzimáticas que tienen lugar en las células, las que tienen un activo papel en el metabolismo energético.

El nitrógeno es un elemento irremplazable en cualquiera de sus funciones, por lo tanto, la falta de N afecta la síntesis de proteínas y como consecuencia disminuye el crecimiento de las plantas. Sin embargo, un adecuado suministro de nitrógeno está asociado con una alta actividad fotosintética, un crecimiento vegetativo vigoroso y un aspecto general del follaje verde oscuro (Tisdale et al., 1993). Por lo tanto, es un nutriente determinante en el rendimiento del cultivo, ya que favorece el desarrollo foliar y el crecimiento de los tubérculos (Marschner, 1995).

Los síntomas de deficiencia en el follaje se caracterizan inicialmente por un amarillamiento general de las hojas más viejas. Las nervaduras permanecen verdes mientras que el resto de la hoja amarillea (Montaldo, 1984; Van Der Zaag, 1986)

Ante una deficiencia severa las hojas se necrosan y mueren (Van Der Zaag, citado por Muga, 1990). La apariencia de los tubérculos no parece ser afectada, pero hay mermas en el rendimiento asociadas a tubérculos pequeños. La calidad de los tubérculos para procesado es baja, debido a bajos contenidos de azúcares reductores, bajos contenidos de materia seca y menor contenido de almidón (Pavlista, 2001)

Una aplicación excesiva de N puede ocasionar un desarrollo excesivo del follaje, retardo en la tuberización, disminución del rendimiento, baja de peso específico y un incremento en la incidencia de corazón hueco (Al Soboh et al., 2000).

Aplicaciones continuas de N o una aplicación muy alta, retardan la formación de tubérculos al estimular la producción de ácido giberélico y deprimir la de ácido abscísico. Una baja relación ABA : GA afecta el crecimiento e inhibe el proceso de tuberización (Al Soboh et al., 2000).

La papa también puede sufrir daños si los fertilizantes nitrogenados quedan en contacto directo con la semilla. El efecto perjudicial del contacto con el nitrógeno en el suelo parece estar relacionado con el movimiento de agua desde la semilla o brote y no a una toxicidad específica. El daño es mayor cuanto más soluble sea la fuente de N y más seco esté el suelo (Marschner, 1995).

2.1.2 Formas de Absorción y transporte. El Nitrógeno es absorbido por las raíces de las plantas desde la solución del suelo. Existen dos formas de N iónico que pueden ser absorbidas; amonio y nitrato. El amonio es un ion cargado positivamente, el cual es atraído por las cargas superficiales y negativas de la materia orgánica y arcillas minerales (Campillo, 2003). El nitrato

es un ión cargado negativamente y es repelido por la materia orgánica y arcillas minerales. Por esta razón el nitrato se mueve fácilmente con el agua del suelo (Campillo, 2003).

El nitrato es la principal forma de N absorbida por las plantas y se traslada por medio del xilema (Montaldi et al., 1995). Una vez absorbido, puede acumularse en las raíces en grandes cantidades al nivel de las vacuolas y actuar como osmoregulador o ser transportado como nitrato a la parte aérea, para ser utilizado posteriormente en la síntesis de proteínas. La absorción de nitratos a nivel radical genera la liberación de grupos OH⁻ y de iones HCO₃⁻, generando un incremento del pH en la rizósfera, favoreciendo, de esta manera la absorción y transporte a la parte aérea de cationes como calcio, potasio, magnesio y sodio. Al mismo tiempo, niveles altos de nitratos pueden limitar la absorción de aniones como sulfatos, fosfatos y cloruros (Sandoval et al., y Wiesler, citados por Pinilla y Sanhueza, 2000).

2.1.3 Niveles críticos. Marschner, (1995), señala niveles adecuados de nitrógeno, que van en un rango de 5,0-6,5 % en hojas de papa jóvenes y totalmente maduras, muestreadas al comienzo de la floración. Los niveles de toxicidad prácticamente no se han visto, siendo deficientes concentraciones de nitrógeno inferiores a 4,2%.

Es posible además, realizar análisis de pecíolos para controlar la nutrición nitrogenada. Para la variedad “Russet Burbank” en Idaho, se recomienda mantener una concentración de N-NO₃⁻ de 18-22 ppm a comienzos de la tuberización, 12-15 ppm a mediados del ciclo, y 6-8 ppm en la última parte del ciclo (Dean, 1994).

2.1.4 Efectos en la calidad del tubérculo. Con dosis adecuadas de N, el tamaño de los tubérculos tiende a aumentar, así como también disminuye el daño mecánico a los tubérculos.

El efecto del nitrógeno sobre el contenido de materia seca puede relacionarse además a su tendencia a atrasar el crecimiento inicial de los tubérculos y su maduración (Marschner, 1995).

Con relación al contenido de materia seca, de almidón y al peso específico, que se encuentran íntimamente relacionadas entre sí, el nitrógeno produce un aumento de rendimientos basados en un mayor o menor contenido de agua, debido a esto, el contenido de materia seca es importante, ya que el peso del producto procesado depende de esta característica (Marschner,1995)

Las referencias existentes respecto a la influencia del nitrógeno sobre el oscurecimiento interno de la papa, son variadas. Al respecto, Perrenoud, (1983), indica que un alto suministro de nitrógeno incrementaría la incidencia de esta alteración en el tubérculo, así como también tiende a aumentar las pérdidas durante el almacenaje. Hay una tendencia a que el suministro adecuado de nitrógeno promueva menores concentraciones de azúcares reductores, por lo tanto, hojuelas claras después del freido (Marschner, 1995).

La textura se encuentra más relacionada con factores genéticos pero, como el nitrógeno tiende a reducir el contenido de materia seca, también tiende a reducir el carácter harinoso y la desintegración de las papas una vez cocidas (Perrenoud, 1983).

2.1.5 Requerimientos del cultivo. De acuerdo a lo señalado por diversos autores, el rango de nitrógeno extraído en tubérculos y follaje de papa varía entre 3,0 a 5,3 kg de nitrógeno por tonelada de tubérculos frescos (Harris, 1992; Rodríguez, 1993; Dean, 1994; Marschner, 1995; Contreras, 2002).

2.1.6 Respuesta a la aplicación de Nitrógeno. El mejor resultado de la aplicación de N se logra cuando un 50-60% se aplica a la siembra y el resto al inicio de la tuberización (Al Soboh et al., 2000).

En diversos experimentos realizados por Sierra et al (2002), se señala que la respuesta más frecuente al nitrógeno en rendimiento fluctúa entre 5 y 10 ton/ha de tubérculos, con un rendimiento medio aproximado de 44 ton/ha, de producción. Es decir, la fertilización nitrogenada

incrementa desde un 11,4% hasta un 22,8% el rendimiento promedio. Estos resultados se lograrían con dosis de 120 kg N/há.

Joern y Vitosh (1995), en suelos franco arenosos y en dos años de experimentación con nitrógeno, utilizando sulfato de amonio como fuente nitrogenada, establecieron que las dosis que mejor optimizó el rendimiento de tubérculos variaron entre 112 y 168 kg N/ha. La concentración de N en los tubérculos varió, a su vez, entre 1,3 y 1,7 %. En tales experimentos se estableció además, que un 67% del nitrógeno total absorbido a la cosecha se acumuló en los tubérculos.

Sierra et al., (2002), señala que en experimentos de campo la aplicación de nitrógeno como salitre sódico permite incrementar sensiblemente el rendimiento, logrando 60 ton/há con la aplicación de 100 y 150 kg N/há. Este incremento de rendimiento se explica por un aumento del calibre de los tubérculos cosechados, mayor calibre de papas del tipo consumo. La explicación para este efecto positivo del salitre sobre la urea podría deberse a dos razones, una posible toxicidad por NH_4^+ causada por la hidrólisis de la urea o por una deficiencia de boro corregida por el salitre sódico.

En experiencias realizadas en la localidad de Río Frío, con el objeto de evaluar dos fuentes y cuatro dosis de nitrógeno mostraron que la aplicación de nitrógeno en forma de urea en dosis de 100 kgN/há permitió alcanzar un rendimiento de 32 ton/ha y al aumentar el nitrógeno a 150 kg N/ha el rendimiento se incrementó ligeramente en 3 ton/há adicionales. La respuesta a la aplicación de salitre sódico fue muy similar (Sierra et al., 2002)

2.2 Fósforo:

2.2.1 Rol del Fósforo en la planta. Se encuentra entre el 0.1 y 0.5 % del peso seco de las plantas. Es un componente esencial de varias membranas celulares de gran importancia para el mantenimiento de las estructuras celulares (Marschner,1995).

A través de varias reacciones químicas el fósforo se incorpora a compuestos orgánicos como ácidos nucleicos, fosfoproteínas, fosfolípidos, enzimas y compuestos fosfatados ricos en energía como la adenosina trifosfato (Mengel y Kirkby, 1987). Al igual que el N, el P es irremplazable en cualquiera de sus funciones (Marschner, 1995).

El ión fosfato forma parte de numerosas enzimas y coenzimas, por lo tanto, participa activamente en el metabolismo de los hidratos de carbono y en la síntesis de clorofila, favorece el desarrollo radicular y acelera la maduración de los tubérculos. (Lauchli y Bielecki, 1983; Mengel y Kirkby, 1987)

La deficiencia de P retarda el crecimiento del cultivo, produciéndose plantas pequeñas con tallos muy delgados. En plantas deficientes en fósforo se inhibe la síntesis de almidón y de celulosa, por lo tanto se producen altos niveles de azúcares lo que favorece la producción de antocianos y la posterior coloración violácea o amoratada de las hojas (Marschner, citado por Sierra et al., 2002). Así mismo, las plantas deficientes en P tienen menos masa radicular, produciendo menos estolones y de menor longitud. Los tubérculos son de menor tamaño, con menores contenidos de materia seca y mayores contenidos de azúcares, y mostrando igualmente mayor susceptibilidad a enfermedades. En el interior los tubérculos tienen manchas marrón-óxido distribuidas en forma radial (Pavlista, 2001)

Muchos estudios indican que el incremento de fósforo disminuye la incidencia de *Phytophthora infestans*, disminuye el tamaño de la lesión y aumenta la resistencia (Awan y Struchtmeier; Borys; Herlihy y Carroll; Herlihy; y Wojciechowski et al., citados por Garrett y Dendy, 2001)

2.2.2 Formas de absorción y transporte. En términos generales, todas las formas de fósforo presentes en el suelo se encuentran potencialmente disponibles, dependiendo de la fuerza con que esté retenido en los coloides del suelo (Aldana et al., 1987)

Según Domínguez (1984) y Tisdale (1985), en el suelo, el P se encuentra en formas orgánicas e inorgánicas. La fracción orgánica se encuentra en el humus y materia orgánica del suelo, en cambio la inorgánica presenta numerosas combinaciones con Fe, Al, Ca y otros elementos.

Desde el punto de vista nutricional, el fósforo se encuentra en el suelo bajo tres fracciones principales. El pool lábil, donde el ión fosfato se mantiene unido en forma moderada a superficies activas, encontrándose en equilibrio con el fósforo de la solución del suelo. La fracción no lábil, comprende al fosfato insoluble, tanto orgánico como inorgánico, y que sólo puede liberarse al pool lábil lentamente, y finalmente, la tercera fracción está definida por el ión fosfato presente en la solución del suelo (Borie, 1986)

El P en solución puede ser absorbido por las plantas, adsorbido por coloides, precipitar como compuestos insolubles o perderse por lixiviación o en la escorrentía superficial (Marschner, 1995).

Las formas de P disponibles para las plantas son las que están en la solución del suelo, adsorbidas por coloides o en forma de compuestos precipitados relativamente solubles. El P penetra en la planta a través de las capas externas de las células de los pelos radiculares y de la punta de la raíz. Una vez dentro de la raíz, el P puede quedarse almacenado en esta área o puede ser transportado a las partes superiores de la planta (Marschner, 1995).

La absorción también se produce a través de las micorrizas, que son hongos que crecen en asociación con las raíces de muchos cultivos.

Cuando las plantas absorben P, baja la concentración de éste en la solución del suelo lo que promueve la liberación de P adsorbido o en fase sólida hacia la solución del suelo, por lo tanto, a medida que aumenta el contenido de P en el suelo la probabilidad de respuesta a la fertilización fosforada disminuye (Marschner, 1995).

2.2.3 Niveles críticos. Weir y Cresswell, (1993), señalan niveles adecuados de fósforo, que van en un rango de 0,30-0,55 % en hojas de papa jóvenes y totalmente maduras, muestreadas al comienzo de la floración. Los niveles de toxicidad prácticamente no se han visto, siendo deficientes concentraciones de fósforo inferiores a 0,23%.

Contenidos adecuados de fósforo en tubérculos serían de 0,2%, base materia seca (Westermann y Davis, citados por Sierra et al., 2002).

2.2.4 Efectos en la calidad el tubérculo. En general, el fósforo tiende a aumentar el número y el peso de los tubérculos y a disminuir el daño mecánico. Además incrementa y favorece la calidad del almidón, así como aumenta la cantidad de proteínas y vitamina C (Contreras, 2002).

2.2.5 Requerimientos del cultivo. Según Contreras (2002), la extracción de la planta entera de papa, incluidos follaje y tubérculos, sería de 0,87 kilos de P/ton. A su vez Dean (1994), ha señalado que la demanda varía entre 0,6 y 1,1 kilos de P/ton.

Según Rodríguez (1993), la demanda es de 0,48 kilos de P/ton para los tubérculos. A su vez, Harris (1992), Dean (1994) y Contreras (2002), señalan que la extracción de los tubérculos varía entre 0,5 y 0,9 kilos de P/ton.

2.2.6 Respuesta a la aplicación de Fósforo. La respuesta del cultivo de la papa al fósforo aplicado como fertilizante generalmente es alta en los suelos trumaos de la zona sur. La explicación para este fenómeno es la alta capacidad de retención de fosfato por parte de estos suelos, debido a que poseen una alta carga neta positiva.

En experimentos de campo realizados por Sierra et al., (2002), en suelos de la serie Osorno con escaso historial de fertilización fosfatada, la respuesta del cultivo es alta, incrementándose desde 10 hasta 50 ton/ha con 320 kg P₂O₅/ha. En el caso de experimentos realizados en la localidad de Castro, la respuesta al fósforo prácticamente no se manifiesta, esto se explica por el

historial previo de fertilización fosfatada aplicado al suelo. En la localidad de Colonia El Ñadi, la respuesta al fósforo es igualmente alta, variando desde 10 ton/ha para el testigo sin fósforo hasta 35 ton/ha con la dosis de 320 kg de P_2O_5 /ha. En la localidad de Entre Lagos, en suelo Puyehue de precordillera andina, la respuesta al fósforo varía desde 14 ton/ha, para el tratamiento sin fósforo y se incrementa hasta 41 ton/ha al aplicar 350 kg P_2O_5 /ha.

En suelos rojo arcillosos de Crucero, igualmente se produce respuesta a la aplicación de fósforo, con 400 unidades se produce un incremento de 10 ton/ha de tubérculos, sin embargo, el rendimiento máximo alcanzado es menor que en suelos trumaos.

2.3 Potasio

2.3.1 Rol del Potasio en la planta. El potasio cumple un rol importante en la activación de numerosas enzimas, que actúan en diversos procesos metabólicos tales como la fotosíntesis, síntesis de proteínas y carbohidratos; también tiene incidencia en el balance del agua y en el crecimiento meristemático (Mengel y Kirkby, 1987).

Al participar en estos procesos metabólicos el K actúa favoreciendo el crecimiento vegetativo, fructificación, maduración y la calidad de los tubérculos.

Tiene fuerte influencia en la textura, coloración y sabor de la papa, como también en la conservación de esta, dando más firmeza a la piel y resistencia a los golpes. (Contreras y Silva, 1986).

Dosis reducidas de potasio redundan en mayores contenidos de azúcares reductores en los tubérculos y aumenta la coloración gris de la pulpa (Perrenoud, Usherwood, Martin y Prevel, citados por Imas et al., 1999).

Las plantas con deficiencia de K crecen más lentamente, tienen hojas más pequeñas de tono bronceado, especialmente las basales, volviéndose arrugadas y curvadas hacia abajo (Sierra et al, 2002).

Deficiencias severas causan plantas pequeñas, con entrenudos cortos, pobre sistema radicular y estolones de menor longitud. Los extremos basales de los tubérculos provenientes de plantas deficientes en K tienen lesiones pequeñas que al secarse quedan huecas y rodeadas por tejido de apariencia corchosa. Los tubérculos están predispuestos a ser dañados por golpes y son más sensibles a enfermedades.

Con aplicaciones altas, el cultivo tiende a producir tubérculos de gran tamaño, además su exceso se traduce en consumo de lujo, retardando la madurez y disminuyendo el contenido de azúcares reductores, el peso específico y el contenido de materia seca (Pavlista, 2001)

La fertilización potásica disminuye la incidencia de varias enfermedades como *Phytophthora infestans*, *Streptomyces scabies* y *Alternaria solani* (Perrenoud, 1993; Marschner, 1995)

2.3.2 Formas de absorción y transporte. El contenido de potasio en los suelos, está estrechamente relacionado con el tipo de material parental y la pedogénesis (Mengel y Rahmatullah, 1994). Los minerales arcillosos son la fuente primaria de K en el suelo (Sardi y Debreczeni, 1992; Buhman, 1993).

Las formas de K aprovechables por las plantas son la intercambiable y la soluble en agua. El potasio no intercambiable, o de reserva, comprende entre el 90-98% del K total del suelo. Las formas de K rápidamente asimilable alcanzan entre el 1-2% del K total, y el lentamente asimilable, constituye entre el 1-10% del total del suelo; este último es el K adsorbido y fijado por ciertos coloides del suelo (Bergmann, 1992).

El potasio se encuentra disponible como ion K^{+} , el cual se mueve fundamentalmente por difusión (Bergmann, 1992). El transporte del K puede efectuarse por medio de una ATPasa de la membrana celular, activada por Mg^{2+} .

2.3.3 Niveles críticos. Weir y Cresswell, (1993), señalan niveles adecuados de potasio, que van en un rango de 4,0-6,5 % en hojas de papa jóvenes y totalmente maduras, muestreadas al comienzo de la floración. Los niveles de toxicidad se producirían con concentraciones mayores al 7,0%, siendo deficiente concentraciones de potasio inferiores a 3,3%.

Es posible realizar análisis de pecíolos para controlar la nutrición potásica. Para la variedad “Russet Burbank” en Idaho, la concentración crítica varía entre 5 y 8% a comienzos de la tuberización, 45 a 55 días después de la siembra (Westermann et al., 1994).

La concentración de potasio, puede alcanzar hasta un 2,0% en los tubérculos y hasta un 8,0% en las hojas (Van Der Zaag, 1986), sin embargo, se ha establecido una concentración mínima de potasio en el tubérculo de 1,8%, base materia seca, para obtener concentraciones altas de almidón; niveles mayores de K tienden a disminuir las concentraciones de almidón (Mica, citado por Westermann y Davis, 1992).

2.3.4 Efectos en la calidad del tubérculo. El potasio tiene gran influencia en la textura, coloración y sabor de la papa, como también en la conservación de ésta, dando más firmeza a la piel y resistencia a los golpes (Contreras y Silva, 1986).

Resultados de experimentos indican que la nutrición con potasio influye en el calibre del tubérculo, en el peso específico, en la susceptibilidad a la mancha negra, en el oscurecimiento post cocido, reduce el contenido de azúcares, afecta el color del freído y la calidad de almacenaje (Perrenoud, 1993; Martin-Prevel, 1993).

El potasio promueve el aumento de tamaño de los tubérculos aumentando la acumulación de agua en éstos, y disminuyendo los contenidos de materia seca y gravedad específica (Perrenoud, 1993).

2.3.5 Requerimientos del cultivo. Según Contreras (2002), la demanda de potasio por la planta entera de papa, incluidos follaje y tubérculos, sería de 5,3 kilos de K/ton. A su vez, Dean, (1994) ha señalado que la demanda de potasio en papa varía entre 7,4 y 9,8 kilos de K/ton.

Harris (1992) y Dean (1994) señalan que la extracción de potasio por los tubérculos varía entre 3,9 y 5,2 kilos de K por tonelada. Sin embargo, Rodríguez (1993) ha señalado que la demanda de K es de 3,7 kilos de K/ton.

2.3.6 Respuesta a la aplicación de Potasio. Experimentos realizados por Sierra et al., (2002), en suelos trumaos de la precordillera andina, permiten establecer una moderada respuesta del cultivo a la aplicación de potasio, que varía desde 1,6 a 5,5 ton/ha. Cabe señalar que la dosis aplicada en este grupo de experimentos fluctuó entre 120 y 160 kg/ha de K_2O , usando principalmente sulfato de potasio. En suelos de la serie Osorno destaca la amplia gama de respuestas del cultivo de la papa, que varía desde 1,7 a 14,1 ton/ha, alcanzando un promedio de respuesta sobre el testigo sin potasio de 5,9 ton/ha. En suelos Braunau, Provincia de Llanquihue, en general la respuesta del cultivo es mayor, alcanzando un promedio de 8,7 ton/ha, y esta respuesta varía desde 3,5 hasta 13,7 ton/ha.

El promedio general de todas las localidades estudiadas alcanza a 5,8 ton/ha adicionales logradas por la aplicación de potasio. Es importante señalar que las dosis de potasio utilizadas en estos experimentos fluctuaron entre 100 y 200 kg/ha de K_2O y se usó principalmente sulfato de potasio, como fuente del elemento en estudio. Esto sugiere un claro beneficio de la aplicación de este elemento en la producción de tubérculos.

2.4 Calcio

2.4.1 Rol del Calcio en la planta. El calcio forma parte de numerosos procesos metabólicos dentro de la planta, es requerido por el fortalecimiento de los tejidos de sostén y en la división celular. La función principal del Calcio es dar firmeza y estabilidad a la pared celular a través de los pectatos de calcio, lo que influye básicamente en la tolerancia o susceptibilidad de los tejidos al ataque de insectos y enfermedades (Marschner, 1995).

La deficiencia de Ca puede llevar a un incremento en la susceptibilidad a las enfermedades, ya que el Ca inhibe las enzimas pectolíticas que permiten la invasión de la planta por hongos. La deficiencia puede incrementar la permeabilidad de la membrana (Marschner, 1995).

Debido a la limitada movilidad del Ca en la planta, su deficiencia produce una inhibición del crecimiento de los brotes y del ápice de las raíces (Sierra et al., 2002). Los folíolos de las hojas superiores son puntiagudos, cloróticos y enrollados. Las puntas de los folíolos lucen quemadas y las hojas nuevas quedan muy pequeñas, con márgenes cloróticos y enrollados hacia adentro (Marschner, 1995).

Así mismo, en los tubérculos se observan daños que son designados como “Corazón hueco”, mancha marrón interna, y centro marrón, como resultado de deficiencias de Ca (Marschner, 1995).

Es posible observar síntomas en tubérculos de plantas que lucen un follaje sano, lo que indica que cuando la deficiencia de potasio se presenta a finales del ciclo de producción, el efecto se da primero en los tubérculos, ya que no hay un movimiento de Ca desde el follaje hacia ellos.

2.4.2 Formas de absorción y transporte. El Calcio es absorbido como ion Ca^{2+} . Se ha comprobado que solamente penetra por las partes más jóvenes de la raíz, en la que las células de la endodermis no se han suberizado. (Clarkson y Sanderson, citados por Domínguez 1984). Estos

investigadores sostienen que la vía de entrada del calcio es a través de los espacios intercelulares, siendo transportado hacia el xilema solo en las raíces, en la que la endodermis suberizada no impide su paso. Según esta teoría la absorción y transporte de calcio en la planta serían procesos pasivos, es decir, sin gasto de energía.

El calcio en las plantas se encuentra como ion libre o bien combinado con grupos de escasa movilidad en la planta, oxalatos, fosfatos, carbonatos, carboxilos hidroxifenolicos, por citar algunos ejemplos.

Dada su inmovilidad dentro de la planta, este no es reutilizable, por lo que siempre se encuentra en mayor proporción en las hojas viejas, necesitándose su aplicación en varios estadíos de las plantas.

La principal fuerza que mueve al calcio en la planta es la transpiración, y por eso el calcio se mueve junto con el agua en el xilema. Los gradientes hídricos en la planta favorecen el transporte vía xilema hacia el follaje. El calcio no se puede mover vía floema debido a la presencia de una alta concentración de fosfato. Por esa razón, en comparación con el tallo aéreo, los tubérculos contienen muy poco calcio (Marschner, 1995).

2.4.3 Niveles críticos. Marschner, (1995), señala niveles adecuados de calcio, que van en un rango de 0,8-2,0% en hojas de papa jóvenes y totalmente maduras, muestreadas al comienzo de la floración. Se consideran niveles de concentración de calcio deficientes aquellos inferiores a 0.6%.

2.4.4 Efectos en la calidad del tubérculo. Bajos contenidos de Ca en tubérculos afectan la capacidad de soportar el almacenaje (Marschner, 1995).

La deficiencia de calcio puede llevar a un incremento en la incidencia de *Phithophthora infestans*, ya que esta puede incrementar la permeabilidad de la membrana (Marschner, 1995).

Los tubérculos afectados por centro marrón y corazón hueco no manifiestan síntomas externos y no se pueden descartar antes de llevar al mercado.

2.4.5 Requerimientos del cultivo. Dean (1994) ha señalado que la demanda de calcio para la planta entera de papa, incluyendo follaje y tubérculos, varía entre 0,10 y 0,15 kilos de Ca/ton.

Según Harris (1992), Dean (1994) y Contreras (2002), la extracción para una tonelada de tubérculos varía entre 0,07 y 0,20 kilos de Ca/ton.

2.4.6 Respuesta a la aplicación de Calcio. La aplicación de enmiendas en papa, como carbonato de calcio normalmente no se recomienda. Sin embargo, la aplicación de sulfato de calcio, puede ser beneficiosa en suelos con bajos contenidos de calcio (Sierra et al., 2002).

En experimentos realizados en el CRI Remehue se evaluó el efecto de la aplicación de tres dosis de yeso agrícola en el rendimiento de tubérculos, como resultado el rendimiento se incrementó en un 10 % aproximadamente.

Locascio et al. (1992), evaluando durante tres temporadas la aplicación de yeso en suelos con niveles de calcio entre 2,2 y 4,3 $\text{cmol}^+/\text{Kg.}$, encontraron una respuesta de un 6 % adicional en producción de tubérculos, en suelos del norte de Florida (E.E.U.U).

En una experiencia evaluada en el CRI Remehue en la zona de Llanquihue el encalado no presentó un beneficio adicional para el cultivo, aún en suelos de pH fuertemente ácido. A la cosecha se observó en los tratamientos con encalado, que los tubérculos presentaron una mayor incidencia de sarna (Sierra et al, 2002).

Si se aplica calcio al sistema radicular no aumenta su concentración en el tubérculo. Sin embargo, su aplicación en la proximidad de los tubérculos y estolones sí la eleva, habiéndose

observado incrementos del 300% en la cáscara y médula, por consiguiente, la localización del calcio es crítica para su aprovechamiento por los tubérculos (Marschner, 1995).

La combinación de una aplicación localizada en la zona adyacente a los tubérculos y durante la fase de llenado de éstos, maximiza la absorción de calcio por el cultivo de la papa. Si no se puede aplicar calcio al suelo mecánicamente es posible hacerlo con el riego, si se cuenta con esa posibilidad (Natham, 1997).

Estudios desarrollados en la década del 70 permiten afirmar que plantas de papas creciendo en suelos con bajos contenidos de calcio pueden desarrollar más fácilmente enfermedades como *Erwinia sp* (Sierra et al., 2002).

2.5 Magnesio

2.5.1 Rol de Magnesio en la planta. El magnesio es vital en el proceso de la fotosíntesis debido a que este es el átomo central de la clorofila.

La presencia de iones Mg^{2+} también tienen una favorable influencia en la síntesis de algunos pigmentos en las hojas como los carotenos y xantofilos. Además de su importancia en la fotosíntesis, el Mg es importante como cofactor y activador de muchas enzimas y sustratos de reacciones de transferencia. De acuerdo a Grimme, (1987) alrededor de 300 reacciones enzimáticas son influenciadas por iones de Mg^{2+} .

Otra de sus funciones es la de estabilizar membranas celulares y regular el balance intra y extracelular de los cationes. Adecuados suministros de Mg son, por lo tanto, necesarios para almacenar altas concentraciones de almidón. El metabolismo del Mg en las plantas se encuentra muy relacionado con el metabolismo del P. En plantas con deficiencia de Mg, los niveles de P

son mucho más altos de lo normal en los órganos vegetativos, pero menores en las semillas (Marschner, 1995).

En plantas deficientes en Mg el crecimiento inicial parece casi normal, pero las hojas tienen un color verde pálido entre las nervaduras de las hojas viejas. Como el Mg es móvil en la planta, las hojas viejas son las primeras en evidenciar la carencia debido a que tiene lugar una movilización del Mg hacia los puntos en crecimiento (Marschner, 1995).

El tejido entre las nervaduras en las áreas centrales de los folíolos de las hojas inferiores se vuelve pálido. El tejido verde remanente alrededor del margen es típico de la deficiencia de Mg en papas. Aparecen manchas pequeñas necróticas con tonalidades marrón-anaranjadas en las áreas cloróticas (Cakmak y Marschner, 1992).

En plantas con deficiencia severa, y a medida que las hojas afectadas envejecen, las áreas marrones necróticas pueden eventualmente cubrir las regiones cloróticas de las hojas (Cakmak y Marschner, 1992).

Altas concentraciones de iones de Magnesio en el suelo y en las plantas pueden causar daños al alterar el balance de Ca:Mg, el principal órgano afectado es la raíz, que es especialmente sensible a la deficiencia de Ca.

2.5.2 Formas de absorción y transporte. El magnesio, en la solución del suelo es generalmente movilizado a las raíces por flujo de masa, como el principal mecanismo para su transporte. La absorción es un proceso pasivo en el cual el Mg se mueve bajo un gradiente electroquímico, lo que tiende a generar su competencia con otros cationes (Marschner, 1995).

El Mg que no se encuentra fijado a la estructura de la clorofila o a las paredes celulares es muy móvil, y se estima que cerca del 20% del magnesio absorbido, circula en el sistema vascular del xilema y el floema. Debido a su alta movilidad en el floema, es fácilmente retranslocado

desde las hojas viejas hacia los lugares de intensa actividad metabólica, como tallos jóvenes, extremos de raíces y órganos de reserva. (Marschner, 1995).

2.5.3 Niveles críticos. Marschner, (1995), señala niveles adecuados de magnesio, que van en un rango de 0,25-0,50 % en hojas de papa jóvenes y totalmente maduras, muestreadas al comienzo de la floración. Los niveles de toxicidad se producirían con concentraciones mayores al 7,0%, siendo deficientes concentraciones de magnesio inferiores a 0,22%.

2.5.4 Requerimientos del cultivo. Según Tisdale y Nelson, citados por Sierra et al., (2002), para una tonelada de tubérculos por há., la extracción sería de 0,5 kilos de Mg./ton. A su vez, Harris, (1992) y Dean, (1994); señalan un rango entre 0,13 y 0,40 kilos de Mg/ton. Por otra parte Dean, (1994) indica un rango entre 0,25 y 0,45 kilos de Mg/ton, incluidos tubérculos y follaje.

2.5.5 Respuesta a la aplicación de Magnesio. Experimentos de campo realizados en Colombia, por Guerrero et al., (2000), muestran de forma clara una respuesta de la papa a la fertilización con magnesio. Los ensayos fueron realizados en un suelo con bajo contenido de Mg, donde fueron aplicadas dosis de 0, 18, 36 y 54 Kg. Mg/ha. respectivamente. Los resultados obtenidos mostraron incrementos entre 38% y 100% en el rendimiento, además de mejorar la calidad de los tubérculos para la producción de chips.

2.6 Azufre

2.6.1 Rol del azufre en la planta. El contenido total de azufre en las plantas varía entre 0,2 y 0,5% de la materia seca. El azufre está involucrado en numerosos procesos metabólicos de la planta, tales como la fotosíntesis, la formación de azúcares, almidón, aminoácidos y proteínas, así como en la síntesis de aceites y grasas (Marschner, 1995).

Alrededor del 90% del azufre reducido es incorporado a las proteínas como aminoácidos metionina y cisteína (Mengel, 1984; Mengel y Kirkby, 1987). Existe una gran correlación entre la cantidad de azufre presente en las proteínas y la densidad de la clorofila. Los cloroplastos son especialmente ricos en azufre orgánico.

La deficiencia de S altera el metabolismo del N, por lo tanto la calidad de las proteínas e induce la acumulación de almidón. Las plantas deficientes en azufre, son por lo tanto, más pequeñas que lo normal. Si la deficiencia se presenta en etapas tempranas las plantas presentan un aspecto rígido al igual que el producido por la falta de N. Las hojas son pequeñas y a menudo también más angostas que lo usual y los tallos, en los que su crecimiento longitudinal fue inhibido, son delgados.

2.6.2 Formas de absorción y transporte. El azufre es un nutriente móvil en el suelo, presente en forma inorgánica como SO_4^{-2} .

Alrededor del 90% del S total en el suelo se encuentra asociado a la materia orgánica, por lo tanto en suelos donde se practica la quema de rastrojos se tiende a manifestar carencia de S. (Sierra et al., 2002).

La mineralización de los compuestos orgánicos presentes en el suelo libera azufre oxidado en forma de sulfato. Este puede ser adsorbido por el suelo, lo que evita su lavado. El azufre es absorbido por las raíces activas de las plantas como sulfato (Sierra et al., 2002). Los iones sulfato son transportados desde la raíz hacia las hojas vía floema (Bergmann, 1992).

El azufre que es almacenado en las hojas más viejas como sulfato puede ser fácilmente movilizado y transferido a los órganos en crecimiento. Esto no es posible cuando el sulfato ya ha sido incorporado a compuestos orgánicos.

2.6.3 Niveles críticos. Marschner, (1995), señala niveles adecuados de azufre, que van en un rango de 0,3-0,5 % en hojas de papa jóvenes y totalmente maduras, muestreadas al comienzo de la floración.

2.6.4 Efectos en la calidad del tubérculo. Debido a los múltiples roles que cumple el azufre en el metabolismo de las plantas, las pérdidas en la calidad generadas por su deficiencia pueden ser importantes. En China, de las 94 pruebas de campo realizadas con varios cultivos se demostró que la calidad es también mejorada por el suministro de azufre, ya que aumenta el contenido proteico en varios cultivos. Sin embargo, los efectos beneficiosos del azufre solo pueden obtenerse cuando todos los demás nutrientes se encuentran en un nivel apropiado para el desarrollo del cultivo (Tandon, 1991).

2.6.5 Requerimientos del cultivo. Harris (1992) y Dean (1994) señalan que la extracción de los tubérculos varía entre 0,21 y 0,48 kilos de S por tonelada.

2.6.6 Respuesta a la aplicación de Azufre. La respuesta de la papa a la aplicación de sulfato en condiciones de campo, ha sido evaluada por Sierra et al., (2002) en seis suelos de la Décima Región, donde el potasio y azufre fueron aplicados como sulfato de potasio en dosis no inferiores a 75 kg S/ha, comparados con tratamientos similares en sus dosis de nitrógeno, fósforo y potasio, considerando como fuente de este último el muriato de potasio, para de esta forma aislar el efecto del azufre. Al comparar el efecto de ambos tratamientos no se aprecia una diferencia importante de rendimiento, aún cuando en el caso del suelo Puyehue y Nueva Braunau se manifiesta un mejor comportamiento del sulfato sobre el muriato. En general se pudo afirmar que el beneficio de la fertilización con azufre en papa en suelos trumaos, no sería un factor de gran importancia. Sin embargo, cabe destacar que debe considerarse una fertilización que incluya azufre para no agotar la reserva de este elemento (Panike et al., 1997).

Exceptuando suelos extremadamente deficitarios, la papa no responde, generalmente, a aplicaciones de S (Sierra et al., 2002).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del ensayo.

Para la consecución de los objetivos planteados en la presente Tesis, se efectuó un ensayo en condiciones de campo, el cual se realizó en el fundo “Pichi-Tutelo”, que se encuentra a 15 Km. de Hualpín, en la comuna de Teodoro Schmidt, IX Región. El tipo de suelo en el cual fue realizado el ensayo, corresponde a un Granítico costero con lomaje suave, cuyas características se detallan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Caracterización química del suelo utilizado en el ensayo.

Nutriente	Valor	Nutriente	Valor
pH al agua	5,35	Aluminio (cmol+/kg)	0,22
Fósforo (mg/kg)	14	CICE (cmol+/kg)	3,54
Potasio (mg/kg)	90	S de Bases (cmol+/kg)	3,32
Potasio (cmol+/kg)	0,23	Saturación Al (%)	6,21
Calcio (cmol+/kg)	2,36	Boro (mg/kg)	0,40
Magnesio (cmol+/kg)	0,69	Zinc (mg/kg)	2,70
Sodio (cmol+/kg)	0,04	Azufre (mg/kg)	13

Fuente, Laboratorio de suelos, Universidad de la Frontera.

3.2 Materiales.

3.2.1 Material vegetativo. Como material vegetal, se utilizaron semillas enteras de papa, sana y sin pudriciones, en dosis de 50.000 plantas por hectárea. El cultivar utilizado fue Desirée, variedad que se caracteriza por sus tubérculos grandes y de forma oval alargados, su piel roja y lisa; su pulpa crema, sus ojos relativamente superficiales. Muy sensibles al ahuecamiento interno, producto de condiciones de estrés. Posee muy buenas características para la guarda, su latencia es de 4-5 meses bajo condiciones de temperatura menores a 10°C.

3.2.2 Tratamientos. Los tratamientos formados dependieron de las dosis de nitrógeno aplicadas al cultivo (Cuadro 2). Cada tratamiento se repitió cuatro veces, los que se dispusieron en terreno formando bloques completamente al azar.

Cuadro 2. Dosis de Nitrógeno aportados en cada tratamiento.

Dosis total N/ha	N a la siembra	N 45 DDS
0	0	0
100	50	50
200	100	100
300	150	150

Todos los tratamientos, recibieron a la siembra una fertilización base equivalente a 500 u P₂O₅, 240 u K₂O, 35 u S, 30 u Mg, 6 u Zn y 3.5 u B. Se usó superfosfato triple como fuente de fósforo, sulfato de potasio como fuente de potasio y azufre, sulpomag como fuente de magnesio, azufre y potasio y sulfato de zinc como fuente de zinc.

A los 45 días después de la siembra se completó la fertilización con 160 u de K₂O, con cloruro de potasio.

El diseño experimental correspondió a un diseño en bloques completamente al azar, siendo aleatorizados los tratamientos dentro de los cuatro distintos bloques que se formaron, correspondiendo a cada parcela una diferente dosis de Nitrógeno.

3.3 Métodos.

3.3.1 Establecimiento del ensayo. La siembra se realizó el día 11 de Noviembre del 2002, en forma manual, en parcelas de 3,2 m de ancho por 5.0 m de largo. En cada parcela se establecieron 6 hileras distanciadas a 0.8 m. Sobre la hilera la distancia de siembra fue a 0.25 m, sembrándose las papas a razón de 50.000 plantas por ha.

3.3.2 Evaluaciones.

3.3.2.1 Rendimiento total de tubérculos. Para la determinación del rendimiento total de tubérculos, se procedió a cosechar manualmente las dos hileras centrales de cada repetición. Para los pesajes se utilizó una balanza tipo Sartorius. Para la obtención del calibre, se procedió a separar los tubérculos de cada uno de los tratamientos. Los tubérculos se clasificaron de acuerdo a su diámetro ecuatorial en menores de 45 mm, entre 45-60 mm, y sobre 60 mm. Además, en los tubérculos de diámetro igual y superior a 60 mm se determinó el porcentaje de tubérculos con un largo superior a los 10 cm. Una vez clasificados, se pesaron separadamente por calibre en una balanza electrónica marca Sartorius y se determinó el porcentaje de tubérculos para cada uno de los calibres estudiados.

3.3.2.2 Absorción total de N, P, K, Ca, Mg, y S. A los 40, 60, 80, 95 y 110 días de la siembra, se muestrearon dos plantas separando la parte área de los tubérculos. En cada muestreo se determinó la concentración total de N, P, K, Ca, Mg y S, utilizando las metodologías estandarizadas de análisis de tejido del Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas del Instituto

de Agroindustria de la Universidad de la Frontera. A la cosecha se realizaron las mismas evaluaciones, pero sólo a nivel de los tubérculos (Cuadro 4).

La determinación de Nitrógeno se realizó según el método de Kjeldhal, utilizando ácido salicílico y sulfúrico como titulantes (AOAC; citado por Eslami *et al.*, 1988).

Para la determinación de P, Ca, K y Mg, se utilizó digestión húmeda con mezcla ácida sulfonitroperclórica, para su extracción, siendo determinados los iones formados por medio de espectrofotómetro de absorción atómica, excepto el fósforo, el que fue determinado por colorimetría. (Greweling, citado por Eslami *et al.*, 1988).

En cada una de las etapas de muestreo (Cuadro 3), tanto en la parte aérea como en el tubérculo, se determinó por diferencia de peso el porcentaje de materia seca. Para la determinación de Materia Seca, las muestras húmedas y pesadas se secaron durante 96 horas en un horno con ventilación forzada a una temperatura constante de 65°C.

Cuadro 3. Número de muestreos y días después de la siembra en que fueron realizados.

N° muestreo	Días después de la siembra planta	Días después de la siembra tubérculo
1	40	-
2	60	60
3	80	80
4	95	95
5	110	110
6	cosecha	cosecha

La cosecha final, se realizó el día 18 de Marzo de 2003, ocasión en la que se evaluó el rendimiento total de cada uno de los tratamientos

3.3.4 Análisis Estadístico. Los resultados para la absorción de nutrientes y de materia seca a través del tiempo fueron sometidos a un análisis de regresión, obteniéndose las funciones cuadráticas que explicaron el comportamiento de cada uno de los nutrientes, además del coeficiente de determinación respectivo, a fin de calcular que proporción de la varianza fue explicada por el modelo obtenido.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Efecto de diferentes dosis de Nitrógeno sobre el rendimiento.

En el cuadro 4 se presentan los rendimientos obtenidos para cada una de las dosis de nitrógeno aplicadas.

Cuadro 4. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno sobre el rendimiento de tubérculos.

Tratamiento	0 u Nitrógeno	100 u Nitrógeno	200 u Nitrógeno	300 u Nitrógeno
Rendimiento (ton/Ha)	50.3	55.3	55.7	54.2

De acuerdo a los resultados del cuadro 4, se observa que los rendimientos obtenidos al aplicar diferentes dosis de N son muy similares entre sí, superando al tratamiento sin nitrógeno en un 10 % aproximadamente. De acuerdo al análisis de varianza (Anexo 1) se puede concluir que no se presentaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos ensayados, es decir todas las dosis de nitrógeno utilizadas incluyendo la dosis 0, fueron estadísticamente iguales entre sí.

Los resultados obtenidos se podrían explicar debido al alto aporte de nitrógeno del suelo en el sitio del ensayo, el que alcanzó, en el tratamiento sin N a 170 kilos de N/ha. Esta alta tasa de mineralización de N de los residuos de la cosecha anterior podrían deberse a las altas temperaturas que se presentan normalmente en primavera – verano y por las favorables condiciones de humedad producto de los dos riegos que se realizaron al cultivo. Cabe señalar que de acuerdo a lo indicado por Parra (2001) el aporte de N de un suelo andisol ubicado en Collipulli, el aporte de N del suelo alcanzó, en un cultivar de remolacha bajo riego, a 137 kilos de N/ha.

De acuerdo a la demanda de N del cultivo, la cual alcanzaría a 3,4 kilos de N por tonelada, se podrían alcanzar producciones de 50 toneladas de tubérculo, sin aportes extras de N. Esta situación explicaría la falta de respuesta a las diferentes dosis de N aplicadas. Probablemente, se hubiera producido respuesta a la aplicación de N, si el rendimiento total hubiera sido más alto que el que se obtuvo en el ensayo. La escasez de riego en las últimas etapas del cultivo podrían explicar los rendimientos obtenidos entre las diferentes dosis de N. De acuerdo a lo señalado por Sierra (2002) la falta de agua determina una menor respuesta del cultivo a la fertilización nitrogenada.

Resultados similares fueron obtenidos por Sierra et. al., (2002), en ensayos realizados en la localidad de Santa María, Provincia de Llanquihue. La respuesta del cultivo a la fertilización nitrogenada fue baja debido a la sequía que afectó al cultivo ese año, independiente de las diferentes dosis estudiadas.

Los resultados obtenidos en este ensayo, difieren con lo observado por Gauna (2000), quién trabajando en condiciones edafoclimáticas similares y con diferentes dosis de nitrógeno, obtuvo una clara respuesta a la fertilización nitrogenada, mostrando un incremento en los rendimientos que varían entre 37% y 100%, según la dosis aplicada.

4.2. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno sobre el calibre del tubérculo.

En el cuadro 5 se presentan los calibres obtenidos con cada una de las dosis de nitrógeno aplicadas.

Con respecto al calibre, no se manifestó una respuesta clara para las dosis de nitrógeno estudiadas. Sin embargo, con la dosis más alta de nitrógeno disminuyeron los porcentajes de tubérculos menores a 45 mm y aumentó a la vez el porcentaje de tubérculos con calibre mayor a

los 60 mm y de largo mayor a 10 cm. Los mayores porcentajes se concentraron entre los 45-60 mm, pero no hubo una relación directa entre las dosis de nitrógeno aplicadas y el calibre de los tubérculos. Es posible, que debido al déficit de agua que se presentó durante la etapa final del ensayo los tubérculos no alcanzaran un tamaño adecuado.

Cuadro 5. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno sobre el calibre de tubérculos.

Tratamiento	Calibre menor 45 mm	Calibre entre 45-60 mm	Calibre sobre 60 mm	Largo sobre 10 cm
	%	%	%	%
0 u Nitrógeno	15.8	67.6	16.6	8.8
100 u Nitrógeno	14.1	53.5	32.4	15.7
200 u Nitrógeno	16.0	62.7	21.4	10.7
300 u Nitrógeno	11.2	53.2	35.6	16.8

Según Doorenbos et. al., (1986), un buen suministro de agua es necesario desde el inicio de la tuberización hasta la madurez, puesto que se incrementa el número de tubérculos por planta y los resultados en el tiempo se traducen en un aumento en el tamaño del tubérculo.

4.3 Demanda y época de absorción de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre por efecto de diferentes dosis de aplicación de N.

Los resultados de las cantidades de nutrientes acumulados en la parte aérea de la planta y en los tubérculos para cada uno de los elementos nutricionales estudiados se presentan en los cuadros 6 y 7.

Cuadro 6. Efecto de las diferentes dosis de nitrógeno sobre la absorción de N,P, K, Ca, Mg y S en la parte aérea de un cultivar de papa Desirée.

Tratamientos	40 días después de la siembra					
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre
0 u N/ha	44.27	3.10	57.53	10.42	4.56	2.24
100 u N/ha	61.63	5.14	80.46	13.92	6.39	3.20
200 u N/ha	73.15	5.75	91.83	11.63	6.79	3.92
300 u N/ha	51.95	4.06	65.98	10.16	5.03	3.00
60 días después de la siembra						
0 u N/ha	62.96	3.62	87.46	27.77	10.52	3.97
100 u N/ha	88.14	5.08	133.86	37.34	15.24	5.59
200 u N/ha	98.51	5.49	135.16	39.40	15.46	6.48
300 u N/ha	144.32	8.26	163.71	51.81	19.71	8.90
80 días después de la siembra						
0 u N/ha	65.65	3.36	61.70	40.93	20.57	5.54
100 u N/ha	96.95	5.59	147.25	41.07	16.76	6.15
200 u N/ha	108.36	6.04	148.68	43.34	17.01	7.13
300 u N/ha	158.75	9.09	180.08	57.00	21.68	9.79
95 días después de la siembra						
0 u N/ha	44.31	2.01	49.72	55.14	20.45	3.21
100 u N/ha	63.97	3.37	75.11	65.27	29.53	4.14
200 u N/ha	68.69	3.34	70.12	62.01	26.24	5.72
300 u N/ha	72.16	3.09	67.18	59.35	27.06	5.70
110 días después de la siembra						
0 u N/ha	47.74	2.52	38.56	71.83	29.38	4.36
100 u N/ha	50.05	2.89	54.86	70.75	26.23	5.05
200 u N/ha	54.07	3.33	50.74	78.67	32.54	5.64
300 u N/ha	59.18	3.25	49.22	62.44	28.88	4.47

Cuadro 7. Efecto de las diferentes dosis de nitrógeno sobre la absorción de N,P, K, Ca, Mg y S en los tubérculos de un cultivar de papa Desirée.

Tratamientos	60 días después de la siembra					
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre
0 u N/ha	32.04	3.41	55.22	1.14	2.27	2.27
100 u N/ha	33.92	3.57	49.53	1.12	2.45	2.23
200 u N/ha	37.88	4.15	56.45	1.47	2.44	2.20
300 u N/ha	42.39	4.43	63.73	1.66	2.77	2.27
80 días después de la siembra						
0 u N/ha	92.00	7.18	116.15	7.18	5.87	5.22
100 u N/ha	113.79	9.35	151.20	8.57	7.01	9.35
200 u N/ha	124.49	12.15	185.22	11.13	9.11	12.15
300 u N/ha	114.59	12.01	157.09	10.16	8.32	7.39
95 días después de la siembra						
0 u N/ha	105.52	10.65	161.67	6.78	10.65	7.74
100 u N/ha	119.97	11.80	164.22	7.87	10.82	7.87
200 u N/ha	140.91	12.02	176.95	8.74	10.92	8.74
300 u N/ha	148.44	12.46	166.09	9.34	9.34	8.30
110 días después de la siembra						
0 u N/ha	122.04	11.26	172.73	4.69	8.45	9.39
100 u N/ha	162.06	15.33	208.05	8.76	10.95	16.42
200 u N/ha	201.09	16.42	239.40	6.84	12.31	19.15
300 u N/ha	157.28	14.82	197.17	6.84	9.12	14.82
Cosecha						
0 u N/ha	141.91	12.52	180.51	5.22	9.39	14.61
100 u N/ha	164.49	15.46	203.12	5.52	9.94	18.77
200 u N/ha	175.96	16.76	210.68	8.38	10.77	16.76
300 u N/ha	191.57	17.42	208.99	5.44	9.8	15.24

En términos generales, se observa que la acumulación de nutrientes en la parte aérea de la planta es máxima a los 80 días después de la siembra. A partir de esa fecha se produce una translocación de los nutrientes hacia el tubérculo, produciéndose por lo tanto una disminución de estos en la parte aérea. Esta situación es más clara en aquellos nutrientes de alta movilidad como el nitrógeno, fósforo, potasio y azufre y difiere para los nutrientes de menor movilidad como el calcio y el magnesio. En los tubérculos, en cambio, por ser órganos de acumulación de compuestos orgánicos, se produce una acumulación progresiva de los nutrientes que avanza a medida que éste se va desarrollando.

En atención a que no se registraron diferencias significativas de rendimiento por efecto de las diferentes dosis de nitrógeno, se procedió a promediar la absorción de nutrientes para las diferentes dosis que incluían nitrógeno en relación al testigo sin nitrógeno. Dichos resultados se presentan en las figuras 1 a 6.

4.3.1 Comportamiento del Nitrógeno. Los resultados para absorción de nitrógeno en la planta entera, en la parte aérea y en los tubérculos se presentan en la Figura 1. Como se observa, el modelo matemático obtenido se ajusta a los valores obtenidos en cada una de las etapas de muestreo, lo que queda reflejado en coeficientes de determinación entre 0,92 y 0,96 para la planta entera, entre 0,52 y 0,78 para la parte aérea y entre 0,96 y 0,98 para los tubérculos.

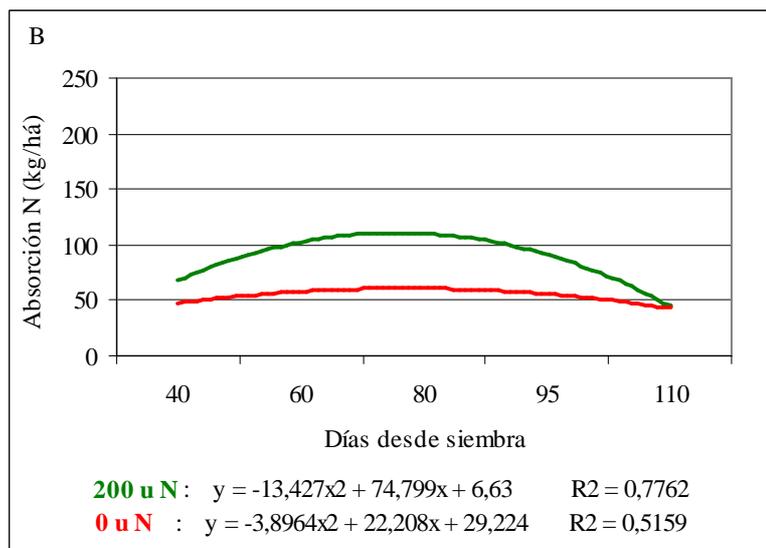
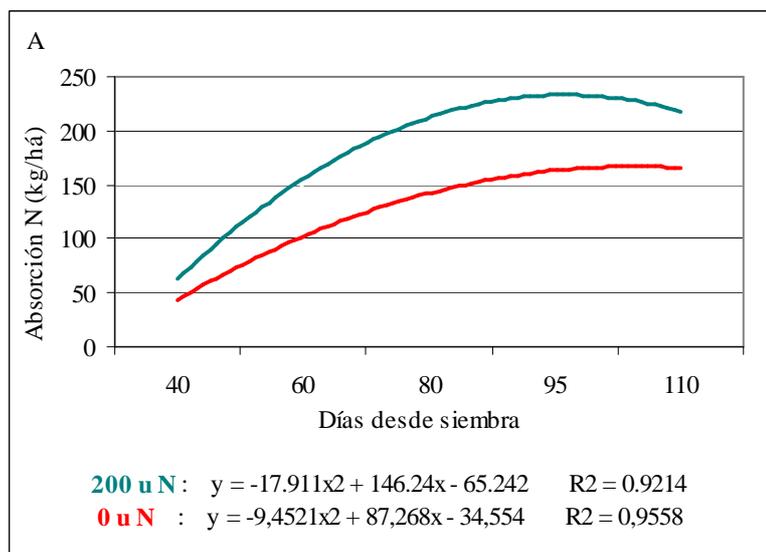
La tasa de absorción de N en el cultivo de papa, en el presente ensayo, mostró que transcurridos 40 días después de la siembra, es decir a inicio de tuberización, es baja, absorbiéndose aproximadamente un 27 % del total del nitrógeno. Sin embargo, este valor se incrementa en forma notoria hacia los 60 días, absorbiéndose aproximadamente un 48 % del total de nitrógeno, el cual alcanza su máxima absorción en la parte aérea a los 80 días después de la siembra.

Este período coincide con la máxima acumulación de materia seca; produciéndose a partir de esta fecha una disminución del nitrógeno en la parte aérea dada su translocación a los tubérculos. A los 80 días, los tratamientos que incluían N, acumularon en la parte aérea aproximadamente un 53 % del total del N absorbido por el cultivo. (Figura 1 B).

A partir de esa etapa se observa una clara declinación del N acumulado en la parte aérea, el cual se ha translocado progresivamente a los tubérculos. A los 110 días después de la siembra la cantidad de N que permanece en la parte aérea es de un 24 % del total del nitrógeno absorbido. Por esto, a pesar de que se observa una disminución de la absorción total de nitrógeno de la parte aérea de la planta, no se aprecia un descenso en el ritmo de absorción total de la planta (Figura 1 A). Este efecto de translocación ha sido ampliamente establecido por varios autores, tales como Kleinkopf et. al. (1981) y Greenwood y Draycott, (1985).

Los resultados obtenidos en el presente ensayo, en relación a la absorción de nitrógeno, no coinciden con los obtenidos por Silva y Rodríguez (1984) y Domínguez (1989), los que establecen que la mayor parte de la absorción de nitrógeno ocurre durante el período de crecimiento vegetativo hasta la floración, donde la planta ha absorbido alrededor del 60% del nitrógeno total.

En ensayos realizados por Sierra et al., (2002), destaca la alta absorción de nitrógeno en los primeros 75 días desde la siembra, prácticamente el 90% del N total absorbido por la planta entera, lo que coincide con los resultados obtenidos en el presente ensayo, donde a los 80 días después de la siembra la planta ha absorbido más del 90% de N total.



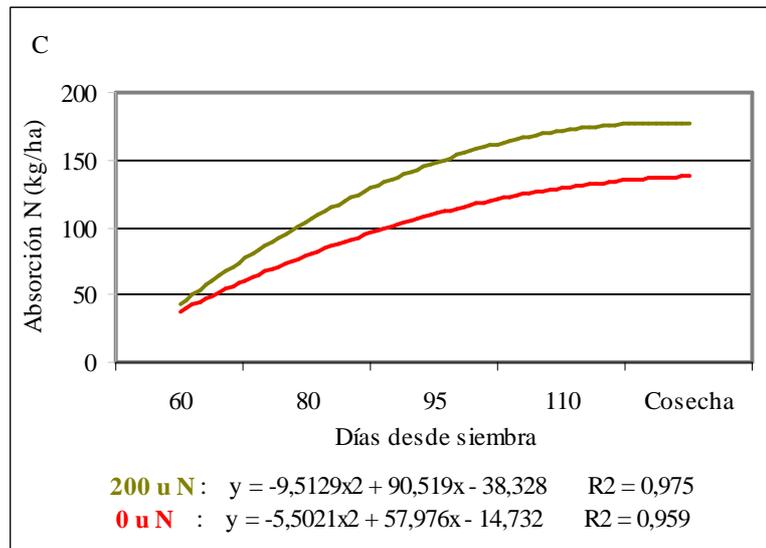


Figura 1. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno sobre la absorción de nitrógeno en un cultivar de papa Desirée (0 u N y X 200 u N). Absorción planta entera (A). Absorción en parte aérea de la planta (B). Absorción en tubérculos (C).

En los tubérculos, en cambio, la absorción alcanza aproximadamente un 17% transcurridos 60 días desde la siembra, acumulándose progresivamente a medida que avanza el desarrollo del cultivo. A los 80 días después de la siembra el N acumulado en el tubérculo alcanza aproximadamente un 52 % del total del N absorbido por el cultivo (Figura 1 C). Los resultados del presente ensayo concuerdan con lo señalado por Greenwood y Draycott (1985), quien demostró que para todos los cultivos agronómicos importantes la disminución del contenido de nitrógeno es a través del tiempo.

La menor extracción se obtuvo en el tratamiento sin nitrógeno, lo que concuerda con lo señalado por Greenwood y Draycott (1985), quienes afirman que con bajas dosis de N se atenta contra la acumulación de materia seca total, lo cual se traduce posteriormente en una disminución en la producción.

De acuerdo a la extracción total del cultivo, tanto en la parte aérea como en el tubérculo, la cual alcanzó a 170 kilos de N/ha y considerando el rendimiento obtenido por el tratamiento sin nitrógeno de 50,3 toneladas, se establece que la demanda de nitrógeno por tonelada de producción alcanzó a 3,4 kilos de N/ton.

En relación a los tratamientos con nitrógeno, los cuales alcanzaron en promedio un rendimiento de 55,1 toneladas y una absorción promedio de 228 kilos de N, la demanda total de nitrógeno calculada fue de 4,1 kilos de N/ton. Estos resultados concuerdan con lo señalado por Dean (1994) quien señala que la demanda de nitrógeno en papa varía entre 3,0 y 5,3 kilos de N/ha. Estos resultados son similares a los publicados por Rodríguez (1993) quien ha señalado que la demanda de N es de 4,3 kilos de N/ton. A su vez, Contreras, (2002), señala que la extracción de N varía entre 4,5 y 5,9 kilos de N/ton., rango que no se encuentra dentro de los resultados obtenidos en el presente ensayo.

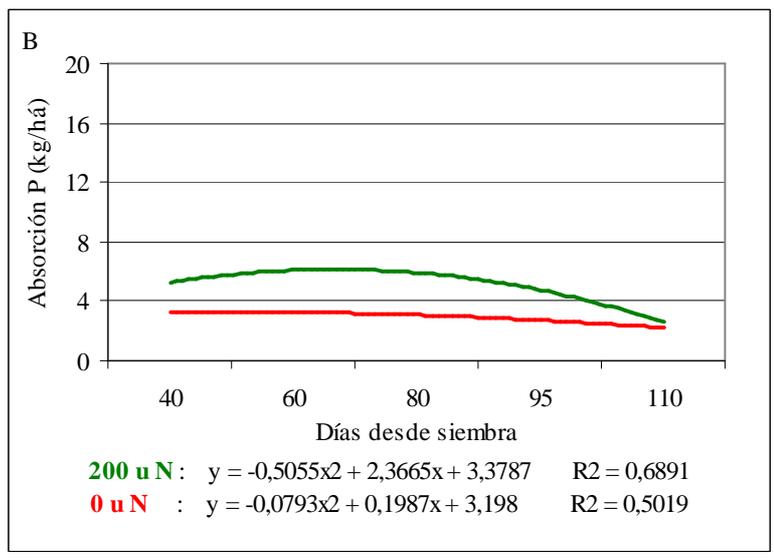
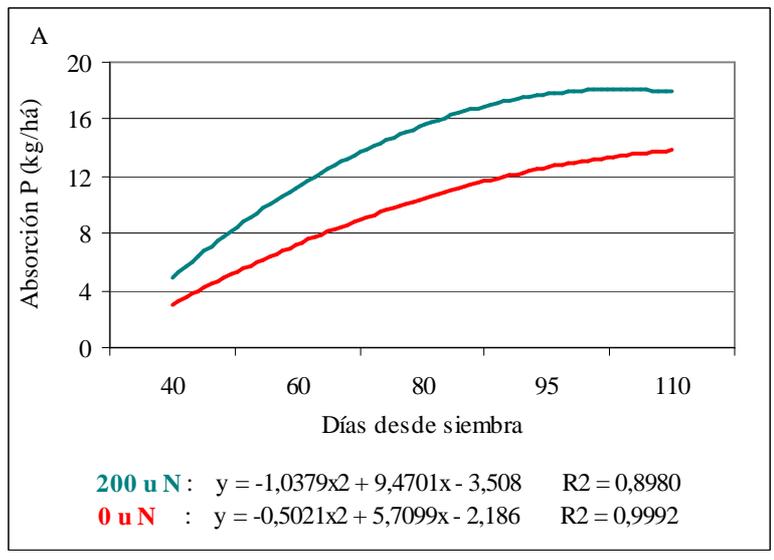
A la cosecha, los tubérculos extrajeron 3,2 kilos de N/ton, lo cual está dentro del rango señalado por Harris (1992) y Dean (1994) quienes señalan que la extracción de los tubérculos

varía entre 2,4 y 4,2 kilos de N/ton y concuerda con la extracción señalada por Contreras, (2002) que señala una demanda de 3,2 Kg./ton.

4.3.2 Comportamiento del Fósforo. Los resultados para absorción de fósforo en la planta entera, en la parte aérea y en los tubérculos se presentan en la Figura 2. Como se observa, el modelo matemático obtenido se ajusta a los valores obtenidos en cada una de las etapas de muestreo, lo que queda reflejado en coeficientes de determinación entre 0,90 y 1,00 para la planta entera, entre 0,50 y 0,69 para la parte aérea y entre 0,96 y 0,99 para los tubérculos.

La tasa de absorción de P en el cultivo de papa, en el presente ensayo, mostró que transcurridos 40 días después de la siembra, es decir a de inicio de tuberización, es baja, absorbiéndose aproximadamente un 27 % del total del fósforo. Sin embargo este valor incrementa hasta aproximadamente los 80 días, alcanzando un 37 % del fósforo total absorbido por la planta de papa (Figura 2B). A partir de esta etapa se observa una clara declinación del P acumulado en la parte aérea, el cual se ha translocado progresivamente a los tubérculos y raíces de la planta. Este efecto también fue descrito por Carpenter, Soltanpour y Mc Cullum, citados por Muga, (1990).

A los 110 días después de la siembra la cantidad de P que permanece en la parte aérea, es de un 17 % del total del fósforo absorbido. Por esto, a pesar de que se observa una disminución de la absorción total de fósforo de la parte aérea, no se aprecia un descenso en el ritmo de absorción total de la planta (Figura 2 A), este efecto de translocación ha sido ampliamente establecido por varios autores, tales como Kleinkopf et. al. (1981) y Greenwood y Draycott (1985). El ritmo de absorción de fósforo, descrito en el presente ensayo, no coincide con lo determinado por Pulpeiro (1981), quién señala que la mayor absorción de fósforo en el cultivar Desiré, para la provincia de Cautín, ocurre entre los 30 y 45 después de la emergencia, siendo sostenida la absorción y translocación de fósforo hacia los tubérculos a partir del día 20 hasta los 90 días después de la emergencia, etapa que coincide con la caída total de las hojas.



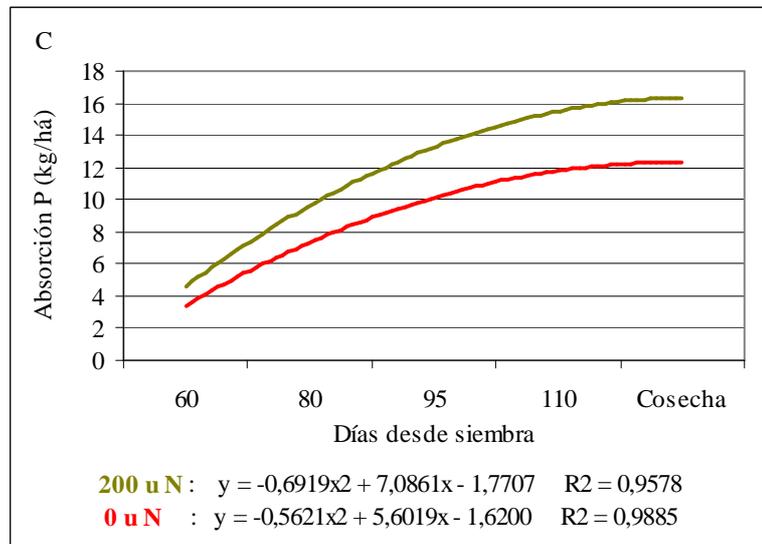


Figura 2. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno sobre la absorción de fósforo en un cultivar de papa Desirée (0 u N y X 200 u N). Absorción planta entera (A). Absorción en parte aérea de la planta (B). Absorción en tubérculos (C).

En los tubérculos, en cambio, la absorción alcanza aproximadamente a un 22% transcurridos 60 días desde la siembra, acumulándose progresivamente a medida que avanza el desarrollo del cultivo. A los 80 días después de la siembra el P acumulado en el tubérculo alcanza aproximadamente un 60 % del total de P absorbido por el cultivo (Figura 2C). Al iniciarse la tuberización, esta absorción es mínima, la que va aumentando hasta llegar a más del 80% del fósforo total en el momento de la cosecha. La absorción de fósforo, por los tubérculos, aumenta a medida que éstos aumentan de tamaño, hacia el final del ciclo de crecimiento de la planta (Smith; Montaldo, citados por Muga, 1990).

De acuerdo a la extracción total del cultivo, tanto en la parte aérea como en el tubérculo, la cual alcanzó a 14 kilos de P/ha y considerando el rendimiento obtenido por el tratamiento sin nitrógeno de 50,3 toneladas, se establece que la demanda de fósforo por tonelada de producción alcanzó a 0,27 kilos de P/Ton.

En relación a los tratamientos con nitrógeno, los cuales alcanzaron en promedio un rendimiento de 55,1 toneladas y una absorción promedio de 18.6 kilos de P, la demanda total de fósforo calculada fue de 0,34 kilos de P/ton. A la cosecha, los tubérculos extrajeron 0.3 kilos de P/ton, lo cual difiere del rango señalado por Harris (1992) y Dean (1994) quienes señalan que la extracción de los tubérculos varía entre 0,5 y 0,9 kilos de P por tonelada.

Estos resultados también difieren con lo señalado por Rodríguez (1993), quien señala que la demanda de P para el cultivo de papa es de 0,48 kilos de P/ton. A su vez, (Dean 1994) ha señalado que la demanda de fósforo en papa varía entre 0,6 y 1,1 kilos de P/ha.

Se aprecia que comparativamente con nitrógeno y potasio, el fósforo no es demandado en grandes cantidades por el cultivo (Fernández, Chahuán, citados por Muga 1990); asimismo, no es acumulado en grandes cantidades en los tubérculos, sino que en el follaje, representando un inferior porcentaje de acumulación en la planta de papa con respecto al nitrógeno y al potasio.

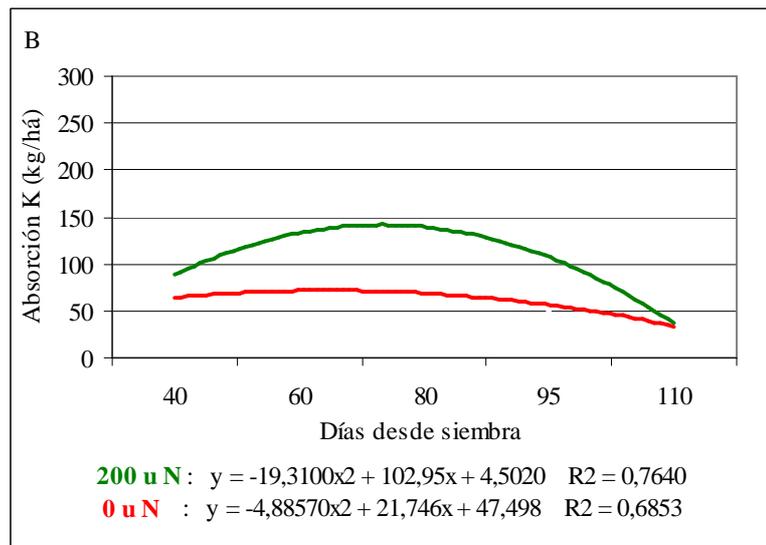
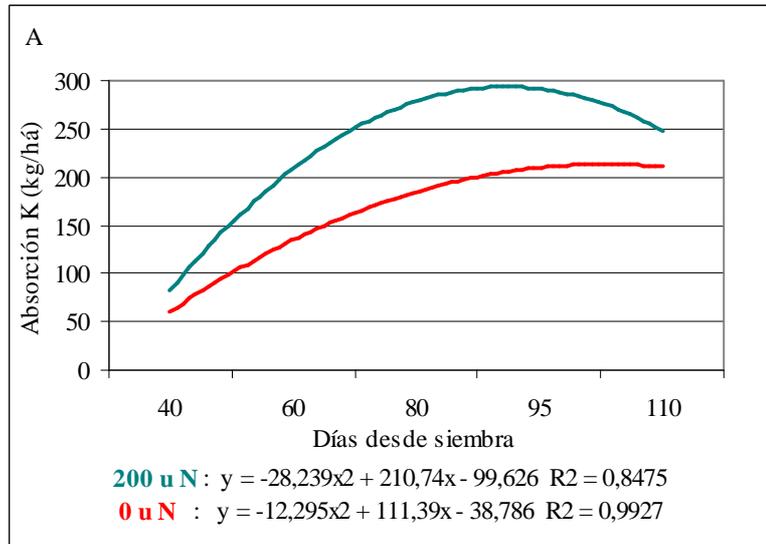
4.3.3 Comportamiento del Potasio.

Los resultados para absorción de potasio en la planta entera, en la parte aérea y en los tubérculos se presentan en la Figura 3. Como se observa, el modelo matemático obtenido se ajusta a los valores obtenidos en cada una de las etapas de muestreo, lo que queda reflejado en coeficientes de determinación entre 0,85 y 0,99 para la planta entera, entre 0,69 y 0,76 para la parte aérea y entre 0,93 y 1,00 para los tubérculos.

La tasa de absorción de K en el cultivo de papa, mostró que transcurridos 40 días después de la siembra, es decir a inicio de tuberización, es baja, absorbiéndose aproximadamente un 30 % del total del potasio. Sin embargo, este valor incrementa en forma notoria hacia los 60 días, absorbiéndose aproximadamente un 54 % del total de potasio, el cual alcanza su máxima absorción en la parte aérea a los 80 días después de la siembra (Figura 3 B). Este período coincide con la máxima acumulación de materia seca; produciéndose a partir de esta fecha una disminución del potasio en la parte aérea dada su translocación a los tubérculos. A los 80 días, los tratamientos que incluían N, acumularon en la parte aérea aproximadamente un 60% del total del K absorbido por el cultivo. A los 110 días después de la siembra la cantidad de K que permanece en la parte aérea es de un 19 % del total absorbido.

Estos resultados difieren a los obtenidos por Muga (1990), quién señala que a inicio de tuberización, la parte aérea ha absorbido un 83% del K total, para luego comenzar a disminuir.

De acuerdo a la extracción total del cultivo, tanto en la parte aérea como en el tubérculo, la cual alcanzó a 211 kilos de N/ha y considerando el rendimiento obtenido por el tratamiento sin nitrógeno de 50,3 toneladas, se establece que la demanda de potasio por tonelada de producción alcanzó a 4,2 kilos de K/ton.



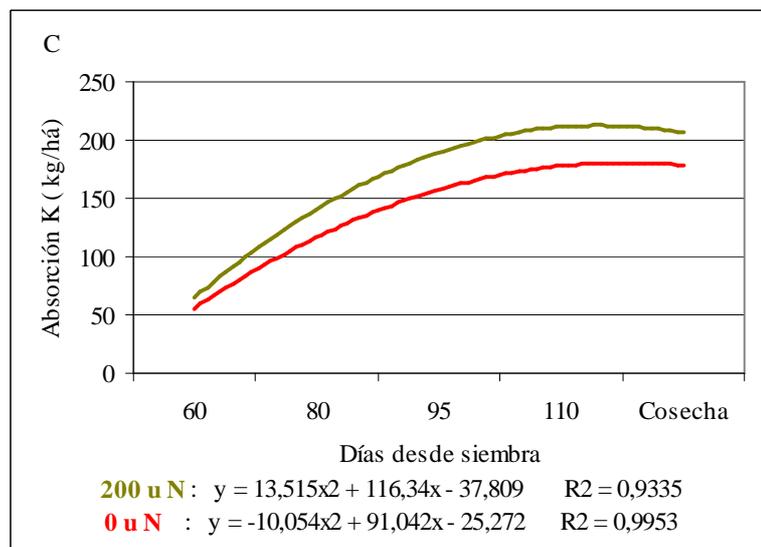


Figura 3. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno sobre la absorción de potasio en un cultivar de papa Desirée (0 u N y X 200 u N). Absorción planta entera (A). Absorción en parte aérea de la planta (B). Absorción en tubérculos (C).

En los tubérculos, en cambio, la absorción alcanza aproximadamente a un 21% transcurrido 60 días desde la siembra, acumulándose progresivamente a medida que avanza el desarrollo del cultivo. A los 80 días después de la siembra el K acumulado en el tubérculo alcanza aproximadamente un 62 % del total del K absorbido por el cultivo (Figura 3C).

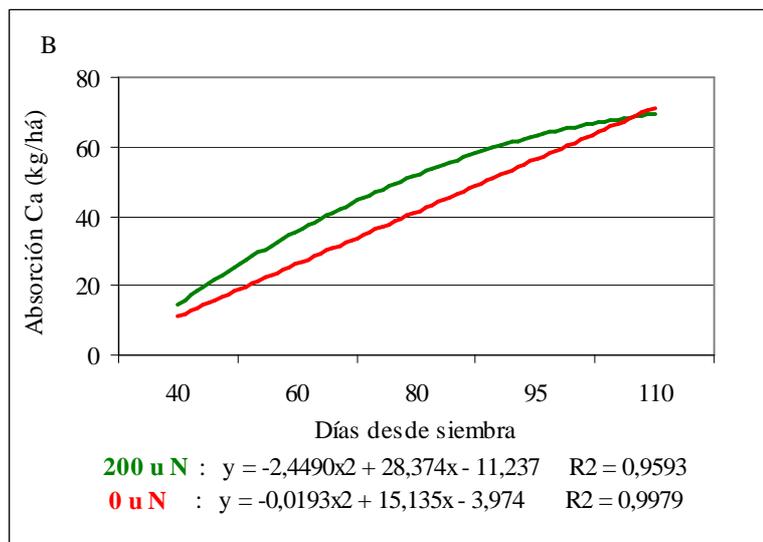
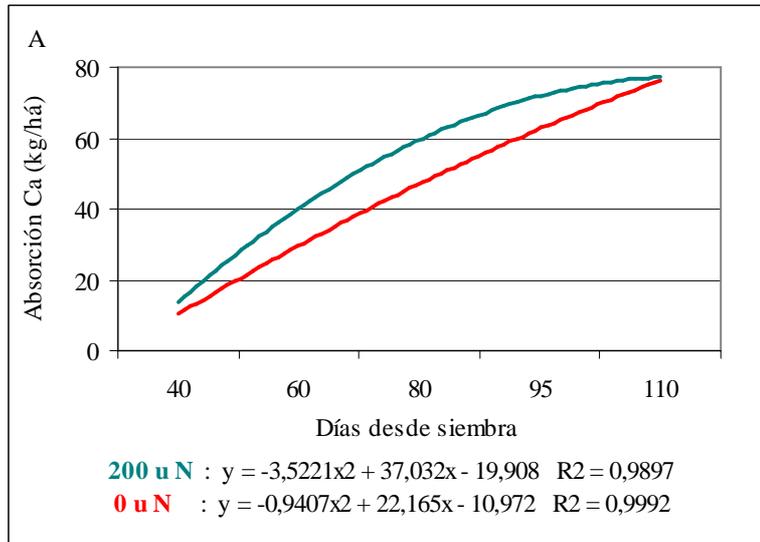
En relación a los tratamientos con nitrógeno, los cuales alcanzaron en promedio un rendimiento de 55,1 toneladas y una absorción promedio de 266 kilos de K, la demanda total de potasio calculada fue de 4,8 kilos de K/ton. Este resultado no concuerda con lo señalado por Contreras (2002), que establece una demanda de 5,3 kilos de K/ton. A su vez, Dean (1994) ha señalado que la demanda de potasio en papa varía entre 7,4 y 9,8 kilos de K/ton

A la cosecha, los tubérculos extrajeron 3,8 kilos de K/ton, lo cual está cercano al rango señalado por Harris (1992) y Dean (1994) quienes señalan que la extracción de los tubérculos varía entre 3,9 y 5,2 kilos de K por tonelada. Estos resultados son similares a los publicados por Rodríguez (1993) quien ha señalado que la demanda de K es de 3,7 kilos de K/ton.

4.3.4 Comportamiento del Calcio.

Los resultados para absorción de calcio en la planta entera, en la parte aérea y en los tubérculos se presentan en la Figura 4. Como se observa, el modelo matemático obtenido se ajusta a los valores obtenidos en cada una de las etapas de muestreo, lo que queda reflejado en coeficientes de determinación entre 0,99 y 1,00 para la planta entera, entre 0,96 y 1,00 para la parte aérea y entre 0,64 y 0,74 para los tubérculos.

La tasa de absorción de Ca en el cultivo de papa, en el presente ensayo, mostró que transcurridos los primeros 40 días después de la siembra, es decir a inicio de la tuberización, es baja, absorbiéndose aproximadamente un 15 % del total del calcio.



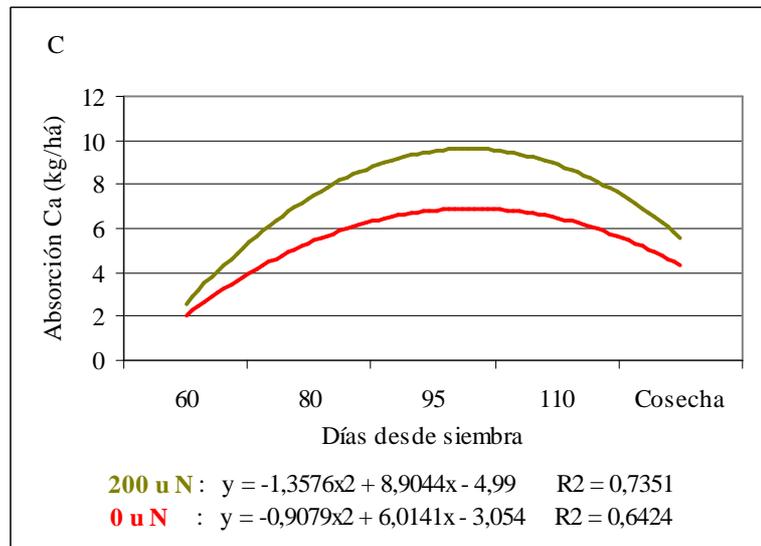


Figura 4. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno sobre la absorción de calcio en un cultivar de papa Desirée (0 u N y X 200 u N). Absorción planta entera (A). Absorción en parte aérea de la planta (B). Absorción en tubérculos (C).

Sin embargo, este valor incrementa marcadamente hacia los 60 días, absorbiéndose aproximadamente un 55% del total de calcio, el cual alcanza su máxima absorción en la parte aérea a los 110 días después de la siembra (Figura 4 A)

A los 80 días, los tratamientos que incluían N, acumularon en la parte aérea aproximadamente un 60% del total del N absorbido por el cultivo. A los 110 días después de la siembra la cantidad de Ca alcanza a un 90% del total absorbido por la planta (Figura 4B).

En los tubérculos, en cambio, transcurridos 60 días desde la siembra, la absorción es mínima, acumulándose sólo un 2% del Ca total absorbido. A los 80 días después de la siembra el Ca acumulado en el tubérculo alcanza aproximadamente un 13 % del total del Ca absorbido por el cultivo. (Figura 4C)

De acuerdo a la extracción total del cultivo, tanto en la parte aérea como en el tubérculo, la cual alcanzó a 77 kilos de Ca/ha y considerando el rendimiento obtenido por el tratamiento sin nitrógeno de 50,3 toneladas, se establece que la demanda de calcio por tonelada de producción alcanzó a 1,5 kilos de Ca/ton.

En relación a los tratamientos con nitrógeno, los cuales alcanzaron en promedio un rendimiento de 55,1 toneladas y una absorción promedio de 78 kilos de Ca, la demanda total de calcio calculada fue de 1,4 kilos de Ca/ton. A la cosecha, los tubérculos extrajeron 0,1 kilos de Ca/ton, lo cual esta dentro del rango señalado por Harris (1992) y Dean (1994) quienes señalan que la extracción de los tubérculos varía entre 0,07 y 0,20 kilos de Ca por tonelada. Según Contreras (2002), para una tonelada de tubérculos la extracción sería de 0.2 Kg. de Ca/ha. A su vez, Dean (1994) ha señalado que la demanda de calcio en papa varía entre 0,10 y 0,15 kilos de Ca/ha.

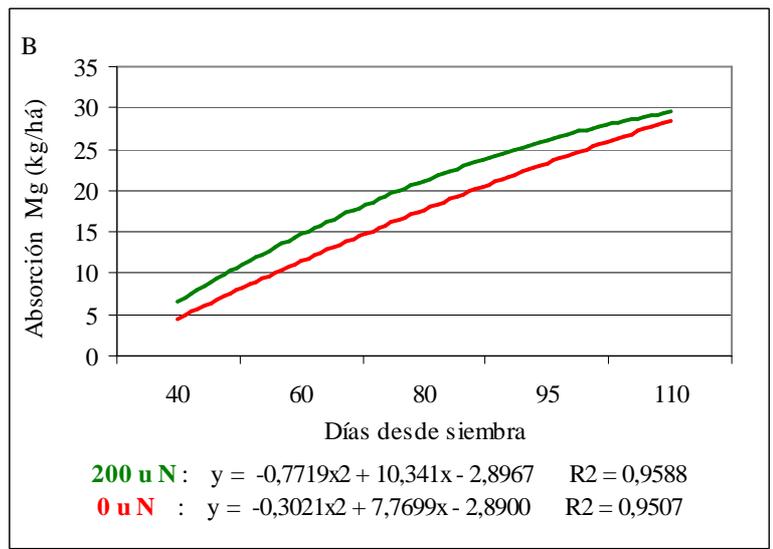
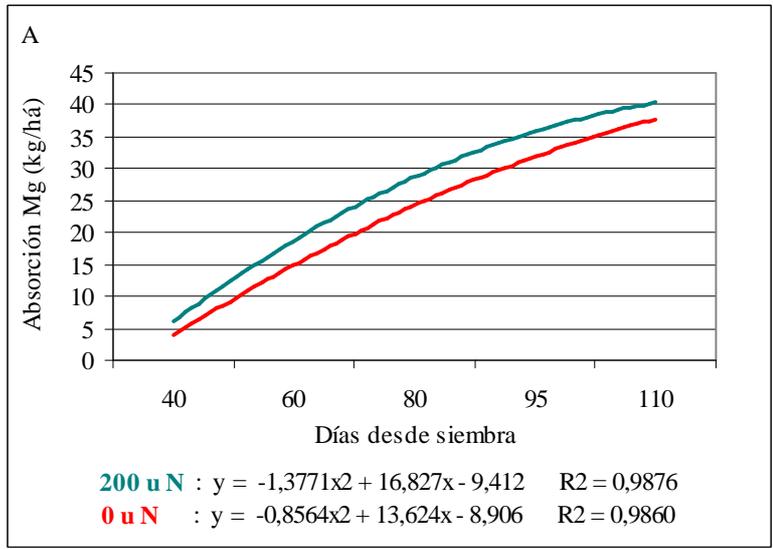
4.3.5 Comportamiento del Magnesio.

Los resultados para absorción de magnesio en la planta entera, en la parte aérea y en los tubérculos se presentan en la Figura 5. Como se observa, el modelo matemático obtenido se ajusta a los valores obtenidos en cada una de las etapas de muestreo, lo que queda reflejado en coeficientes de determinación de 0,99 para la planta entera, entre 0,95 y 0,96 para la parte aérea y entre 0,88 y 0,99 para los tubérculos.

La tasa de absorción del Mg en el cultivo de papa, en el presente ensayo, mostró que transcurridos 40 días después de la siembra, es decir a de inicio de tuberización, es baja, absorbiéndose aproximadamente un 15% del total del magnesio. Sin embargo, este valor incrementa notoriamente hacia los 60 días, absorbiéndose aproximadamente un 42 % del total de magnesio. A partir de esa etapa se observa un claro incremento en la absorción del magnesio acumulado en la parte aérea de la planta, el cual alcanza su máxima absorción a los 110 días después de la siembra con un 74 % del Mg total absorbido. A los 80 días, los tratamientos que incluían N, acumularon en la parte área aproximadamente un 70 % del total del Mg absorbido por el cultivo (Figura 5B)

En ensayos realizados por Sierra et al.,(2002), se encontró que la máxima absorción de Mg por el cultivo fue a los 77 días alcanzando prácticamente el 90% de la absorción total, lo cual difiere con los resultados obtenidos en el presente ensayo.

En los tubérculos, en cambio, la absorción alcanza aproximadamente a un 6 % transcurrido los primeros 60 días desde la siembra, acumulándose progresivamente a medida que avanza el desarrollo del cultivo. A los 80 días después de la siembra el Mg acumulado en el tubérculo alcanza aproximadamente un 21 % del total del N absorbido por el cultivo, alcanzando la máxima absorción a los 110 días con un 27% del total absorbido (Figura 5C).



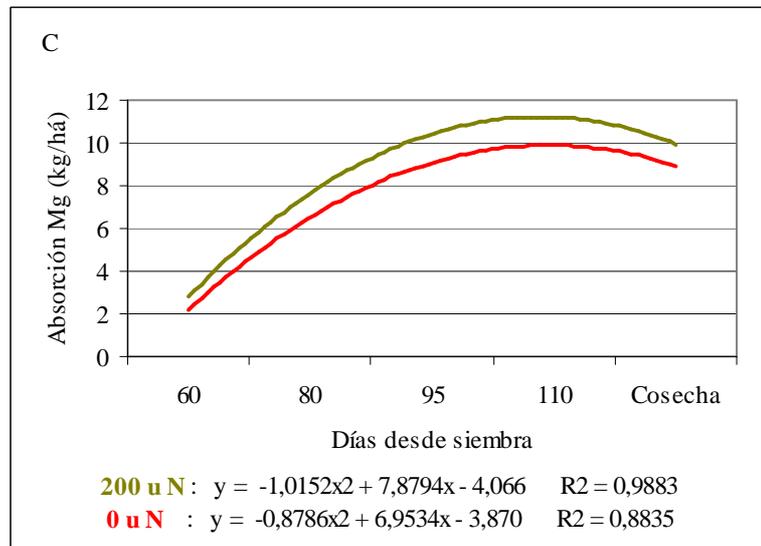


Figura 5. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno sobre la absorción de magnesio en un cultivar de papa Desirée (0 u N y X 200 u N). Absorción planta entera (A). Absorción en parte aérea de la planta (B). Absorción en tubérculos (C).

De acuerdo a la extracción total del cultivo, tanto en la parte aérea como en el tubérculo, la cual alcanzó a 38 kilos de Mg/ha y considerando el rendimiento obtenido por el tratamiento sin nitrógeno de 50,3 toneladas, se establece que la demanda de magnesio por tonelada de producción alcanzó a 0,75 kilos de Mg/Ton.

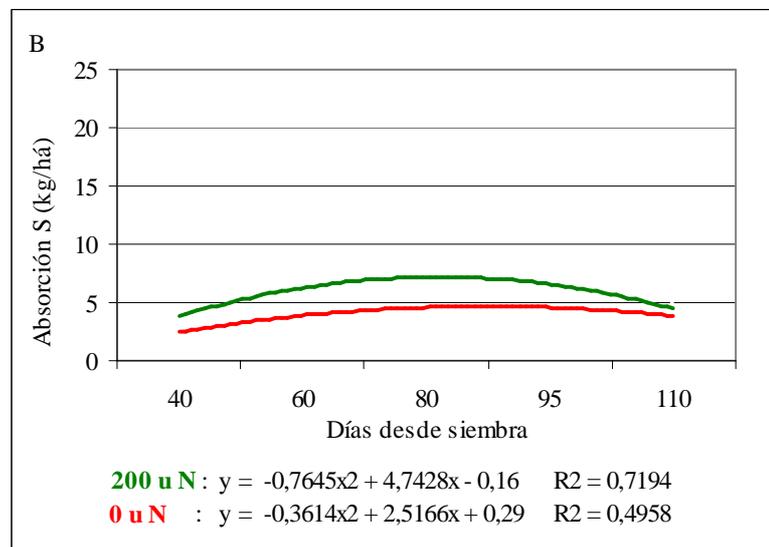
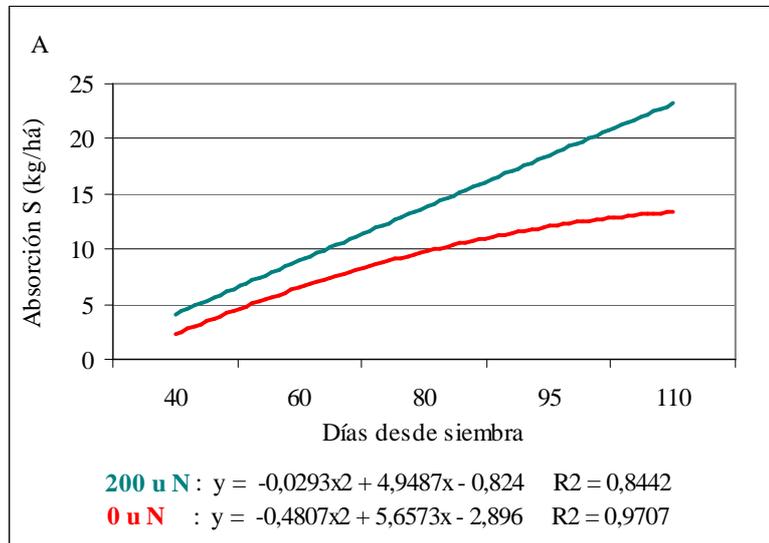
En relación a los tratamientos con nitrógeno, los cuales alcanzaron en promedio un rendimiento de 55,1 toneladas y una absorción promedio de 40 kilos de Mg/ha, la demanda total de magnesio calculada fue de 0,72 kilos de Mg/ton.

A la cosecha, los tubérculos extrajeron 0,2 kilos de Mg/ton, lo cual esta dentro del rango señalado por Harris (1992) y Dean (1994) quienes señalan que la extracción de los tubérculos varía entre 0,13 y 0,40 kilos de Mg por tonelada. A su vez, Dean (1994) ha señalado que la demanda de magnesio en papa varía entre 0,25 y 0,45 kilos de Mg/ha.

En ensayos realizados por Sierra et al., (2002), se encontró que la absorción total en los tubérculos fue de 18 kg/ha, alcanzando una demanda de 0,2 kg Mg/ha para un rendimiento de 94 ton/ha, lo que coincide con los resultados obtenidos en el presente ensayo.

4.3.6 Comportamiento del Azufre.

Los resultados para absorción de azufre en la planta entera, en la parte aérea y en los tubérculos se presentan en la Figura 6. Como se observa, el modelo matemático obtenido se ajusta a los valores obtenidos en cada una de las etapas de muestreo, lo que queda reflejado en coeficientes de determinación entre 0,84 y 0,97 para la planta entera, entre 0,50 y 0,72 para la parte aérea y entre 0,88 y 0,98 para los tubérculos.



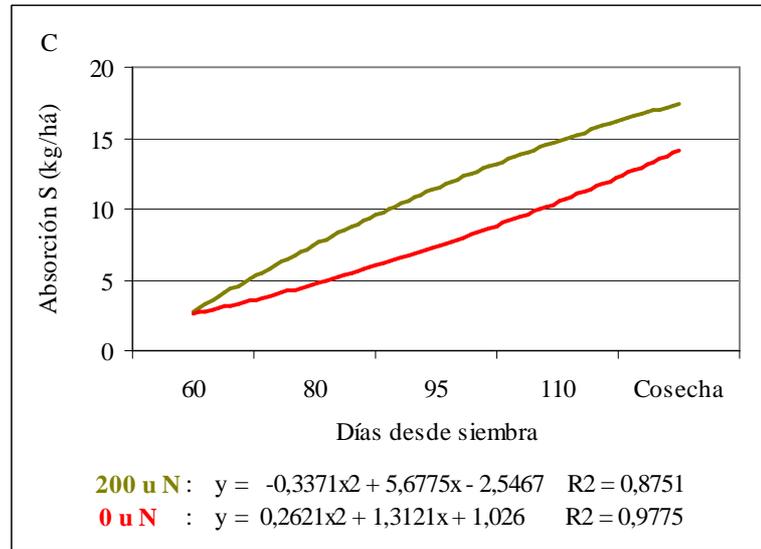


Figura 6. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno sobre la absorción de azufre en un cultivar de papa Desirée (0 u N y X 200 u N). Absorción planta entera (A). Absorción en parte aérea de la planta (B). Absorción en tubérculos (C).

La tasa de absorción de S en el cultivo de papa, en el presente ensayo, mostró que transcurridos 40 días después de la siembra, es decir a de inicio de tuberización, es baja, absorbiéndose aproximadamente un 13% del total del azufre. Sin embargo este valor incrementa hacia los 60 días, absorbiéndose aproximadamente un 28 % del total del azufre, el cual alcanza su máxima absorción en la parte aérea a los 80 días después de la siembra. A los 80 días, los tratamientos que incluían N, acumularon en la parte área aproximadamente un 31 % del total del S absorbido por el cultivo. A partir de esa etapa se observa una clara declinación del S acumulado en la parte aérea, el cual se ha translocado progresivamente a los tubérculos. A los 110 días después de la siembra la cantidad de S que permanece en la parte aérea es de un 20 % del total del azufre absorbido (Figura 6 B)

En los tubérculos, en cambio, la absorción es mínima transcurridos los primeros 60 días desde la siembra, alcanzando un 9% del azufre total absorbido. A partir de esa etapa se observa un incremento en la absorción donde a los 80 días después de la siembra, el S acumulado en el tubérculo alcanza aproximadamente un 38 % del total del S absorbido por el cultivo, alcanzando su máxima absorción el día 110 con un 67% (Figura 6 C).

De acuerdo a la extracción total del cultivo, tanto en la parte aérea como en el tubérculo, la cual alcanzó a 14 kilos de S/ha y considerando el rendimiento obtenido por el tratamiento sin nitrógeno de 50,3 toneladas, se establece que la demanda de azufre por tonelada de producción alcanzó a 0,27 kilos de S/Ton.

En relación a los tratamientos con nitrógeno, los cuales alcanzaron en promedio un rendimiento de 55,1 toneladas y una absorción promedio de 25 kilos de S, la demanda total de azufre calculada fue de 0,46 kilos de S/ton. A la cosecha, los tubérculos extrajeron 0,3 kilos de S/ton, lo cual esta dentro del rango señalado por Harris (1992) y Dean (1994) quienes señalan que la extracción de los tubérculos varía entre 0,21 y 0,48 kilos de S por tonelada. Según Tisdale et. al., (1985), la extracción es de 0,41 kg S/ton.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, para las condiciones en las que fue realizado el ensayo, se pueden extraer las siguientes conclusiones generales:

- No se produjeron diferencias significativas en los rendimientos para las distintas dosis de nitrógeno estudiadas. A su vez, el calibre de los tubérculos no se vio afectado por las dosis de nitrógeno utilizadas.
- La absorción total de nutrientes durante los primeros sesenta días, es decir, a la mitad del período vegetativo del cultivo, alcanzó a un 65, 55, 75, 57, 50 y 37 por ciento para N, P, K, Ca, Mg y S respectivamente.
- La demanda total de nutrientes por tonelada de tubérculos producidos alcanzó, para el tratamiento sin nitrógeno a 3,4 kg de N; 0,27 kg de P; 4,2 kg de K; 1,5 kg de Ca; 0,75 kg de Mg y 0,27 kg de S.
- La demanda total de nutrientes por tonelada de tubérculos producidos, para los tratamientos con nitrógeno alcanzó a 4,2 kg de N; 0,30 kg de P; 4,84 kg de K; 1,4 kg de Ca; 0,72 kg de Mg y 0,46 kg de S.

6. RESUMEN

Con el propósito de evaluar el efecto de diferentes dosis de aplicación de Nitrógeno sobre el rendimiento, calibre y absorción de nutrientes en la parte aérea y en el tubérculo de un cultivar de papa variedad Desirée (*Solanum tuberosum L.*), se diseñó un ensayo de campo en un suelo Andisol de la IX Región, durante la temporada agrícola 2002-2003.

En dicho estudio se comparó el efecto de cuatro dosis de nitrógeno: 0, 100, 200 y 300 u N/ha aplicadas a la siembra y a inicio de tuberización. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar y con cuatro repeticiones.

En diferentes estados fenológicos se determinó la absorción de N, P, K, Ca, Mg y S en la parte aérea y en el tubérculo. A la cosecha junto con determinar el rendimiento, se determinó el calibre para cada uno de los tratamientos ensayados.

Los resultados obtenidos no mostraron diferencias significativas en los rendimientos para las diferentes dosis estudiadas. A su vez, el calibre de los tubérculos no se vio afectado por los tratamientos evaluados.

La absorción total de nutrientes durante los primeros sesenta días, es decir, a la mitad del período vegetativo, alcanzó a un 65, 55, 75, 57, 50 y 37 por ciento para N, P, K, Ca, Mg y S respectivamente.

La demanda total de nutrientes por tonelada de tubérculos producidos alcanzó, para el tratamiento sin nitrógeno a 3,4 kg de N; 0,27 kg de P; 4,2 kg de K; 1,5 kg de Ca; 0,75 kg de Mg y 0,27 kg de S. A su vez, la demanda total de nutrientes por tonelada de tubérculos producidos, para los tratamientos con nitrógeno alcanzó a 4,2 kg de N; 0,30 kg de P; 4,84 kg de K; 1,4 kg de Ca; 0,72 kg de Mg y 0,46 kg de S.

7. SUMMARY

In order to evaluate the effect of application of different doses of nitrogen on the yield, caliber and nutrient absorption in both the exposed part and the tubers on a crop of potatoes, variety Desirée (*Solanum tuberosum L.*), a field study was designed on Andisol land in the IXth Region of Chile, during the 2002-2003 season.

In this study, a comparison was made of the effects of four doses of nitrogen: 0, 100, 200 and 300 u N/ha applied at sowing and at the start of tuber formation. The experiment design was in blocks selected completely at random and with four repetitions.

The absorption of N, P, K, Ca, Mg and S in both the exposed part and the tubers was measured at different stages of phenological development. On harvesting, the yield and caliber were measured for each of the treatments in the experiment.

The results obtained did not show significant differences in the yields for the different doses studied. At the same time, the caliber of the tubers was not affected by the treatments studied.

The total absorption of nutrients during the first sixty days, i. e. half the growing period, was of 65, 55, 75, 57, 50 and 37 percent for N, P, K, Ca, Mg and S respectively.

The total demand for nutrients per ton of tubers produced, for the treatment without nitrogen, was 3,4 kg of N; 0,27 kg of P; 4,2 kg of K; 1,5 kg of Ca; 0,75 kg of Mg and 0,27 kg of S. For the treatments with nitrogen, the total demand for nutrients per ton of tubers produced was, 4,2 kg of N; 0,30 kg of P; 4,84 kg of K; 1,4 kg of Ca; 0,72 kg of Mg and 0,46 kg of S.

8. LITERATURA CITADA

Aldana, J; Fuentes, T.; Catalán, Z.; Borie, F. 1987. Cambios en las formas de fósforo en los suelos volcánicos, como consecuencia de la fertilización prolongada. En V Simposio nacional de la ciencia del suelo, Valparaíso, Chile. 131 – 135.

Al Soboh, G, Sully. R, Hopkins. H. 2000. Mecanismos para incrementar el número de tubérculos. Australian Potato Research, Development and Technology Transfer Conference. Adelaide, Australia.

Buhmann,C. 1993. K fixing phyllosilicates in soils, the role of herieted components. Journal of Soil Science 44: 347-360p.

Bergmann,W. 1992. Nutritional Disorders of plants. Gustav Fischer Verlag, New York.

Borie, F. 1986. Acción de los microorganismos del suelo sobre los materiales fosfatados. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Boletín n° 6.43-89p.

Cakmak, I. y Marschner, H. (1992). Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves. Plant physiology 98, 1222-1227.

Campillo, R. 2003. Avances en el Manejo de la Fertilización Nitrogenada del Cultivo de Papa. Seminario “Avances en Producción de Papa en la IX Región”. INIA Carillanca, Temuco, Chile.

Contreras, A y Silva, B.1986. Uso del estiércol como complemento de la fertilización mineral en la papa. Agro Análisis. 21: 9-12p.

Contreras, A. 2002. "Nutrición de la papa con énfasis en potasio". Tercer Seminario Internacional de la papa. Medellín, Colombia.

Dean, B. 1994. Managing the potato production system. Food Products Press. New York, USA. 183p.

Domínguez, A. 1984. Tratado de Fertilización. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 595p.

Doorenbos, J. A.H: kassam., Bentvelgen, V., Branscheid, V., plusje, J., Smith, M., Vittenbogaard, G., y Van Derwal, HK. 1986. Yield response to water. Food and agriculture Organization of the United Nations. Irrigation and Drainage paper. N° 33.

Eslami, S., Lee, G. y Schmehl, W. 1988. Nutrient concentrations in sugar beet senescing leaves during the season and in six plant harvest. Journal of sugar beet Research.

Gauna, M. 2000. Utilización y determinación de parámetros del Método Racional de Fertilización para el N-P-Mg en el cultivo de la papa. Universidad Austral. Valdivia, Chile. 96 p.

Garrett, K.A y Dendy, S.P. 2001. Prácticas Culturales para el Manejo del Tizón Tardío de la Papa. Proceedings of the International Workshop on Complementing Resistance to Late Blight in The Andes. International Potato Center, Lima, Perú. P. 111-118.

Greenwood, D. Y Draycott, A. 1995. Modelling uptake of nitrogen, phosphate and potassium in relation to crop growth models. Ed. Kabat, P.; van den Broek, B.; Vos, J. Y van Keulen, H. Wagening, Neederlands. 512 p.

Grimme, H. 1997. Importance of Magnesium in agriculture. BASF Agric. News, 3, 7-9.

Guerrero, R., Montenegro, V. And Ross, M. 2000 Fertilización con Mg, para más y mejores rendimientos en papa. *Papas Colombianas* 3, 1-2, 96-99.

Harris, P. 1992. Mineral nutrition 162 – 213p. In: Harris, P (ed) *The potato crop*. Second edition. Chapman and Hall, London, England. 909p.

Imas, P., Bansal, S.K. 1999. Potassium and Integrated Nutrient Management in Potato. Presented at the Global Conference on Potato. New Delhi, India.

Joern, B.C. and Vitosh, M.L. 1995. Influence of applied nitrogen on potato II. Recovery and partitioning of applied nitrogen. *American Potato Journal*. Vol 72. p. 73-84.

Kalazich, J. 1993. “Nuevas variedades de papa, objetivos, aptitudes y usos”. Seminario manejo Agronómico del cultivo de papa y las perspectivas del mercado. Temuco, Chile.

Kleinkopf, G.; Westermann, D. y Dwelle, R. 1981. Dry matter production and nitrogen fertilization by six potato cultivars. *Agronomy Journal* 73: 799-803 p.

Lauchli, A and Bielecki, R. 1983. *Inorganic plant nutrition*. Germany. Springer- Verlag, Berlin-Heidelberg. 870p.

Locazcio, S.J; Bartz, J.A.; Weingartner, D.P. 1992. Calcium and potassium fertilization of potatoes grown in North Florida. *American Potato Journal*. Vol 69: 95-104p.

Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd edition. Academic Press. London.

Martin-Prevel, P.J. 1993 Physiological processes related to handling and storage quality of crops. In: *Proceedings of the 21 st IPI Colloquium on: Methods of K Research in Plants*. Belgium. IPI, Bern, Switzerland. p.219-248.

Mengel, K. ; E.A. Kirkby. 1987. Potassium in “ Principles of Plant Nutrition” I.P.I Bern, Switzerland. Chapter 10: 427-453 p.

Mengel, K. ; Rahmatullah. 1994. Exploitation of K by various crops species from primary minerals in soils rich in micas. Biol. Fertili. Soils vol. 17: 75-79 p.

Montaldo, A. 1984. Cultivo y mejoramiento de la papa. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica. 676p.

Muga, J. A. 1990. Ritmo de crecimiento, absorción de macronutrientes primarios y sus relaciones nutricionales en el cultivo de la papa. Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral. Valdivia, Chile. 85 p.

Natham, R. 1997. La fertilización combinada con el riego. Israel: Centro de cooperación Internacional MASHAV. 21 p.

Panike, E.; Kelling, K.A.; Schulte, E.E.; Hero,D.E.; Stevenson, W.R.; James, R.V. 1997. Potassium rate and source effects on potato yield quality and disease interaction.. American Potato Journal. Vol 74. p. 379-398.

Parra, J. 2002. Efecto de la fertilización sobre la acumulación y partición de nutrientes, de biomasa y producción de remolacha azucarera, en un suelo Andisol de la IX Región. Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Cs. Agropecuarias y Forestales. Universidad de la Frontera. Temuco, Chile. 91 p.

Pavlista, A.D. 2001. Potatoes. In Nutrient Management of Agronomic Crops in Nebraska. Eds. R.B. Ferguson and K.M. De Groot,. Nebraska, USA.

Perrenoud, S. 1993. Fertilizing for High Yield Potato. IPI Bulletin 8 2nd Edition. International Potash Institute. Basel, Switzerland.

Pinilla, H, Sanhueza, H. 2000. Fertilizantes Nitrogenados y su impacto sobre la productividad de los suelos volcánicos del sur de Chile. Compendio de investigaciones realizadas entre 1985 y 1998. Temuco, Chile. 35p.

Pulpeiro, J. 1981. Fertilización mediante el empleo de polifosfatos foliares y superfosfato triple al suelo en papas. Tesis de Grado. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. 47p.

Reuter, D.J and Robinson, J.B. 1986. Plant Analysis. An interpretation manual. Inkata Press Ltd., Melbourne, Australia.

Rodríguez, S.J. 1993. La Fertilización de los Cultivos. Un método racional. Departamento Ciencias Vegetales Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Sardi, K. ; Dobreczeni, K. 1992. Comparison of methods evaluating the plant available potassium content in soils different types on potassium levels. Comm. Soil Sci.Plant. 23; 26:13 p.

Sierra, C., Santos, J., Kalazich, J. 2002. Fertilización potásica de la papa en suelos trumaos (andisoles) de la zona sur de Chile. El sitioagricola.com

Silva, E. Y Rodriguez, S. 1984. Fertilización del cultivo de la papa. Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, Depto. de Ciencias Vegetales. Boletín n° 3. 23p.

Tandon, H.L.S. 1991. Sulphur research and agricultural production in India. Third edition. The Sulphur Institute, Washington D.C., 144 p.

Tisdale, S.W.; Nelson, W.L. y Beaton, J.D. 1985. Soil fertility and fertilizers. Fourth Edition. Macmillan Publishing Co. Inc. New York. USA.754p.

Tisdale, S.W.; Nelson, W.L. y Beaton, J.D. y Havli, J.L. 1993. Soil fertility and fertilizers. Fifth Edition. Macmillan Publishing Co. Inc. New York. USA.634p.

Van Der Zaag, P. 1986. Necesidades de Fertilidad de suelos para la producción de papas. In: Boletines de Información Técnica del Centro Internacional de la papa. Lima, Perú.21p.

Westermann, D.T and Davis, J.R. 1992. Potato nutritional management changes and challenges into the next century. American potato journal. Vol. 69, p. 753-767.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para los rendimientos obtenidos en un cultivar de papa Desirée.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
Rep.	3	436,26	145,419	5,79	0,17
A	3	72,2	24,067	0,96	n.s
error	9	225,93	25,103		

Coeficiente de variación: %

n.s: no significativo.

**Anexo 2. Efecto de diferentes dosis de N sobre el rendimiento de un cultivar de papa Desirée.
Valores expresados en ton/ha.**

TRATAMIENTO	I	II	III	IV	PROMEDIO
0 u Nitrógeno	44,5	44,3	55,0	57,5	50,3
100 u Nitrógeno	41,5	56,0	55,3	68,5	55,3
200 u Nitrógeno	47,3	59,8	58,8	56,8	55,7
300 u Nitrógeno	48,8	54,5	59,3	54,2	54,2

Anexo 3. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno sobre el calibre de tubérculos de un cultivar de papa Desirée.

Tratamiento	Total	Cal.menor a	%	Cal.entre	%	Cal sobre	%	Largo sobre	%
	limpio	45 mm		45/60mm		60 mm		10 cm	
0 u N	152,64	24,14	15,8	103,11	67,6	25,39	16,6	13,37	8,8
100 u N	179,92	25,42	14,1	96,27	53,5	58,23	32,4	28,21	15,7
200 u N	168,38	26,88	16	105,5	62,7	36	21,4	18,04	10,7
300 u N	174,56	19,56	11,2	92,87	53,2	62,13	35,6	29,24	16,8

Anexo 4. Absorción de nutrientes por efecto de diferentes dosis de N en la parte aérea en diferentes etapas de crecimiento del cultivo.

Materia seca en planta, % absorción de N-P-K-Ca-Mg y S por Há al día 40 después de la plantación													
Tratamiento	M.S/há	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio		Azufre	
		%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há
0 u Nitrógeno	861,30	5,14	44,27	0,36	3,10	6,68	57,53	1,21	10,42	0,53	4,56	0,26	2,24
100 u Nitrógeno	1141,30	5,40	61,63	0,45	5,14	7,05	80,46	1,22	13,92	0,56	6,39	0,28	3,20
200 u Nitrógeno	1306,30	5,60	73,15	0,44	5,75	7,03	91,83	0,89	11,63	0,52	6,79	0,30	3,92
300 u Nitrógeno	967,50	5,37	51,95	0,42	4,06	6,82	65,98	1,05	10,16	0,52	5,03	0,31	3,00
Materia seca en planta, % absorción de N-P-K-Ca-Mg y S por Há al día 60 después de la plantación													
Tratamiento	M.S/há	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio		Azufre	
		%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há
0 u Nitrógeno	1725,0	3,65	62,96	0,21	3,62	5,07	87,46	1,61	27,77	0,61	10,52	0,23	3,97
100 u Nitrógeno	2540,0	3,47	88,14	0,20	5,08	5,27	133,86	1,47	37,34	0,60	15,24	0,22	5,59
200 u Nitrógeno	2493,8	3,95	98,51	0,22	5,49	5,42	135,16	1,58	39,40	0,62	15,46	0,26	6,48
300 u Nitrógeno	3178,8	4,54	144,32	0,26	8,26	5,15	163,71	1,63	51,81	0,62	19,71	0,28	8,90
Materia seca en planta, % absorción de N-P-K-Ca-Mg y S por Há al día 80 después de la plantación													
Tratamiento	M.S/há	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio		Azufre	
		%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há
0 u Nitrógeno	1977,5	3,32	65,65	0,17	3,36	3,12	61,70	2,07	40,93	1,04	20,57	0,28	5,54
100 u Nitrógeno	2794,0	4,05	113,09	0,18	5,14	4,42	123,37	2,47	68,94	1,23	34,47	0,30	8,47
200 u Nitrógeno	2743,2	6,26	171,63	0,30	8,06	6,43	176,46	3,66	100,32	1,70	46,73	0,47	12,89
300 u Nitrógeno	3496,7	4,93	172,67	0,24	8,55	4,30	150,28	2,85	99,78	1,35	47,24	0,42	14,66

Anexo 4. Absorción de nutrientes por efecto de diferentes dosis de N en la parte aérea en diferentes etapas de crecimiento del cultivo.

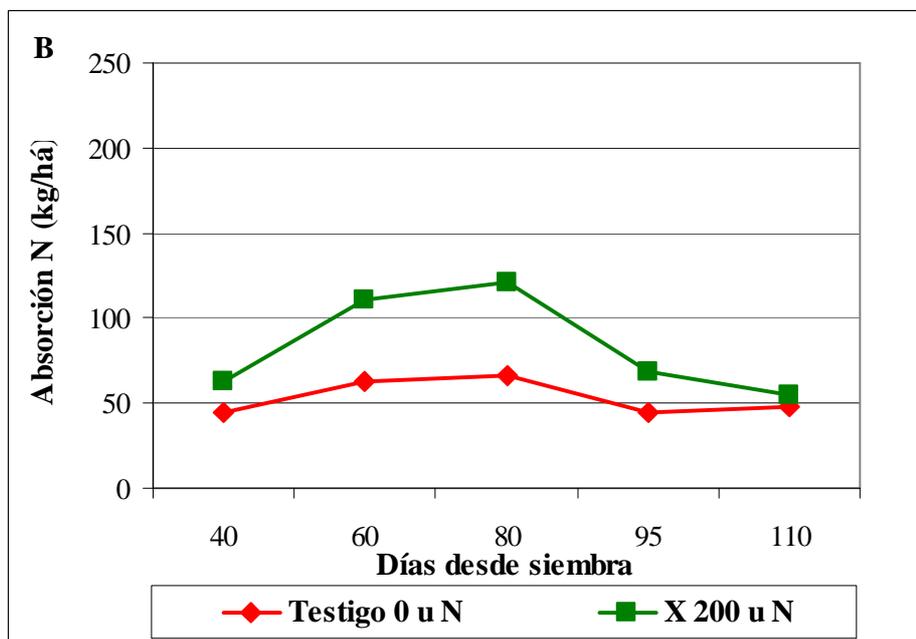
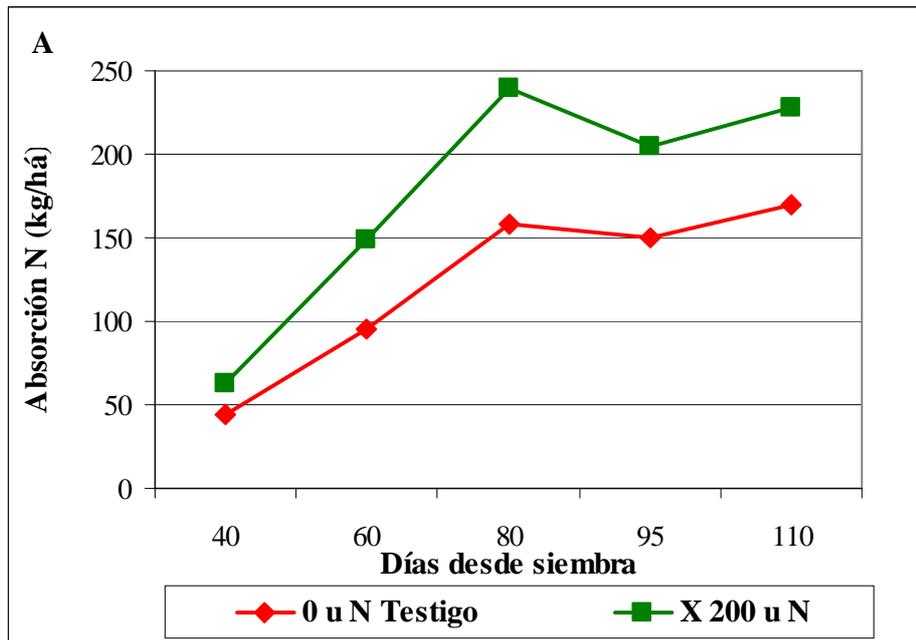
Materia seca en planta, % absorción de N-P-K-Ca-Mg y S por Há al día 95 después de la plantación													
Tratamiento	M.S/há	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio		Azufre	
		%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há
0 u Nitrógeno	2005,0	2,21	44,31	0,10	2,01	2,48	49,72	2,75	55,14	1,02	20,45	0,16	3,21
100 u Nitrógeno	2590,0	2,47	63,97	0,13	3,37	2,90	75,11	2,52	65,27	1,14	29,53	0,16	4,14
200 u Nitrógeno	2385,0	2,88	68,69	0,14	3,34	2,94	70,12	2,60	62,01	1,10	26,24	0,24	5,72
300 u Nitrógeno	2373,8	3,04	72,16	0,13	3,09	2,83	67,18	2,50	59,35	1,14	27,06	0,24	5,70
Materia seca en planta, % absorción de N-P-K-Ca-Mg y S por Há al día 110 después de la plantación													
Tratamiento	M.S/há	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio		Azufre	
		%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há
	2295,0	2,08	47,74	0,11	2,52	1,68	38,56	3,13	71,83	3,40	78,03	0,19	4,36
100 u Nitrógeno	2406,3	2,08	50,05	0,12	2,89	2,28	54,86	2,94	70,75	2,91	70,02	0,21	5,05
200 u Nitrógeno	3187,5	2,11	67,26	0,13	4,14	1,98	63,11	3,07	97,86	3,42	109,01	0,22	7,01
300 u Nitrógeno	2033,8	2,91	59,18	0,16	3,25	2,42	49,22	3,07	62,44	3,89	79,11	0,22	4,47

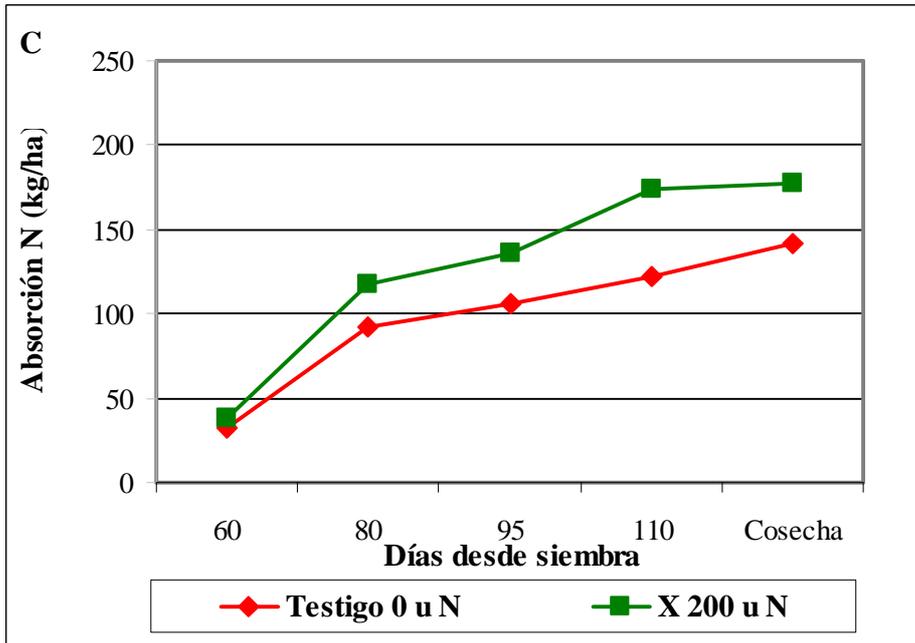
Anexo 5. Absorción de nutrientes en tubérculos por efecto de diferentes dosis de N en diferentes etapas de crecimiento del cultivo.

Materia seca en tubérculo, % absorción de N-P-K-Ca-Mg y S por Há al día 60 después de la plantación													
Tratamiento	M.S/há	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio		Azufre	
		%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há
0 u Nitrógeno	2272,4	1,41	32,04	0,15	3,41	2,43	55,22	0,05	1,14	0,10	2,27	0,10	2,27
100 u Nitrógeno	2231,3	1,52	33,92	0,16	3,57	2,22	49,53	0,05	1,12	0,11	2,45	0,10	2,23
200 u Nitrógeno	2443,9	1,55	37,88	0,17	4,15	2,31	56,45	0,06	1,47	0,10	2,44	0,09	2,20
300 u Nitrógeno	2770,7	1,53	42,39	0,16	4,43	2,30	63,73	0,06	1,66	0,10	2,77	0,09	2,49
Materia seca en tubérculo, % absorción de N-P-K-Ca-Mg y S por Há al día 80 después de la plantación													
Tratamiento	M.S/há	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio		Azufre	
		%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há
0 u Nitrógeno	6525,0	1,41	92,00	0,11	7,18	1,78	116,15	0,11	7,18	0,09	5,87	0,08	5,22
100 u Nitrógeno	7794,0	1,46	113,79	0,12	9,35	1,94	151,2	0,11	8,57	0,09	7,01	0,12	9,35
200 u Nitrógeno	10121,0	1,23	124,49	0,12	12,15	1,83	185,22	0,11	11,13	0,09	9,11	0,12	12,15
300 u Nitrógeno	9240,8	1,24	114,59	0,13	12,01	1,70	157,09	0,11	10,16	0,09	8,32	0,08	7,39
Materia seca en tubérculo, % absorción de N-P-K-Ca-Mg y S por Há al día 95 después de la plantación													
Tratamiento	M.S/há	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio		Azufre	
		%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há
0 u Nitrógeno	9680,6	1,09	105,52	0,11	10,65	1,67	1.61.67	0,07	6,78	0,11	10,65	0,08	7,74
100 u Nitrógeno	9833,5	1,22	119,97	0,12	11,80	1,67	164,22	0,08	7,87	0,11	10,82	0,08	7,87
200 u Nitrógeno	10923,0	1,29	140,91	0,11	10,02	1,62	176,95	0,08	8,74	0,10	10,92	0,08	8,74
300 u Nitrógeno	10381,0	1,43	148,44	0,12	12,46	1,60	166,09	0,09	9,34	0,09	9,34	0,08	8,30

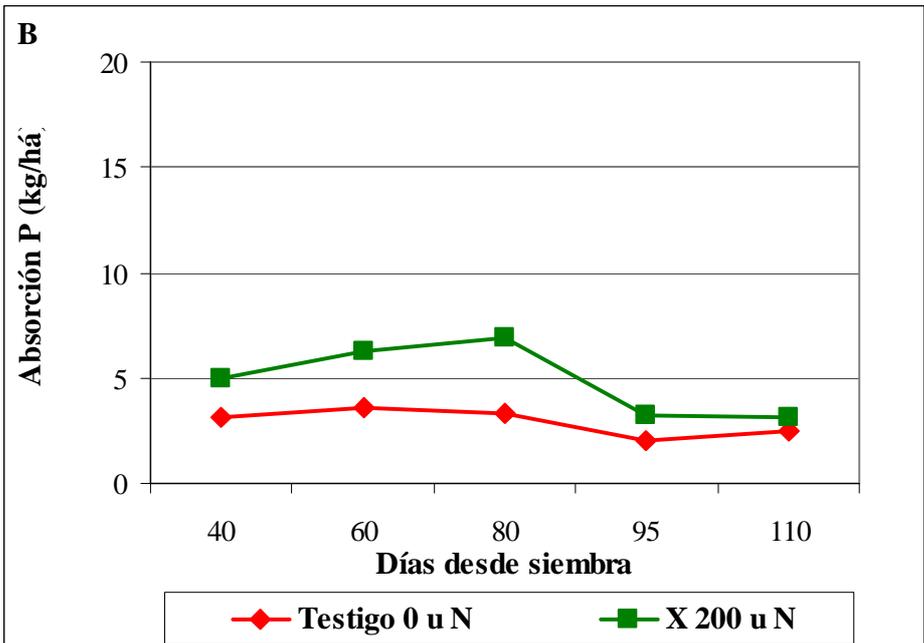
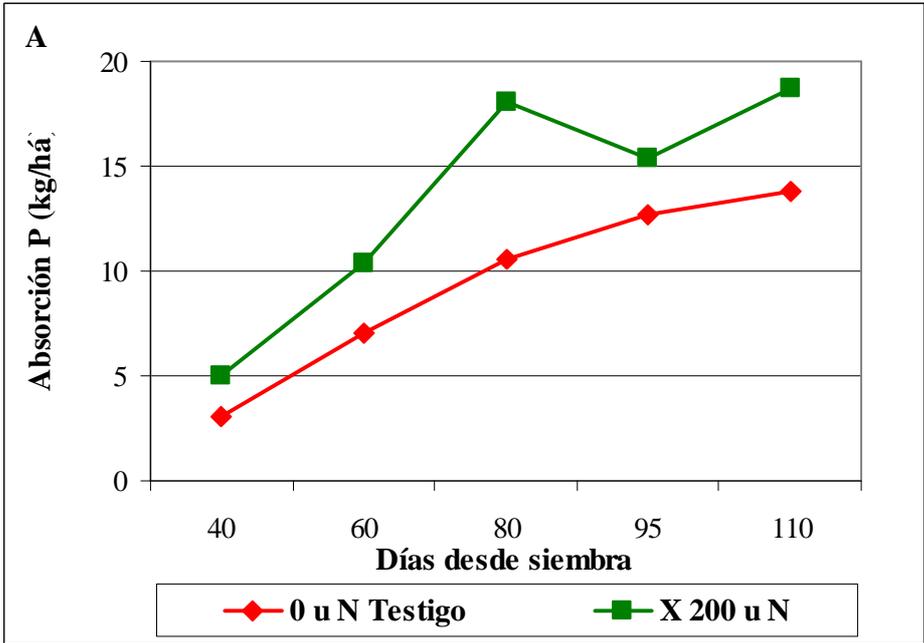
Anexo 5. Absorción de nutrientes en tubérculos por efecto de diferentes dosis de N en diferentes etapas de crecimiento del cultivo.

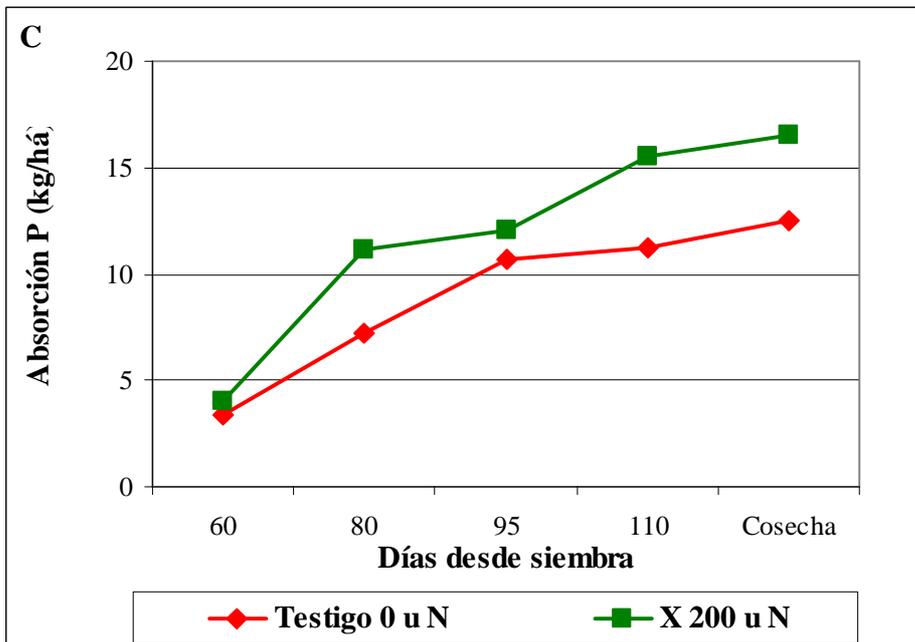
Materia seca en tubérculo, % absorción de N-P-K-Ca-Mg y S por Há al día 110 después de la plantación													
Tratamiento	M.S/há	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio		Azufre	
		%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há
0 u Nitrógeno	9387,4	1,30	122,04	0,12	11,26	1,84	172,73	0,05	4,69	0,09	8,45	0,10	9,39
100 u Nitrógeno	10950,0	1,48	162,06	0,14	15,33	1,90	208,05	0,08	8,76	0,10	10,95	0,15	16,42
200 u Nitrógeno	12628,0	1,60	201,09	0,13	16,42	1,90	239,40	0,05	6,84	1,00	12,31	0,15	19,15
300 u Nitrógeno	11397,0	1,38	157,28	0,13	14,82	1,73	197,17	0,06	6,84	0,08	9,12	0,13	14,82
Materia seca en tubérculo, % absorción de N-P-K-Ca-Mg y S por Há a la cosecha.													
Tratamiento	M.S/há	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio		Azufre	
		%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há	%	Kg. Absor/há
0 u Nitrógeno	10434,0	1,36	141,91	0,12	12,52	1,73	180,51	0,05	5,22	0,09	9,39	0,14	14,61
100 u Nitrógeno	11039,0	1,49	164,49	0,14	15,46	1,84	203,15	0,05	5,52	0,09	9,94	0,17	18,77
200 u Nitrógeno	11970,0	1,47	175,96	0,14	16,76	1,76	210,68	0,07	8,38	0,09	10,77	0,14	16,76
300 u Nitrógeno	10885,0	1,76	191,57	0,16	17,42	1,92	208,99	0,05	5,44	0,09	9,80	0,14	15,24



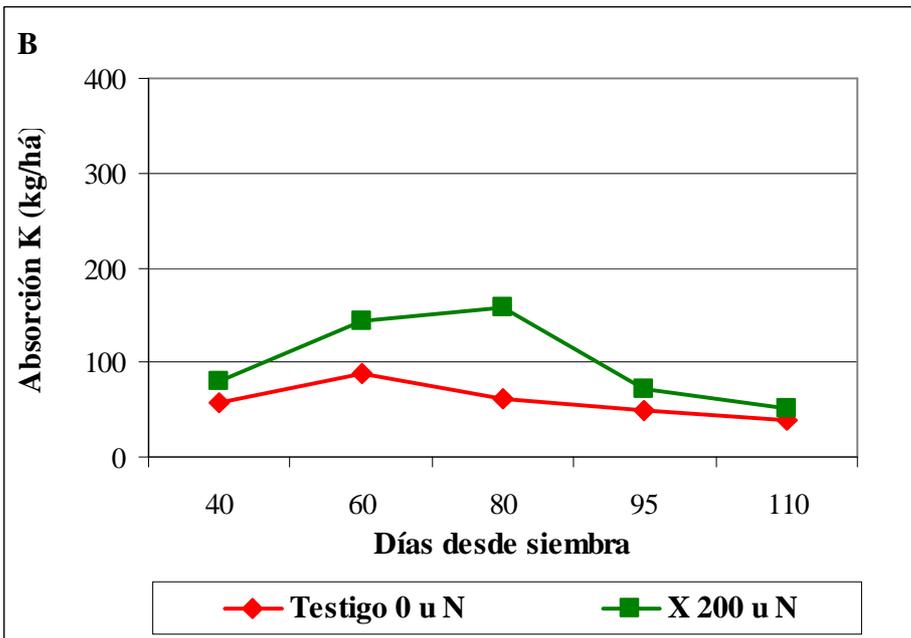
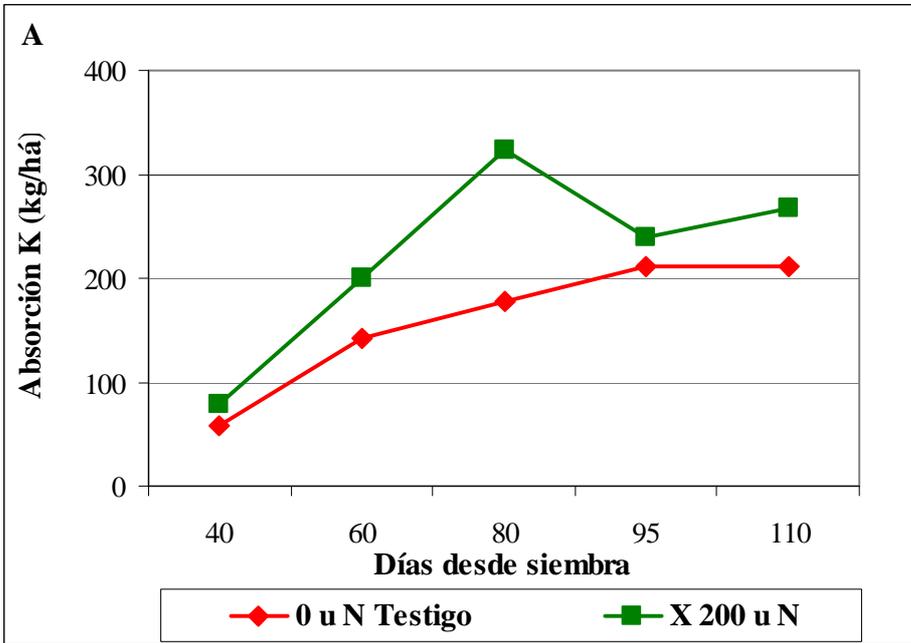


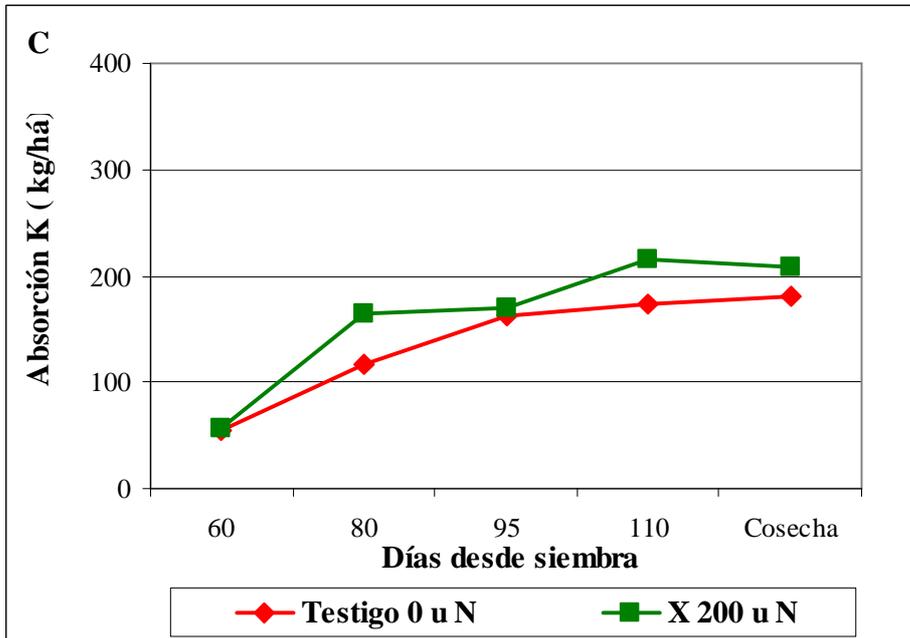
Anexo 6. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno sobre la absorción de nitrógeno en un cultivar de papa Desirée (0 u N y X 200 u N). Absorción planta entera (A). Absorción en parte aérea de la planta (B). Absorción en tubérculos (C).



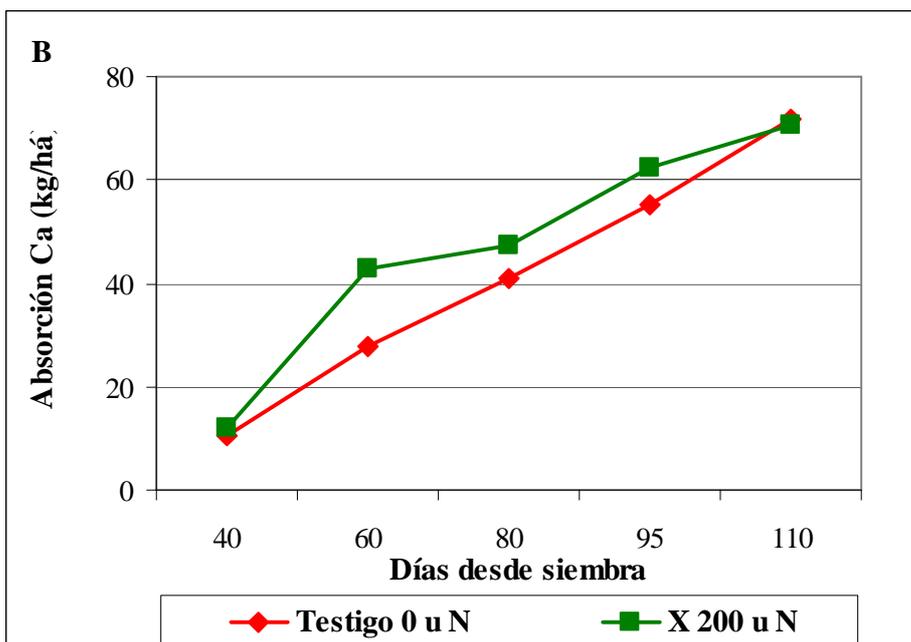
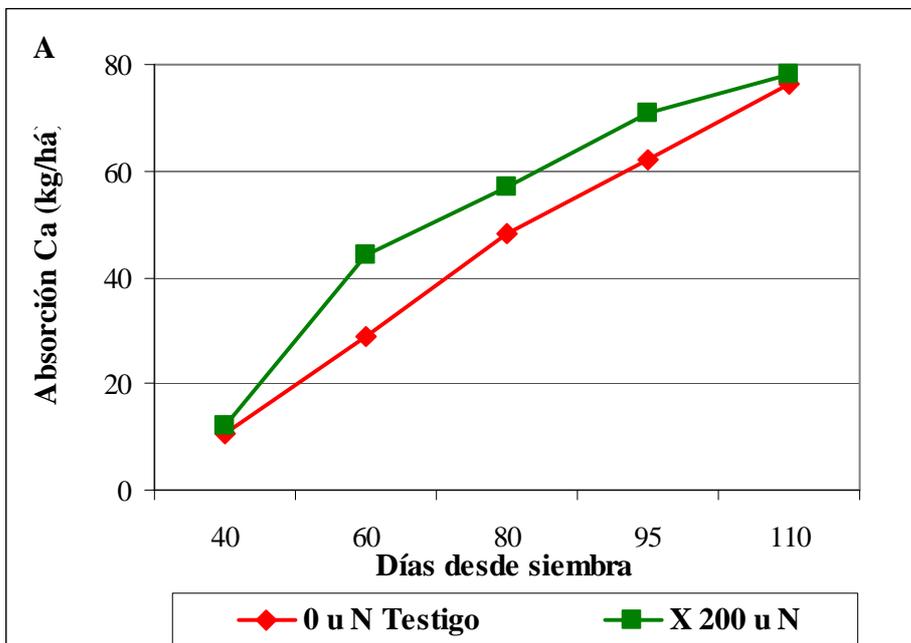


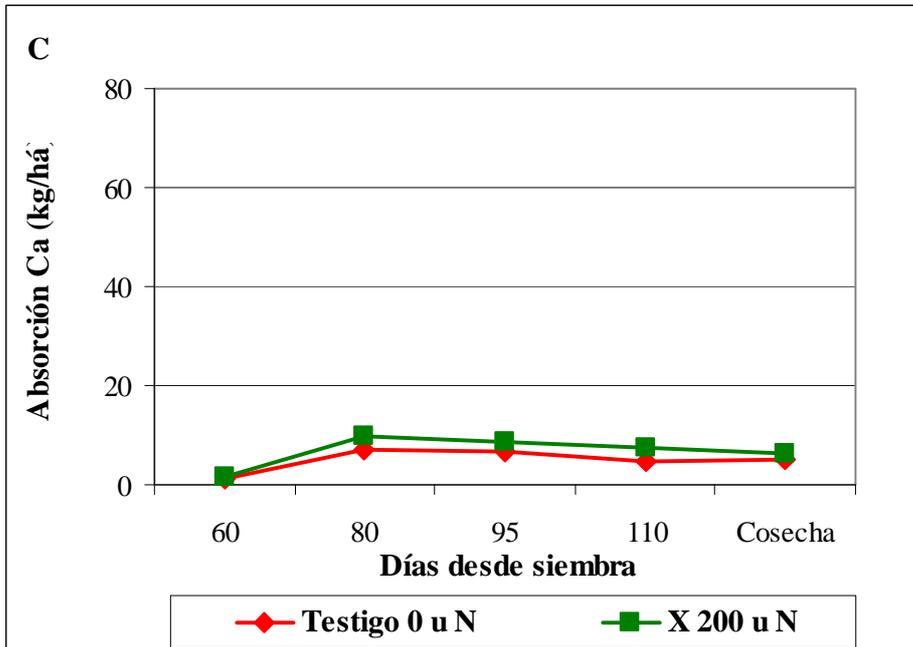
Anexo 7. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno sobre la absorción de fósforo en un cultivar de papa Desirée (0 u N y X 200 u N). Absorción planta entera (A). Absorción en parte aérea de la planta (B). Absorción en tubérculos (C).



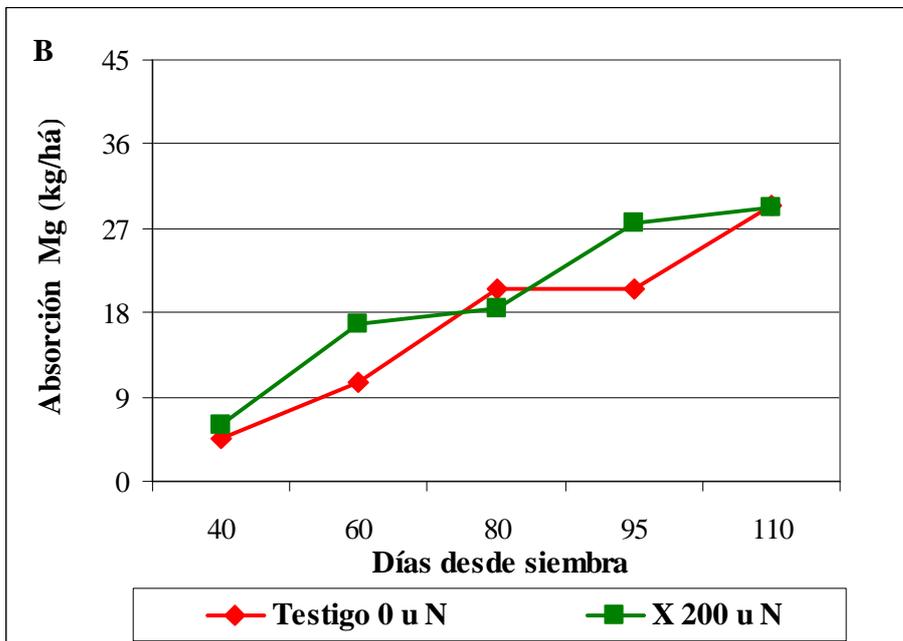
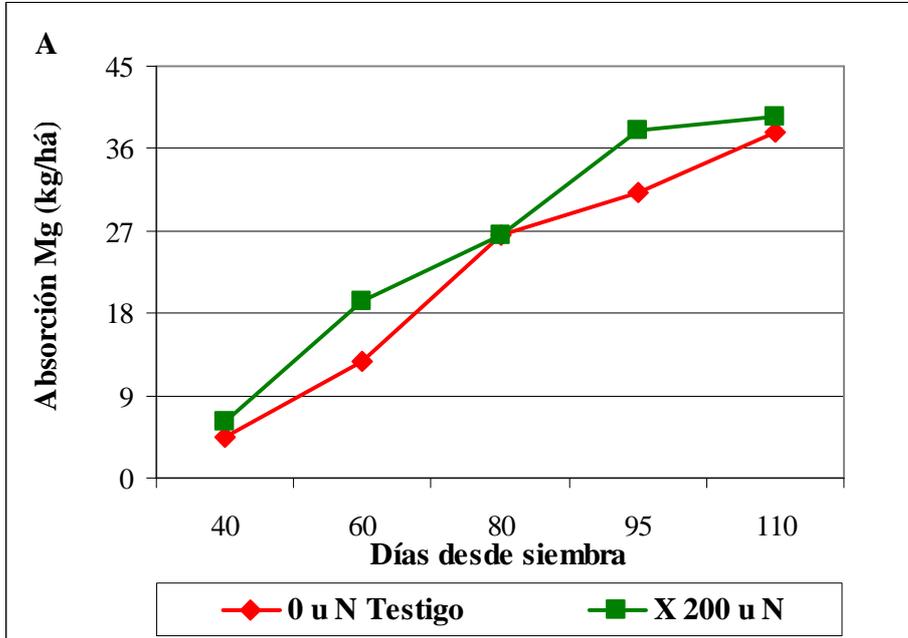


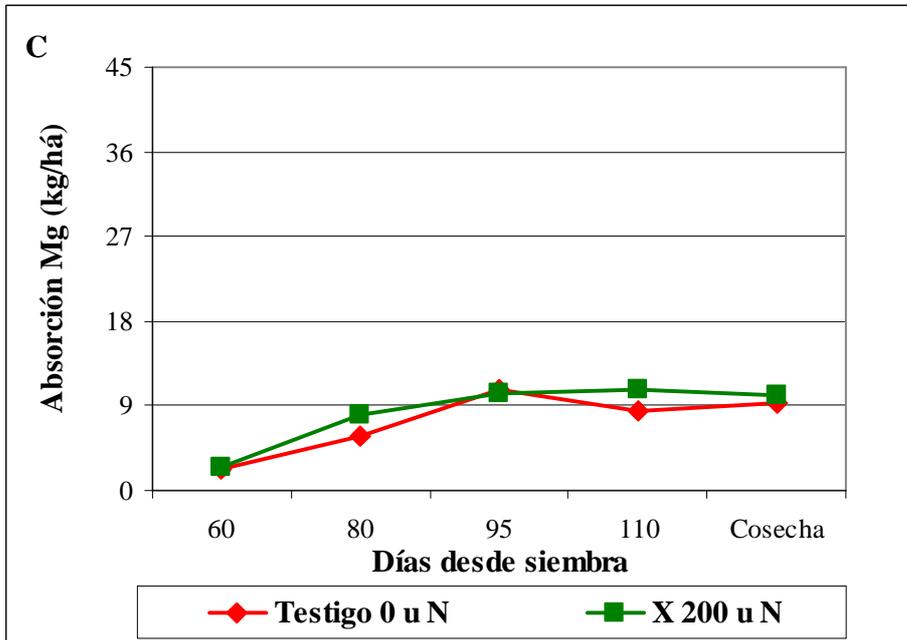
Anexo 8. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno sobre la absorción de potasio en un cultivar de papa Desirée (0 u N y X 200 u N). Absorción planta entera (A). Absorción en parte aérea de la planta (B). Absorción en tubérculos (C).



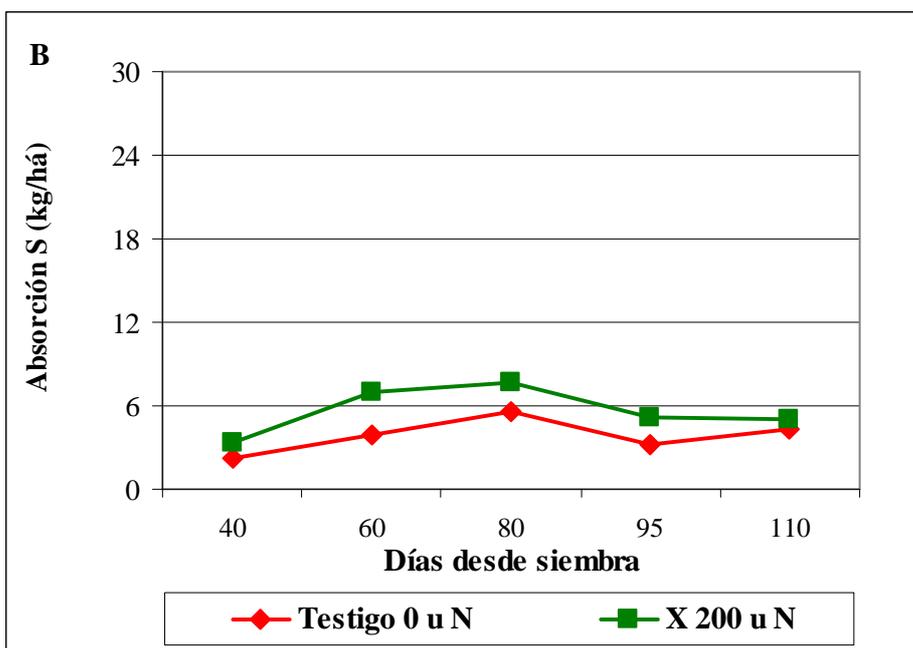
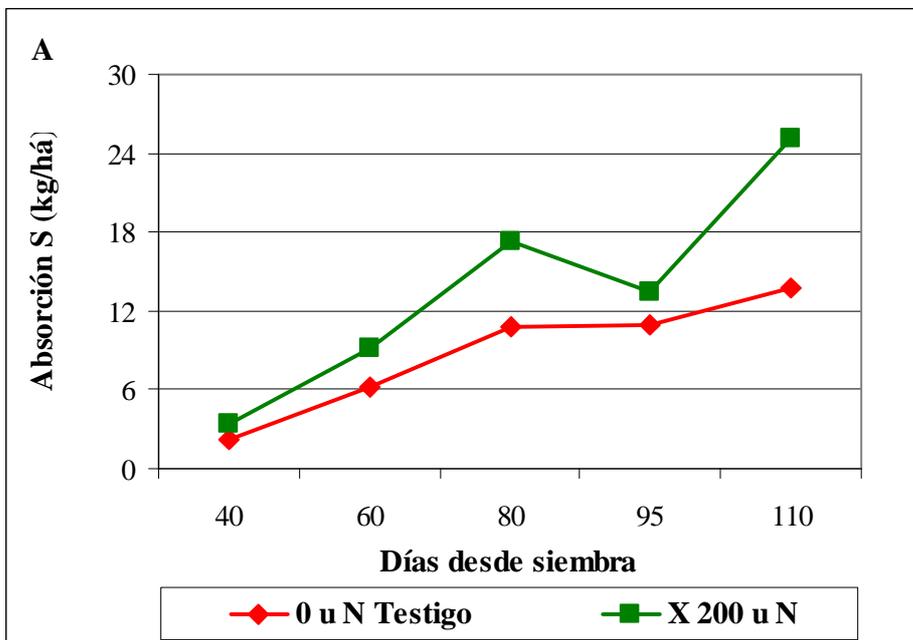


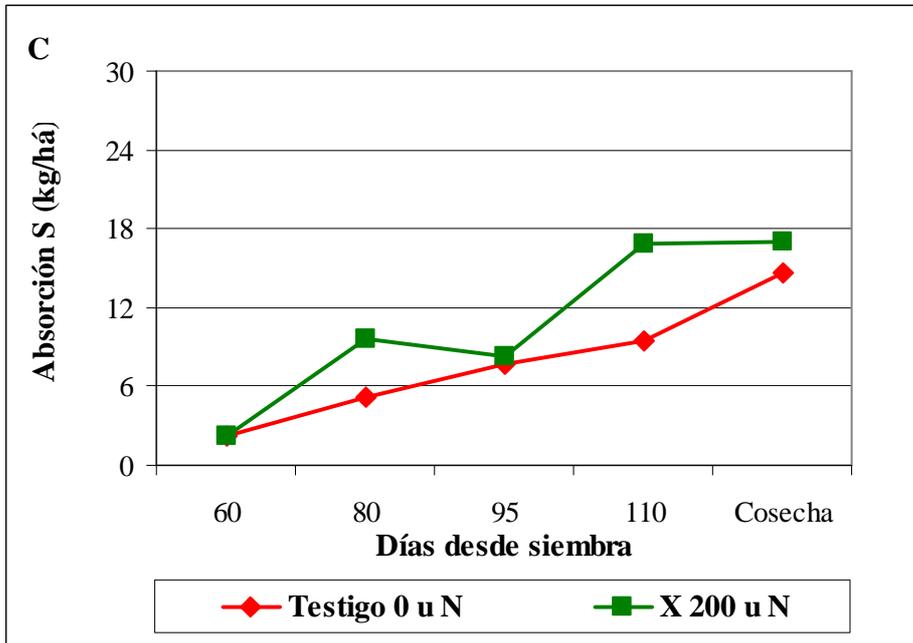
Anexo 9. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno sobre la absorción de calcio en un cultivar de papa Desirée (0 u N y X 200 u N). Absorción planta entera (A). Absorción en parte aérea de la planta (B). Absorción en tubérculos (C).





Anexo 10. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno sobre la absorción de magnesio en un cultivar de papa Desirée (0 u N y X 200 u N). Absorción planta entera (A). Absorción en parte aérea de la planta (B). Absorción en tubérculos (C).





Anexo 11. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno sobre la absorción de azufre en un cultivar de papa Desirée (0 u N y X 200 u N). Absorción planta entera (A). Absorción en parte aérea de la planta (B). Absorción en tubérculos (C).