

# EFFECTO DE MAGNETIZACIÓN DE SEMILLAS DE PAPA CRIOLLA (*Solanum phureja juz et buk*) SOBRE LA CALIDAD Y RENDIMIENTO BAJO CONDICIONES DE CAMPO

## MAGNETIZATION EFFECT OF SEDES OF CREOLE (*Solanum phureja juz et buk*) POTATOES ON QUALITY AND PERFORMANCE OVER CONDITIONS IN FIELD

Elizabeth Luna<sup>1</sup>, John Jairo Gómez<sup>2</sup>, Rodrigo Lora<sup>3</sup>, Rainer Abueta<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Licenciada en Matemáticas y Física. M.Sc. Docente Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. U.D.C.A, elunas@udca.edu.co. <sup>2</sup>Ingeniero Agrónomo. Docente Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. U.D.C.A, johgomez@udca.edu.co. <sup>3</sup>Ingeniero Químico. M.Sc. rodrigolorasilva@yahoo.com. <sup>4</sup>Ingeniero Agrónomo. abueta@gmail.com.

### RESUMEN

En un Andisol localizado en el municipio de Cota Cundinamarca, se evaluó la respuesta de la papa criolla (*Solanum phureja*.Juz. et. BuK) a la fertilización y magnetización del tubérculo semilla. Se realizó un análisis de varianza para un diseño de bloques completos al azar con ocho tratamientos y tres repeticiones.

La dosis de fertilizante (13-26-6) N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O fue de 400 y 800 kg.ha<sup>-1</sup>; en la magnetización se emplearon dos métodos distintos: el primero, en seco a tiempos de 2, 4, y 6 horas con un campo magnético de 1000 gauss y, el segundo, en agua magnetizada durante 24 horas. Se indujo un testigo. Se evaluó el efecto de los tratamientos en rendimiento total y por categorías, materia seca, proteína y contenido de P, K, Ca y Mg en pecíolos.

Para dosis de 800 kg.ha<sup>-1</sup> se encontró que se reduce significativamente el contenido de materia seca por unidad de materia fresca de los tubérculos. El estímulo magnético incrementó el porcentaje de los tubérculos y el rendimiento de la calidad extra. Altos rendimientos de la categoría primera se obtuvieron cuando se aplicó dosis de fertilizante de 800 kg.ha<sup>-1</sup>, el factor magnetizador no influyó en el rendimiento de la calidad primera. Los tratamientos magnetización y fertilización no presentaron efecto significativo sobre rendimiento en calidad segunda y tercera.

Palabras claves: papa criolla, magnetización, rendimiento, andisol.

### SUMMARY

In an Andisol located in Cota Cundinamarca, it was evaluated the response of criolle potato (*Solanum phureja*. Juz. et. Buk) to fertilization and magnetization of its seed tuber. It was made an analysis in variance using full random blocks design with eight treatments and three copies.

The dose of fertilizer (13-26-2) N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O was 400 and 800 kg.ha<sup>-1</sup>. In the magnetization it were used two different methods: The first dry matter with three times 2, 4 and 6 hours with magnetic field of 100 Gauss and the second in magnetized water during 24 hours. It was included a witness. It was evaluated the effect of treatments in total performance and different categories: dry matter, protein and contents of P, K, Ca and Mg in petioles. For 800 Kg.ha<sup>-1</sup> it was found that decreased considerably the content of dry matter per unity of fresh matter of the tuber. The magnetic response increased the percentage of tubers and the performance of extra quality. High performance of the first category was achieved when it was used doses of fertilizer 800 Kg.ha<sup>-1</sup>, in this case the magnetizer did not affect the performance of the first quality. The treatments: magnetization and fertilization did not show significant effect on performance in the second and third.

Key words: Creole potatoe, magnetization, yield, andisol.

## INTRODUCCION

El cultivo de la papa criolla representa un papel importante en el sistema de alimentación a nivel mundial, debido a que cumple con los requerimientos nutricionales de más de dos mil millones de personas en los países en desarrollo (Centro internacional de la papa CIP. 1998. Disponible desde internet en [http://www.Cipotato.org/potato/facts/pot\\_facts\\_esp\\_papaprod.pdf](http://www.Cipotato.org/potato/facts/pot_facts_esp_papaprod.pdf); con acceso el 02/06/2010).

La papa criolla (*Solanum phureja*. Juz. et. Buk) es originaria de los Andes Suramericanos, caracterizada por ser precoz, pues sólo necesita de tres a cuatro meses para alcanzar su madurez fisiológica en condiciones de días cortos. Posee niveles más altos de proteína de buena calidad, grasas, carbohidratos y fibra que la denominada papa común (*S. tuberosum*), convirtiéndola en uno de los productos agrícolas de mayor demanda en el país. El cultivo de papa criolla, representa entre el 5 y 10% del área cultivada de papa en el país y la exportación de este producto asciende a mil toneladas al año (Agenda de Noticias de Ciencia y Tecnología de Colombia, 2005). La papa criolla ocupa el 5,3% del área sembrada en Cundinamarca, el 4% en Boyacá (Censo Nacional de la papa, 2003) y el 6% en Nariño (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2006); estos son los departamentos que sobresalen en la producción de papa criolla en el país. En la actualidad se cultiva en Colombia alrededor de 17000 ha con un notable aumento de los rendimientos con el uso de nuevas tecnologías, aplicación de riego, enmiendas químicas, fertilización y control sanitario oportuno. Tiene un reconocido valor alimenticio y su palatabilidad es muy apreciada (Muñoz *et al.* 2003; Pérez *et al.* 2008).

En el cultivo de la papa criolla (*S. phureja*), la fertilización es uno de los rubros con más peso dentro de los costos totales de producción, cerca del 39%, y se concentra principalmente en la respuesta del rendimiento por efecto de la aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio, (Porras, 2005).

La variedad Colombia es una selección de cultivos de papa criolla, con tubérculos redondos y amarillos, crecimiento erecto, follaje verde claro y flores lila oscuro. Los tubérculos tienen ojos semiprofundos, maduración de 120 días, excelente calidad culinaria, especial para consumo en fresco, pero poco tiempo de reposo. El rendimiento promedio es de 13 a 15 ton·ha<sup>-1</sup> (Pareja *et al.* 2006). En general la papa criolla se produce entre los 1800 y 3000 m.s.n.m, con un rango de temperatura de 10°C a 20°C. Requiere una precipitación promedio de 600 mm durante su período vegetativo y de 3-5mm por día especialmente en los primeros días después de la siembra, durante la floración y la tuberización. Una deficiencia de agua reduce significativamente el rendimiento aun cuando otros factores se hayan manejado adecuadamente (Luján, 1994). El suelo para su cultivo es aquel de textura franca suelta y profunda, una pendiente

máxima de 30%, un pH entre 5,2 y 5,8, alto contenido de materia orgánica y buena disponibilidad de nutrientes.

La papa responde muy bien a la fertilización; la planta cuando comienza a formar su sistema radical puede aprovechar los nutrimentos del medio en el cual crece; la mayor absorción de nitrógeno, fósforo y potasio ocurre durante el primer mes de crecimiento de la planta. Por esta razón deben proporcionarse cantidades suficientes de estos elementos relativamente cerca de la raíz, (Caro, 1982). Castro & Ruiz (1972), en el estudio de los azúcares y otros compuestos químicos en la papa criolla, mencionan que el empleo de fertilizantes en grandes cantidades aumenta el contenido de nitrógeno, proteínas, aminoácidos, azúcares y disminuye su contenido de almidón en pequeñas cantidades proporcionales; su finalidad práctica es el aumento del número de tubérculos por planta.; además hace que su tamaño sea más uniforme. La aplicación de fertilizantes debe hacerse de acuerdo con los resultados del análisis de suelos. Dado que el cultivo requiere grandes cantidades de materia orgánica, se sugiere aplicar una mezcla de gallinaza (entre 100 -200 kg·ha<sup>-1</sup>) y fertilizante comercial (150 y 350 kg). Dicha mezcla debe fraccionarse en dos aplicaciones: 2/3 al momento de la siembra y 1/3 al momento de hacer el aporque (Fedepapa, 1987; Muñoz *et al.* 2003; Pérez *et al.* 2008). Es importante considerar el pH del suelo, ya que las plantas son oxigenadas en calcio y magnesio. Se puede emplear enmiendas como roca fosfórica o cal dolomita que, además de corregir la acidez, aportan otros nutrientes esenciales para un buen desarrollo del cultivo (Fedepapa, 1987).

Algunas investigaciones han demostrado efecto positivo en el rendimiento del cultivo con aplicación de elementos menores, abonos orgánicos y abonos minerales, aun cuando los costos se incrementan por encima del 22%, (Ávila & Ruiz, 2003). Igualmente se ha encontrado que la aplicación de 400 a 800 kg·ha<sup>-1</sup> de un fertilizante en una relación de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O de 1:3:1 o 2:4:1 en papa criolla es indispensable para obtener buenos rendimientos, (Muñoz & Rojas, 2003; Rodríguez, 2002).

La clasificación por tamaño del tubérculo para el mercado, hace referencia a las categorías: extra (diámetro mayor a 5cm y peso mayor a 50 g); primera (diámetro entre 3,5 – 5,0cm y peso 35 – 50g); segunda (diámetro 2,0 – 3,5cm y peso 20– 35g); tercera o riche (diámetro menor de 2,0cm y peso menor de 20g) (Hernández, 1992).

El magnetismo es la propiedad que presentan algunos cuerpos de atraer materiales compuestos de hierro, acero, cobalto y níquel. Dichos cuerpos con esta propiedad se les denomina imanes, los cuales presentan en sus extremos un polo norte y en el otro extremo un polo sur. A su alrededor los imanes crean un campo de fuerza llamado

campo magnético. La intensidad del campo magnético se puede medir en dos unidades llamadas tesla (T) y gauss (G) (Ohanian *et al.* 2010). Existen varios tipos de imanes de acuerdo a su composición: imanes cerámicos, obtenidos a partir de óxidos de hierro; imanes alnicos por su composición de aluminio, níquel y cobalto; imanes flexibles compuestos por una mezcla de óxido de hierro y carbonato de bario o estroncio; e imanes de neodimio formados por hierro, neodimio y boro. Estos últimos se caracterizan por su alta resistencia a la desmagnetización, fuerza para magnetizar y desmagnetizar algunos imanes de alnico y flexibles.

Durante años se ha adelantado investigaciones para evaluar el efecto del magnetismo sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, reconociendo el beneficio de esta práctica en la agricultura; los resultados muestran una germinación más rápida y completa de las semillas, además del crecimiento más vigoroso de las plantas. De igual manera al uso del diamagnetismo se le atribuye una reducción significativa en los niveles de fertilización de los cultivos tratados con esta técnica, (Rojas, 2010).

En ensayos de laboratorio se trataron semillas de frijol con campos magnéticos de 125mT y 259mT durante 10, 30 y 60 minutos, mostrando una mayor altura que las planta no expuestas a campos magnéticos y un mayor crecimiento de las raíces. Igualmente hubo un mayor aumento en la cantidad de hierro y calcio con respecto al testigo. (Vásquez *et al.* 2006). Así mismo, se realizaron ensayos en arroz y tomate, exponiendo semillas a campos magnéticos de 5mT y 10mT durante 1, 10, 20, 60 minutos, 24 y 48 horas, indicando resultados positivos en la germinación de las semillas y un alto incremento en la biomasa de las plantas (Torres *et al.* 2008). Según ensayos realizados por Dunk y Sook (2000) en la Universidad Nacional de Kyungpook en Sur Corea, al tratar semillas de tomate con estímulos magnéticos y eléctricos con rangos de 3–1000 gauss y 4–12 Kv/cm exponiéndolas en tres períodos de 15 a 60 segundos, encontraron importantes resultados en germinación y vigor de las semillas. Además demostraron que los campos magnéticos y eléctricos activaron procesos bioquímicos y estimularon la actividad de proteínas y enzimas. Por su parte experimentos realizados por Maheshwari y Singh (2009) en la Universidad de Western y Sydney (Australia), semillas de hortalizas y guisantes tratados con campos magnéticos de un rango de 3 – 135mT, mostraron incrementos en la elongación y volumen de raíces, debido a la síntesis de proteínas y aumento de la actividad celular y por lo tanto influyeron en el incremento de producción en las plantas estudiadas. Posiblemente la magnetización incrementó el

paso de elementos esenciales hacia el interior de la célula a través de la membrana celular. Es bien conocido el hecho de que cuando el agua fluye en presencia de campos magnéticos con una intensidad de flujo y velocidad determinada, se registran cambios en diferentes parámetros físicos químicos como el pH, la tensión superficial y la conductividad eléctrica (Zavaleta & Valera, 2000). El agua magnetizada al utilizarla en riego puede producir los siguientes efectos (Rojas, 2010): aumento del 50% de la producción de cosechas, reducción en la acumulación de la sal en el suelo, promueve una ósmosis mejor de la planta, mejor crecimiento de las raíces, mejor eficiencia del fertilizante, plantas más fuertes y más sanas y aumenta la capacidad de intercambio catiónico.

Se ha logrado incrementar el rendimiento y calidad de tubérculos de papa criolla a bajo costo por medio de la magnetización de la semilla del tubérculo (Lora & Luna, 2008)

Con este artículo, se pretende dar a conocer los resultados del efecto de la magnetización del tubérculo (seco y húmedo) y de la fertilización en papa criolla (*Solanum phureja*. Juz. *et. Buk*) sobre calidad y rendimiento bajo condiciones de campo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el municipio de Cota Cundinamarca con coordenadas geográficas (4° 48' 44' Lat. Norte y 76° 06' 15' Long. Oeste) en la Sabana de Bogotá, altiplano Cundiboyacense (Cordillera Oriental de los Andes) a una altitud de 2.566 m.s.n.m, en un sueloderivado de cenizas volcánicas, una temperatura promedio anual de 14°C, precipitación media anual de 972mm y una humedad relativa del 77,5%. De acuerdo con el análisis de suelo realizado en el lote, el suelo es de textura franco-arenoso, con un pH de 5,63, deficiente en fósforo y potasio, bajo en cobre y deficiente en boro.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar, ocho tratamientos y tres repeticiones por tratamiento para un total de 24 unidades experimentales tabla 1. La unidad experimental estuvo formada por 4 surcos de 4m de longitud por 1m de ancho, con una distancia entre surcos de 1m, para un área efectiva de 16m<sup>2</sup>; la distancia entre plantas fue de 0,40m. El área total sembrada fue de 400 m<sup>2</sup>. En la tabla 1 aparecen los tratamientos evaluados con las dosis de 400 y 800 kg.ha<sup>-1</sup> del fertilizante grado 13–26–6 y magnetización: en secodel tubérculo semilla de 2, 4 y 6 horas y en agua 24 horas. Se incluye un testigo.

Tabla 1. Tratamientos y contenido de P, K, Ca y Mg en peciolas.

Trata	Semil	Agua	Fertiliz Kg.ha	Proteína total %Base Seca	P %	K %	Ca %	Mg %
T <sub>1</sub>	-----	-----	-----	7.23	0.50	10.55	2.54	1.52
T <sub>2</sub>	Magnet	-----	-----	7.12	0.49	90.86	2.35	1.41
T <sub>3</sub>	-----	-----	400	6.58	0.51	10.40	2.73	1.63
T <sub>4</sub>	Magnet	-----	400	6.15	0.51	10.71	2.37	1.42
T <sub>5</sub>	-----	-----	800	6.44	0.56	10.73	2.37	1.42
T <sub>6</sub>	Magnet	-----	800	7.07	0.56	11.90	2.16	1.29
T <sub>7</sub>	Magnet	Agua magnet	400	6.41	0.52	11.20	2.48	1.49
T <sub>8</sub>	Magnet	Agua magnet	800	8.64	0.58	10.80	2.18	1.31

Para las variables evaluadas se realizó la verificación de los supuestos para análisis paramétricos, sin encontrar evidencias que invalide los análisis de varianza propuestos para determinar diferencias entre los datos. Se realizó un análisis de varianza para un diseño de bloques completos al azar. Para algunas variables se descompuso el efecto de tratamientos en su estructura factorial con dos factores sin sus interacciones. Posterior a esto, donde se encontró evidencias de diferencias significativas se realizó una comparación de medias con la prueba de Tukey HSD. El análisis se realizó con los procesos ANOVA, UNIVARIATE y GLM del programa estadístico SAS 9.0.

El plan de fertilización correctivo se realizó con base al resultado del análisis de suelo del lote. La fertilización se realizó de forma localizada sobre el fondo del surco al momento de la siembra. Se utilizó fertilizante químico del grado 13-26-6 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O; 10 kg. ha<sup>-1</sup> de bórax del 10% de B y 15 kg. ha<sup>-1</sup> de sulfato de cobre de 25% de Cu como fuentes de boro y cobre; estas dosis se distribuyeron de acuerdo a los tratamientos.

Como material vegetal se empleó semilla certificada de papa criolla (*S. phureja*) variedad "yema de huevo" categoría primera.

El proceso de magnetización del tubérculo semilla se realizó en el laboratorio de Suelos de la U.D.C.A, con base en dos métodos diferentes: el primer método, las semillas de los tratamientos 2, 4 y 6 se sometieron a un campo magnético de la siguiente forma: en un mesón se ubicó un plástico

convencional de color rojo sobre el cual se distribuyeron uniformemente 26 imanes de neodimio con un campo magnético de intensidad 500 Gauss, cada uno dispuestos en una misma dirección de sus polos norte y polos sur (N-N; S-S), evitando que los extremos se unieran. Sobre éstos se colocaron 10 kg de semillas de papa criolla y encima de los tubérculos se colocó otra capa de 26 imanes iguales a los anteriores, para un campo magnético de intensidad total de 1000 gauss, posteriormente se cubrieron con plástico convencional rojo. Al cabo de 2, 4 y 6 horas la semilla estuvo preparada la semilla.

El lote de siembra fue arado y rastrillado, se surcó a una distancia de 1 m y se hicieron tres bloque o repeticiones, donde por cada bloque o repetición se colocaron los ocho tratamientos de forma aleatoria.

La cosecha se realizó a los cuatro meses, cuando la piel de los tubérculos observados en el lote no se desprendía con facilidad al hacerle presión y los tallos se habían secado. De cada parcela se cosecharon los surcos centrales para posteriormente clasificar los tubérculos por tamaño, conteo, pesado, densidad, materia seca y proteína.

Posteriormente se cosecharon los surcos de los bordes en todas las unidades experimentales. Se recolectaron en costales de 50 kg de capacidad para su posterior venta o consumo.

Las variables evaluadas fueron: Rendimiento total y por tamaño (extra, primera, segunda y tercera). Se realizó la

clasificación por tamaño de los tubérculos cosechados de los surcos centrales de cada unidad experimental de acuerdo con los estándares del tubérculo (Hernández, 1992). De la sumatoria del peso total de las cuatro categorías se obtuvo el rendimiento total de los tratamientos y repeticiones expresado en  $\text{kg. Ha}^{-1}$ .

Contenido de fósforo, potasio, calcio y magnesio en peciolo. Por unidad experimental al inicio de la floración se muestrearon 40 plantas, el peciolo de la hoja cuatro del ápice hacia abajo, para determinar el contenido de P, K, Ca, y Mg (Lora, 2003).

Materia seca y contenido de proteína de tubérculos: Por unidad experimental se tomó una muestra de 500 gr de la categoría primera, se secó en estufa a  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta obtener un peso constante, y luego se realizó el correspondiente cálculo para determinar el porcentaje de materia seca. (Instituto Colombiano Agropecuario, 1992). A partir del material utilizado para el análisis de materia seca se determinó el contenido total de nitrógeno por el método de KJELDAHL, el cual se multiplicó por 6,25 para conocer el contenido de proteína del tubérculo.

El método se basa en la oxidación de nitrógeno en forma orgánica a sulfato de amonio por digestión con ácido sulfúrico concentrado; el sulfato de amonio en presencia de solución de hidróxido de sodio concentrada libera el amoníaco el cual se recoge sobre una solución de ácido bórico; el borato de amonio producido es titulado con ácido clorhídrico estándar (Goyes, 1984).

%Nitrógeno=

$$\frac{\text{Volumen ácido gastado} \times \text{Normalidad del ácido} \times \text{Miliéquival}}{\text{Peso muestra}} \\ \frac{\text{Volumen ácido gastado} \times \text{Normalidad del ácido} \times \text{Milié}}{\text{Peso muestra}}$$

% Proteína = % Nitrógeno X 6,25

% humedad =

$$\frac{\text{Peso muestra húmeda} - \text{Peso muestra seco}}{\text{Peso muestra húmedo}} \times 100$$

Materia seca = 100 - % humedad

% cenizas =

$$\frac{(\text{Peso crisol} + \text{Ceniza}) - (\text{Peso crisol vacío})}{\text{Peso muestra}} \times 100$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La variable materia seca, presentó diferencias estadísticamente significativas a la aplicación de fertilizante. Las plantas de los tratamientos a los cuales no se les aplicó fertilizante presentaron un mayor porcentaje de materia seca, en tanto que los tratamientos con 800 kg de fertilizante presentaron el menor promedio (Figura 1). El factor magnetización no presentó diferencias estadísticamente significativas así como la interacción de los fertilizantes.

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede asegurar que cuando los niveles de fertilizante se incrementan, el

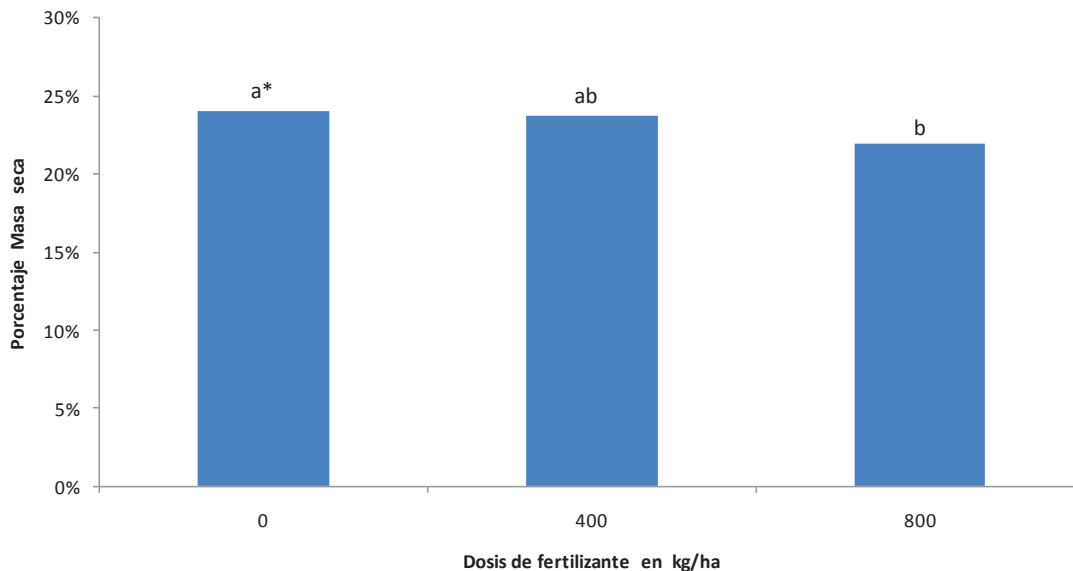


Figura1. Porcentaje materia seca de tubérculos de papa sometidos a diferentes tratamientos de Fertilización.

contenido de materia seca por unidad de materia fresca de los tubérculos disminuye, lo cual confirma los resultados presentados por Talbut y Smith (1987). Estos autores afirman que los cultivos de papa, con bajas de aplicación nitrogenada, producen maduración temprana y normalmente contenidos de materia seca más altos, que cultivos con altas aplicaciones de nitrógeno.

El análisis de varianza indica que la media de la variable materia seca es de 23,16%. Según Persall citado por Orjuela (1974), clasifica a la papa en un rango de 18- 21 % como buena y menor al 15% como pobre; así mismo FEDEPAPA afirma que para la papa criolla el contenido de materia seca óptimo debe oscilar entre 19 – 21%. Lo anterior permite deducir que todos los tratamientos evaluados en la investigación tienen un contenido apropiado de materia seca en los tubérculos, en especial en aquellos tratamientos a los cuales se les aplicó una dosis de 400 kg.ha<sup>-1</sup> de fertilizante y en aquellos que no se les aplicó fertilizante (Figura 2).

Porcentaje de tubérculos: Se observa que la respuesta de porcentaje de tubérculo en las categorías extra y segunda presentó diferencias estadísticamente significativas para la magnetización. En el caso de la calidad extra tratamiento magnetizado presentó mayor porcentaje que el no magnetizado. Lo contrario sucedió con la calidad segunda el no someter el tubérculo a magnetización hace que el porcentaje aumente considerablemente con

respecto al tratamiento magnetizado, demostrando un aparente aumento en la calidad extra, en detrimento de la calidad segunda. Para las categorías primera y tercera no se encontraron evidencias de diferencias estadísticamente significativas entre los factores evaluados.

En el factor fertilizante como la interacción fertilizante-magnetización no presentó deferencias estadísticamente significativas (Figura 3).

El incremento en el porcentaje de tubérculos categoría extra es una respuesta al estímulo magnético recibido por la semilla. Cuando se genera un mayor porcentaje de los tubérculos por la planta de una categoría que presenta mayor tamaño que las otra, se presume que este estímulo facilita las condiciones fisiológicas de la planta para que de esta forma pueda enviar con gran facilidad mayor fotoasimilados a un grupo específico de tubérculos, los cuales se verán reflejados en un rendimiento y porcentaje de tubérculos mayor en una categoría que en otras (Figura 2). Rendimiento por hectárea: En el rendimiento de la calidad extra se observó diferencias estadísticamente significativas en el factor rendimiento por hectárea entre magnetizar o no magnetizar el material. El tratamiento magnetizado en categoría extra presentó un rendimiento mayor que el no magnetizado. El factor fertilizante así como la interacción fertilización-magnetización no presentaron diferencias significativas (Figura 4).

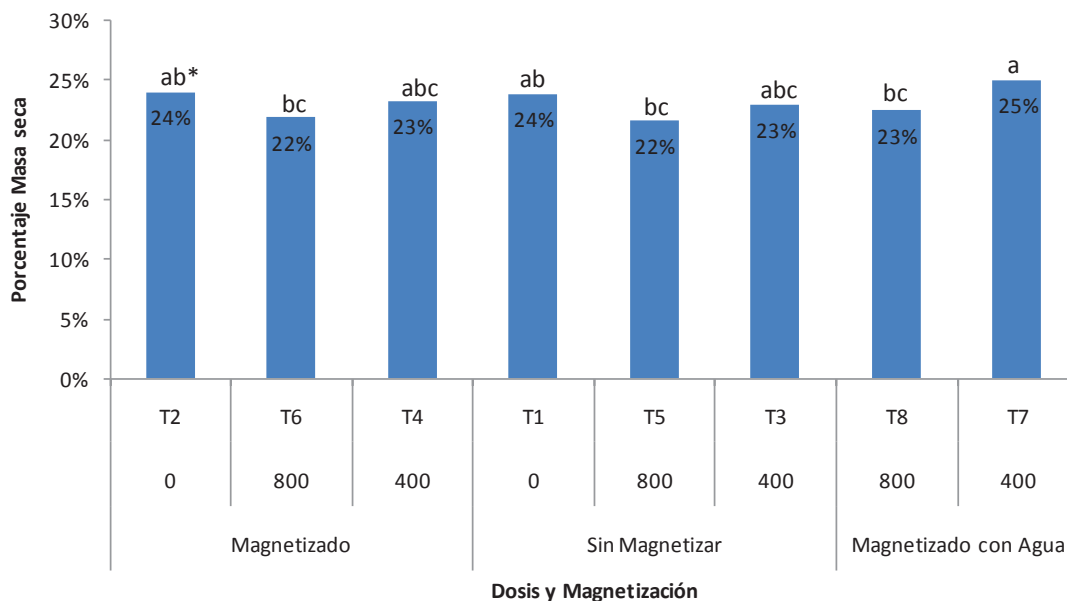


Figura 2. Masa seca de tubérculos de papa sometidos a diferentes tratamientos de Fertilización y magnetización.

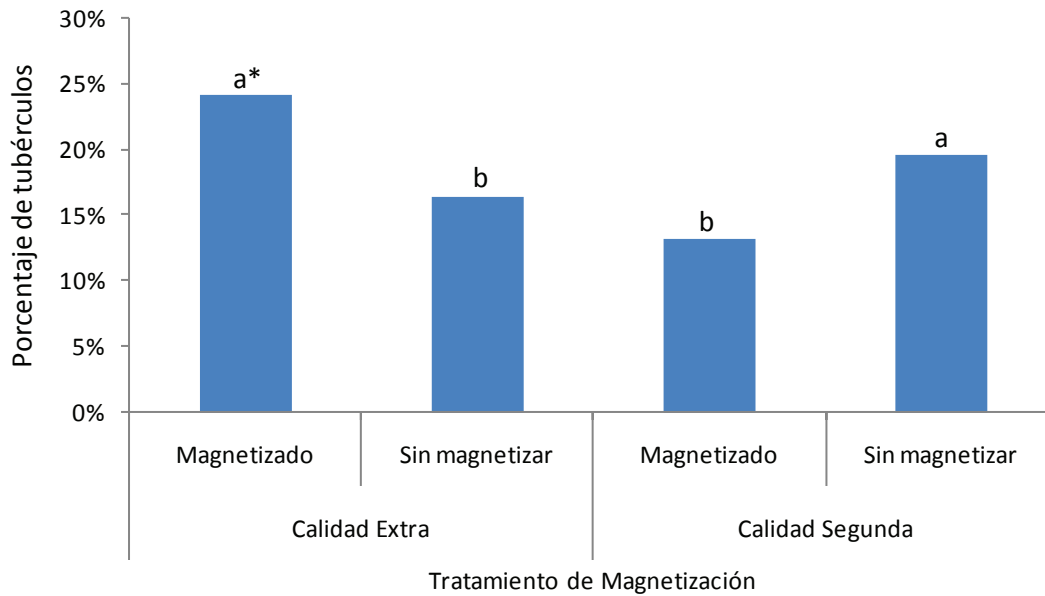


Figura 3. Porcentaje de tubérculos de papa sometidos a diferentes tratamientos de magnetización para calidad segunda y extra.

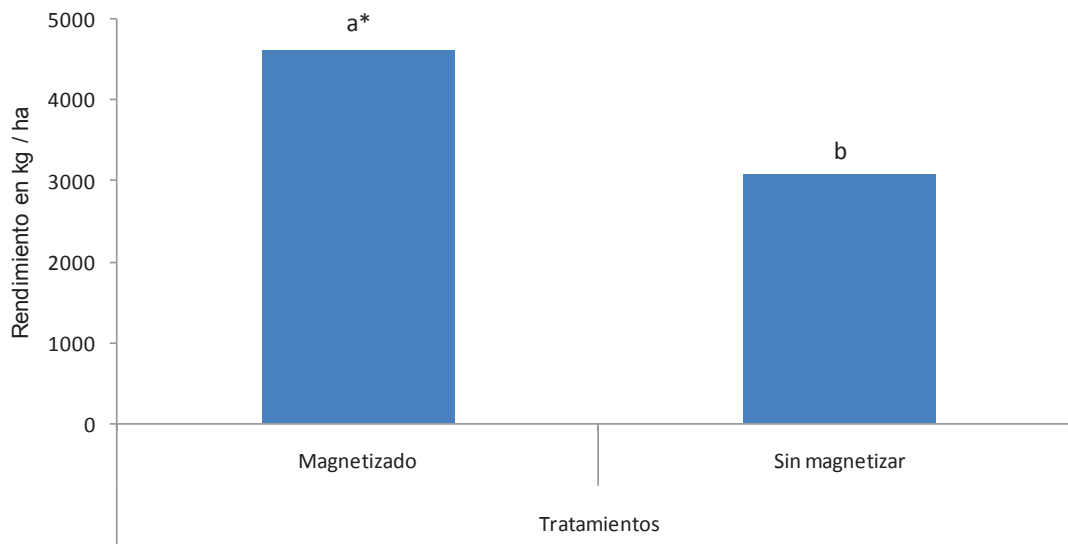


Figura 4. Rendimiento por hectárea de calidad extra para los tratamientos de magnetización.

Para la calidad primera, segunda, tercera y total no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los factores evaluados. Los resultados demostraron un incremento significativo en cuanto al rendimiento de la calidad extra cuando la semilla se somete a un campo magnético, probablemente este incremento se deba a una mayor eficiencia en la asimilación de nutrientes por parte de la planta, para producir tubérculos de mayor tamaño y peso.

Es importante subrayar el efecto magnético en las plantas así como lo describe Mahecha (2008), entre los beneficios atribuidos a la magnetización está el ahorro de agua, producto de la disminución del consumo de las plantas estimuladas. La razón está en el comportamiento de las proteínas de la membrana celular de la planta ya que al ser estimuladas magnéticamente éstas se organizan en paralelo, compactándose y endureciendo la membrana celular, de esta forma disminuye el proceso de evapotranspiración. Por otra parte Ghole, (1986) & Ospina, (1990) atribuyen estos resultados al aumento relacionado con la actividad enzimática.

Pittman & Ormord, (1970) sustentan este evento con el aumento de la eficiencia de los procesos relacionados con la división celular. Sin embargo, la mayoría de los autores coinciden en afirmar que esto se debe a cambios que se producen en la permeabilidad de las membranas y en la efectividad de los mecanismos de transporte a través de las mismas (Newman, 1987; Osipoval, 1990).

Rendimiento de las categorías primera a diferentes dosis de fertilizante: Se observó que la respuesta de rendimiento por hectárea, presentó diferencias estadísticamente significativas con la aplicación de fertilizante (Figura 6). Los tratamientos a los cuales se les aplicó una dosis de 800kg de fertilizante presentaron un mayor rendimiento que los tratamientos con menos dosis; sin embargo, no fue estadísticamente diferente de la dosis de 400kg. De otro lado estos tratamientos evidenciaron diferencias con respecto al tratamiento sin aplicación de fertilizante. El factor magnetización y su interacción magnetización-fertilización no presentaron diferencias estadísticamente significativas para este factor, en la gráfica 4, se muestra el rendimiento por hectárea de calidad primera para los diferentes niveles de fertilización. Para las categorías extra, segunda, tercera y total no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

El rendimiento de tubérculos categoría primera (comercial), figura 4, presentó un rendimiento de 11,9 t-ha<sup>-1</sup> cuando se aplicó una dosis de 800 kg-ha<sup>-1</sup> de fertilizante; estos valores están dentro del rango de rendimiento para esta categoría y variedad (8-15 t-ha<sup>-1</sup>) Aguirre & Preciado (2005) y Bernal & Gómez (2004). Lo anterior puede explicarse por una mayor eficiencia en la toma de nutrientes por parte del cultivo en los primeros días, debido al ciclo vegetativo corto que presenta la variedad; esta respuesta concuerda con los trabajos de García & Pantoja (1998) en las variedades ICA-Nariño y criolla. Igualmente se ha encontrado que la aplicación de 400 a 800 kg-ha<sup>-1</sup> de un fertilizante en una relación de NP<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>

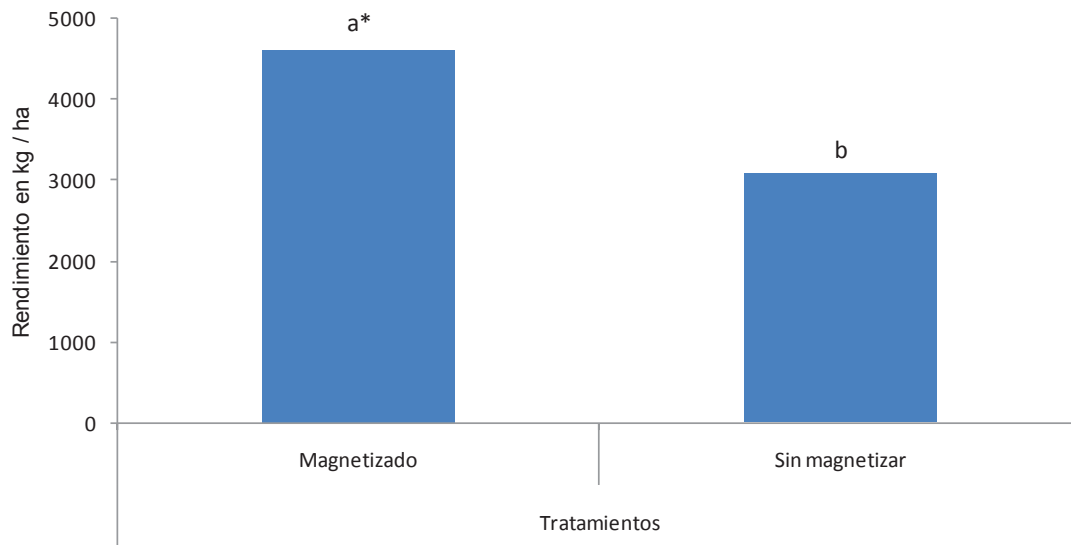


Figura 5. Rendimiento por hectárea de calidad extra para los tratamientos de magnetización.



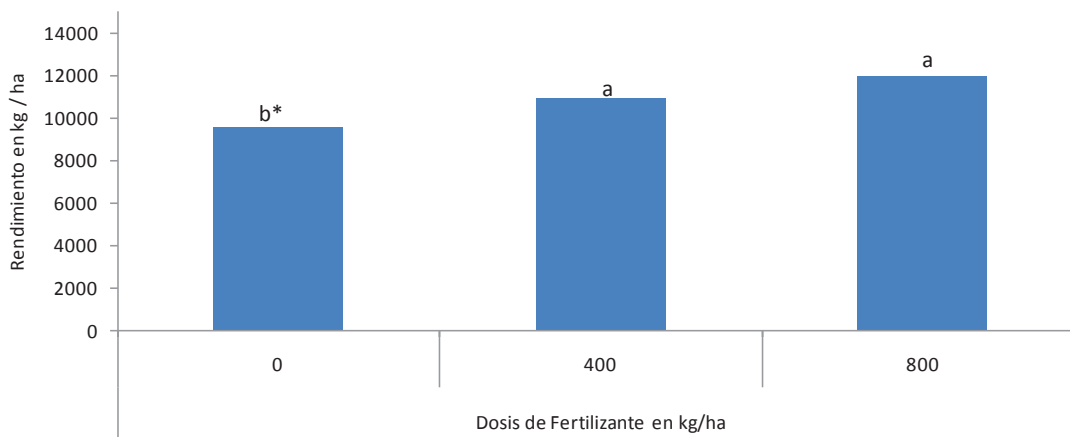


Figura 6. Rendimiento por hectárea de calidad primera para los diferentes tratamientos de Fertilización

O, de relación 1:3:1 o 2:4:1 en papa criolla es indispensable para obtener buenos rendimientos (Muñoz & Rojas, 2003; Rodríguez, 2002). Por otra parte la diferencia entre aplicar dosis de 400 y 800 kg·ha<sup>-1</sup> de fertilizante es mínima ya que se obtienen rendimientos muy similares; estos resultados demuestran que a medida que se incrementen los niveles de fertilizantes en el cultivo no necesariamente se obtienen incrementos significativos del rendimiento. De igual manera la parte nutricional que se encontró en el suelo al momento del análisis al parecer era aceptable, ya que al no realizar aplicaciones de fertilizante se obtuvo un rendimiento de 9,5 t·ha<sup>-1</sup>.

Rendimiento de la categoría primera a diferentes dosis de fertilizante y al sometimiento o no a un campo magnético: De acuerdo al análisis estadístico se observaron diferencias estadísticamente significativas en el peso por hectárea. El tratamiento seis presentó el mayor rendimiento con 5372 kg·ha<sup>-1</sup>, junto con los tratamientos cuatro y cinco con 5125 kg·ha<sup>-1</sup> y 5260 kg·ha<sup>-1</sup> respectivamente; el tratamiento tres evidenció un comportamiento intermedio con 4723 kg·ha<sup>-1</sup> en tanto los tratamientos uno, dos, siete y ocho evidenciaron los menores promedios.

Para las categorías segunda, tercera y extra no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. En la figura 7, muestra los resultados que la exposición de las semillas a un campo magnético no afecta el rendimiento de la categoría primera; al parecer el efecto del aumento en el rendimiento del cultivo está influenciado por la fertilización, la cual a su vez presenta resultados similares en el rendimiento cuando se aplicaron dosis de 400 y 800 kg·ha<sup>-1</sup>; diferentes resultados fueron obtenidos por Pittman & Ormord (1970) trabajando en cultivos de cebada y trigo; estos autores concluyen que un

estímulo magnético si afecta el rendimiento de los cultivos. Los resultados de este ensayo, en cuanto al efecto magnético en el desarrollo y rendimiento de las plantas concuerdan con lo descrito por Kordas (2002), en donde evaluando el efecto del campo magnético sobre crecimiento, desarrollo y en rendimiento de trigo, encontró que no existe influencia de un campo magnético sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de trigo.

Con esto se observa, que en la literatura existe mucha discrepancia en cuanto a los resultados obtenidos en diferentes ensayos; estos difieren en muchos casos por la intensidad del campo magnético, tiempo de exposición pero sobre todo se propone que para cada especie haya una intensidad de campo magnético y un tiempo definido, los cuales no se han estudiado profundamente, lo que conlleva en algunos casos a no poder comparar los resultados entre diferentes investigaciones.

Contenido de proteína: Los tubérculos del tratamiento ocho fueron los que presentaron mayor porcentaje de proteína, seguido por los tratamientos uno, dos y seis. Los tratamientos tres, cuatro, cinco y siete presentaron los porcentajes más bajos. Se observó claramente en esta variable que no existe una alta variación entre los resultados. Así mismo los tratamientos que se sometieron a un campo magnético y se les aplicó una dosis de fertilizante mayor tuvieron los porcentajes más altos de proteína (Tabla 1).

Contenido de fósforo en peciolo: El tratamiento ocho mostró el mayor porcentaje de fósforo en peciolo, mientras que el tratamiento dos presentó el menor porcentaje. En cuanto al contenido de potasio el tratamiento seis evidenció el mayor porcentaje seguido del tratamiento siete, el

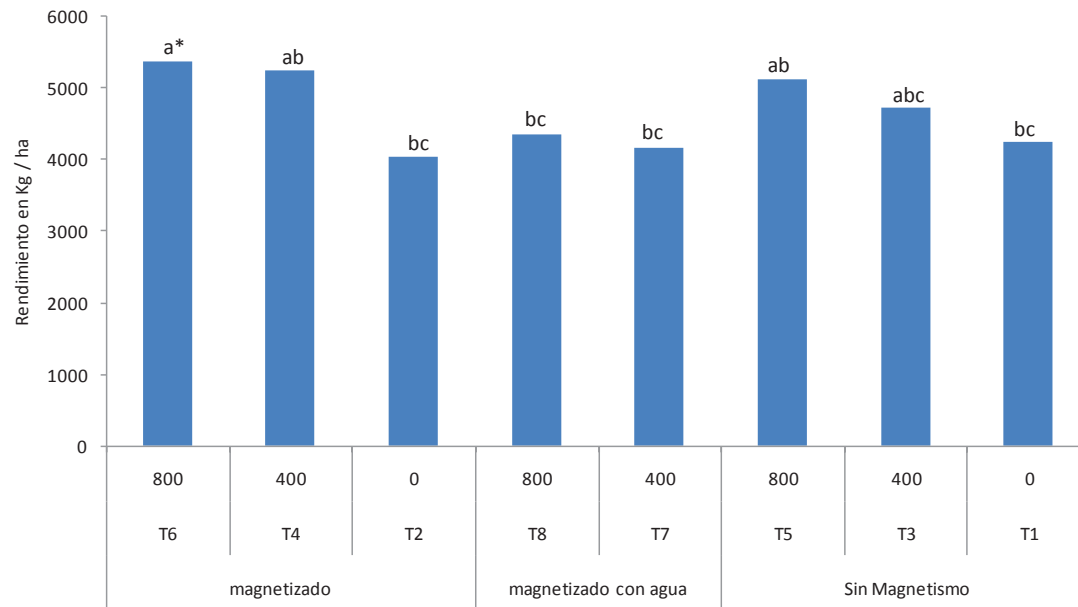


Figura 7. Rendimiento por hectárea de calidad primera para los diferentes tratamientos de fertilizante y magnetización.

tratamiento dos mostró el menor porcentaje. Por otra parte en el contenido de calcio y magnesio, todos los tratamientos mostraron una homogeneidad en relación a los valores porcentuales (Tabla 1). De esta manera los tratamientos con mayor dosis de fertilizante  $800 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  independientemente del de la intensidad del campo magnético son quienes reportan los mayores contenidos de fósforo en peciolas, así mismo los tratamientos con dosis de fertilizante  $400 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  presentaron resultados similares a los tratamientos con dosis de  $800 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de fertilizante. Estos resultados demuestran que a medida que se incrementan las dosis de fertilizante el contenido de fósforo en peciolas aumenta.

## BIBLIOGRAFIA

1. AGENCIA DE NOTICIAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE COLOMBIA. 2005. Boletín: colombianos productores nuevas variedades de papa criolla con gran potencial de exportación.
2. ÁVILA, D.; RUIZ, H. 2003. Efecto de la aplicación al suelo y foliar de boro sobre papa criolla, en un andisol de la calera Cundinamarca. Trabajo de grado I.A. U.D.C.A. (114p). Bogotá,
3. AGUIRRE, A.; PRECIADO, I. 2005. Evaluación del efecto de la aplicación foliar de B, Ca y Zn sobre el rendimiento de tubérculos en la variedad de papa Roja Nariño (*Solanum tuberosum* L.). Trabajo de grado
4. BERNAL, H.; GÓMEZ, P. 2004. Comportamiento de la papa criolla (*Solanum phureja*) a la aplicación de elementos menores Fe, Cu, Mn, Zn, B en suelos de la serie Bermeo. Trabajo de grado. Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad de Ciencias Aplicadas Ambientales (UDCA), Bogotá.
5. CASTRO, O.; RUIZ, Z. 1972. Estudio de los azúcares y otros componentes químicos inmediatos de la papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk). Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de química. (pp.5- 14) Bogotá. Colombia.
6. CARO, S.F. 1982. Estudio preliminar sobre adaptación y respuesta agroeconómica de la papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk) a la aplicación de dos fertilizantes en la granjatuquavita (Paipa, Boyacá). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. (pp.6-51). Tunja, Boyacá.
7. CASTRO, O.; RUIZ, Z. 1972. Estudio de los azúcares y otros componentes químicos inmediatos de la papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk). Trabajo de grado (Ingeniero Químico). (pp. 5-14) Bogotá. Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias. Departamento de química.

- Censo nacional de la papa. 2003. Revista papa; N. 23. Noviembre.
8. CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP). 1998. La papa en cifras: producción, uso, consumo, comercialización: disponible en internet en: En Actualidad de la papa [http://www.Cipotato.org/potato/facts/pot\\_facts\\_esp\\_papaprod.pdf](http://www.Cipotato.org/potato/facts/pot_facts_esp_papaprod.pdf); consulta julio de 2010.
  9. DUNK, J.; SOOK, H. 2000. Acceleration of germination of tomato seed by applying Ac electric and magnetic fields. Department of Electric Engineering. College of Engineering, Kungook National University. South Korea. J. Electrostatics. 48 (2), 103–114.
  10. OSCAR, M. Miembro del grupo de Instrumentación Científica y Didáctica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, 4 de enero de 2008. Disponible desde Internet en: [http://www.colciencias.gov.co/portaicol/index.jsp?opcionCalend ar=4&cargaHome=2&id\\_noticia=350](http://www.colciencias.gov.co/portaicol/index.jsp?opcionCalend ar=4&cargaHome=2&id_noticia=350)
  11. FEDEPAPA. 1988. La Gota, La principal enfermedad del cultivo de la papa. Boletín de Información Técnica N° 107 Santa fe de Bogotá.
  12. FEDEPAPA. 1987. Fisiología del tubérculo semilla. Boletín de Información Técnico N° 96 Santa fe de Bogotá. Colombia.
  13. GARCÍA, B.; PANTOJA, C. 1998. Fertilización del cultivo de la papa en el departamento de Nariño. pp. 8-26. En: Guerrero, R. (ed.). Fertilización de cultivos de clima frío. Segunda edición. Monómeros Colombo-Venezolanos. (pp.370) Bogotá.
  14. GHOLE V. 1986. Effect of magnetic field on ascorbic acid oxidase activity. I. Z. Naturforsch, 41c:(pp.355-358).
  15. GOYES, B. 1984. Influence of constant magnetic fields on certain physiochemical properties of water. Bio electromagnetics. (pp. 169-175).
  16. HERNÁNDEZ, E. 1992. Producción de semilla básica de papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buk). En "Revista papa": Simposio nacional de papa criolla "yema de huevo" *Solanum phureja*. Bogotá, Colombia. FEDEPAPA.
  17. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. 1992. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Manual de Asistencia Técnica. C.I. Tibaitatá. (25), 64.
  18. KORDAS, L. 2002. The Effect of Magnetic Field on Growth, Development and the Yield of SpringWheat. Department of Soil Management and Plant Cultivation, Polish Journal of Environmental Studies Vol. 11, No. 5 (2002), 527-530
  19. LUJÁN, L. 1994. Fertilización en el cultivo de papa. (pp. 28 y 29). Bogotá, Colombia. ICA.
  20. LORA, R. 2003. Las propiedades químicas del Suelo y su fertilidad en: Manejo integral de la fertilidad del suelo. Sociedad Colombiana de la Ciencia del suelo. Editorial Guadalupe ETDA. (pp. 31-42) Bogotá. D. C.
  21. LORA, R.; Luna, E. 2008. Respuesta de la papa criolla (*Solanum phureja* juz et al. Buk) en calidad y rendimiento a la aplicación del magnetismo, bajo invernadero.
  22. MAHESWARI, B.; SINGH, H. 2009. Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productively. School of Natural Science. University of Western Sidney (pp.1229–1236.).(Australia). Agriculturewater Management. 96. ELSEVIER.
  23. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RÚRAL. 2006. Sistema de información para el sector Agropecuario. Bogotá.
  24. MUÑOZ, O.; ROJAS, D. 2003. Efecto de niveles y relaciones de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, en papa criolla. trabajo de grado I.A; U.D.C.A, (108 p). Bogotá, D.C.
  25. NEWMAN, E.; 1987. Electromagnetic fields and ionic reactions at membrane interfaces. Studia Biophysica, 119 (1-3): 13-15.
  26. OSIPOVA I.D., 1990. Influencia de los campos magnéticos sobre los tejidos de callos de frutales. Biull. Cent. Ord. Trud. Krasn. Zn. Genet. Lab. Im. Michurina, 49: 22-25.
  27. PAREJA, J.; RÍOS, G, VÉLEZ, A.; DÍAZ, C. 2006. Manejo agronómico de la papa criolla para el procesamiento industrial. Boletín técnico. Corpoica. Centro de investigación La Selva Rionegro Antioquia. 44p.
  28. PEREZ, L.; RODRÍGUEZ, L y Gómez, M. 2008. Efecto del fraccionamiento de la fertilización con N, P, K y Mg y la aplicación de micronutrientes B, Mn y Zn en

- el rendimiento y calidad de lapapa criolla (*Solanum phureja*) variedad Colombia. Agr. Col. 26(3), 477-479.
29. PITTMANU. J.; ORMORD. P. 1970 Physiological and Chemical Features of Magnetically Treated Winter Wheat Seed and Resultant Seedlings, Can. J. Plant Sci. 50, 211.
30. PORRAS, P. 2005. Guía para papa criolla, clon 1, Fedepapa. En: Papas Colombianas 2000 con el mayor entorno ambiental. Ventana al campo Andino (Colombia). 3(1):65-67.
31. RODRIGUEZ, F. 2002. Efecto de la aplicación del fertilizante 12-34-12 en papa criolla en unandisol de Cundinamarca. Trabajo de grado I.A; U.D.C.A. (87 p) Bogotá D.C.
32. ROJAS, M. 2010. Tratamiento magnético del agua en la agricultura y ganadería. En: Asistencia técnica en tribología. (110p). México. Sonora. Talburt, W. Smith, O. 1987. Potato processing. 4th Edition. California, EE.UU.
33. THE POTASH y PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA, 1988. Manual de fertilidad desuelos. Primera edición. (pp.37-57).
34. TORRES, C.; DÍAZ, J.; CABAL, P. 2008. Efecto de campos magnéticos en la germinación de semillas de arroz (*Oriza sativa*) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Agr. Col. 26(2): 177-185.
35. VÁSQUEZ, O.; GÓMEZ, H.; SEGURA, G.; ROSALES, R. 2006. Efectos de campos magnéticos en material orgánico. Revista Colombiana de Física, 38, (3): 1307-1310.
36. ZAVALETA, M.; VALERA, A. 2000. Efecto del campo magnético en el tratamiento de aguas. En revista TECNICA, Vol. 8. N° 1 Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.