



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales**

**Escuela de Ingeniería Agropecuaria**

**EFFECTO DEL ENCALADO SOBRE EL RENDIMIENTO DE PAPA  
*Solanum tuberosum* L. EN LA PARROQUIA DE JULIO ANDRADE  
PROVINCIA DEL CARCHI**

**AUTOR:**

**FABIAN PATRICIO GUERRERO FUELTALA**

**DIRECTOR DE TESIS**

Ing. Franklin Valverde, M.Sc.

**ASESORES:**

Ing. Jorge Revelo, M.Sc.

Ing. Carlos Cazco, M.Sc.

Ing. Galo Varela

**BENEFICIARIOS:** Parroquia de Julio Andrade

Universidad Técnica del Norte

**Carchi – Ecuador  
Julio, 2007**

## HOJA DE VIDA DEL INVESTIGADOR



**APELLIDOS:** GUERRERO FUELTA

**NOMBRES:** FABIAN PATRICIO

**CÉDULA DE CIUDADANIA:** 040138317-9

**TELEFONO CONVENCIONAL:**

**TELEFONO CELULAR:** 093116898

**E- mail:** [patricio\\_gf@yahoo.com](mailto:patricio_gf@yahoo.com)

**DIRECCION:**

**Provincia**  
Carchi

**Ciudad**  
Tulcán

**Parroquia**  
Julio Andrade

**FECHA DE DEFENSA DE TESIS**

17 DE JULIO DEL 2007

**DATOS DE LA EMPRESA DONDE TRABAJA.**

QUIFATEX S.A.

QUITO:

Av. 10 de Agosto 10640 y Manuel Zambrano.

Telf: 2485131 \* Fax: 2478600

## RESUMEN

La papa constituye uno de los productos principales dentro de la canasta básica de las familias ecuatorianas, especialmente en la población de ingresos medios y bajos, que según el INEC (2000), asignan aproximadamente el 10% del gasto total en alimentos.

La provincia del Carchi produce alrededor del 35 % de la producción nacional de papa en menos del 13% de la tierra dedicada a este cultivo, con un rendimiento promedio a nivel provincial de 14.1 TM/ha (Censo Nacional Agropecuario, 2000).

El uso excesivo de fertilizantes químicos (nitrogenados y fosforados), zonas con altas precipitaciones y alta extracción de bases ( $K^+$ ,  $Ca^{++}$  y  $Mg^{++}$ ) por la cosecha de los cultivos; se consideran como las causas principales para que el suelo presente acidez.

Es así, que esta investigación se encamina a buscar las mejores épocas y dosis de aplicación de cal, con el fin de reducir la concentración de aluminio libre en el suelo e incrementar su pH. Tomando en cuenta los factores señalados anteriormente, el objetivo de la presente investigación fue Determinar el efecto del encalado en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum Tuberosum L*) en la parroquia de Julio Andrade Provincia del Carchi.

En la investigación se analizaron específicamente los siguientes objetivos, evaluar la respuesta del cultivo de papa a la aplicación de niveles de cal en un suelo ácido del Carchi, establecer el efecto de diferentes épocas de aplicación de cal en el rendimiento de papa, estudiar el comportamiento agronómico del cultivo de papa frente a la aplicación de cal, realizar el análisis económico, mediante el Presupuesto Parcial del CIMMYT, (1988).

El diseño experimental empleado fue el de bloques completos al azar con 10 tratamientos (3 x 3 + 1) y 4 repeticiones, bajo un arreglo factorial AxB +1; donde A fueron los niveles de cal y B las épocas de aplicación + 1 testigo sin cal.

Las variables evaluadas en la investigación fueron: porcentaje de emergencia, altura de plantas 45 días después de la siembra y la segunda medición a la floración, número de plantas cosechadas, rendimiento en primera segunda y tercera categoría y pH del suelo.

De los resultados obtenidos en la investigación la variable porcentaje de emergencia y número de plantas cosechadas no se realizó análisis estadístico ya que existió un 100% de germinación; las variables altura de plantas 45 días después de la siembra, altura de plantas a la floración, rendimiento en primera, segunda y tercera categoría no demostró diferencias significativas,

Con respecto variable pH de suelo se evaluó al final del cultivo detectando diferencias significativas al 1% para bloques, tratamientos, niveles de cal (N), y testigo vs resto lo cual nos demuestra que las dosis de aplicación de cal incrementan el pH del suelo.

## CONCLUSIONES

- Las variables, altura de plantas 45 días después de la siembra, a la floración, rendimiento en TM/ha primera, segunda, tercera categoría y el total no presentaron diferencias estadísticas al 5% por la aplicación de cal; por lo cual se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula.
- El tratamiento testigo fue el que obtuvo el menor rendimiento total de papa con un promedio de 33270 kg/ha, y el rendimiento más alto fue para el T3 con un promedio de 39650 kg/ha. La diferencia en el rendimiento fue de 6380 kg/ha; esto corresponde a un incremento en el rendimiento del 19.18%.
- El análisis económico del Presupuesto Parcial determinó una tasa de retorno marginal (TRM) de 384% para el tratamiento T3 (2 TM/ha después de la siembra), lo que significa que para los agricultores es el mejor tratamiento económico.

- El cultivo de papa variedad INIAP Gabriela con una acidez intercambiable de 2.00 meq/100 ml, y un valor de pH 4.7 ácido según interpretación del análisis de suelo, es tolerante a la acidez.
- La aplicación de cal al suelo incremento el pH de suelo de 4.75 en el testigo a 5.34, con el nivel de 4 TM/ha; con el de 6 TM/ha a 5.30 y con el de 2 TM/ha a 5.13; a la final de la investigación.
- Las épocas de aplicación de cal no influyen en el pH del suelo a la cosecha del cultivo de papa.
- La alta variabilidad que existió en el rendimiento total de papa para tratamientos se debe a los factores externos a la investigación, como fue la helada y la granizada, estos factores ayudan a tener diferencias significativas.

## **RECOMENDACIONES**

- En el cultivo de papa evaluar de nuevo niveles de cal y épocas de aplicación, en diferentes localidades y con los resultados obtenidos corroborar con los de esta investigación.
- Este tipo de ensayo se lo debe realizar en dos ciclos de cultivo consecutivos y rotar con pastos, para que la cal tenga mayor tiempo para reaccionar y poder evaluar de mejor manera el efecto inicial y residual del encalado.
- Es necesario investigar el efecto del encalado en suelos ácidos, utilizando cultivos susceptibles a la acidez del suelo, como son las leguminosas y gramíneas en general.
- Al realizar una incorporación de cal, se debe tener muy en cuenta que el suelo este completamente húmedo, para que de esta forma la cal reaccione y reduzca la acidez del suelo.
- De acuerdo con el análisis económico parcial de (CIMMYT, 1998), se recomienda el tratamiento T3 (2 TM/ha después de la siembra), por presentar la mayor tasa de retorno marginal.
- Estadísticamente no se recomienda encalar para el cultivo de papa, por ser tolerante a la acidez del suelo.

## SUMMARY

The potato is one of the principle products among basic food groups for Ecuadorian families, especially in the middle class population, according to, INEC (2000), show approximately 10% of the total food expenditure.

The Province of Carchi produces about 35% of the production of the national potato production at least 13% of the land dedicated to this growth, with a performance average of the level province of 14.1 TM/ha (National Census Agricultural 2000).

The expensive use of the fertilizer (nitrogens and fosforited) zone with precipitations highest and the extractions the basic highest ( $K^+$   $Ca^{++}$ ) for the harvest of the growth; it 's considered the principles cause for the lands productions of acid.

It 's like this investigation is going to look for the best time to apply doses of lime, the purpose is to reduce the aluminum, concentration in the land and to add its pH.

According to the previously show facts, the principal object of this investigation it was to determin the treated performance of the potato growth (*Solanum Tuberosum L.*) in Julio Andrade Province of Carchi.

In the investigation specially analyzed the following objectives:

- To evaluate the ansevers of the potatoes growth to apply the levels of the lime in the potato performance.
- To study behavior of the potato growth within application lime.
- To realize the economic analysis, by means of the parcial budget (CIMMYT, 1988)

The experimental design used it was the complete blocks at the random with 10 treatment (3 x 3 +1) and 4 repetitions, least at the factorial arrangement A x B +1, where a were of the levels lime; B the time of application of lime +1 proof without lime.

The variables evaluated in the investigations were percentages of the emergency, of the plant highest 45 days after that planting and the second at the flower, number of the plants harvested, performance at the first, second and third category and pH of the land.

The results obtained in the investigation the percentage variable of the emergency and number of the plans harvested at the statical analyzed was not carried out it had 100% of the germination the variables highest of the plants, 45 days after harvest, plant highest at the flower, performance in first second and third category, they didn't show meaningful differences.

According to variable pH of the land it was evaluated at the end of the growth detected meaningful differences to 1% for blocks, treatments, levels of lime (N) and wetness vs subtraction for this way, it showed the apply dose of the increase lime pH of the soil.

## CONCLUSIONS

- The variables, plant highest, 45 days after that planting, at the flower, performance TM/ha, first, second, third category and the total did not show stadistic differences at 5% for applying of the lime. That 's way it 's denied the hyphotesis and repealed an other hyphoteses.
- The witness treatment was obtained the least total performance of the potatoes average 33270 Kg/ha and performance highest it was 6380Kg/ha, that concern at the increase in the performance of the 19, 18% lime.
- The economy analyze of the parcial budget made up one 's mend of rate marginal (TRM) of 384% of the treatment of the treatment T3 (2TM/ha after that planting), that means to the farmers is the best economic treatment.

- The variety growth of potato INIAP Gabriela with interchange acid of 2.00 meq/100ml, at the value pH 4.7 acid according to the interpretation of the land analyzes is tolerant at the acid.
- The apply of the lime add of pH of the land 4.75 in the witness to 5.34 with level 4<sup>Th</sup>/ha with 5.30 and 2TM/ha 5.13 at the finaly investigation.
- The time of the lime investigation doesn't have influence in land pH in the harvest growth potato.
- The variable, highest of the lime existed in the total potato performance treatment this should have at the external environment treatment in the investigation as the fruzer and iced drink these levels help to have meaningful differences.

### **RECOMENDATIONS**

- In the growth of potatoes we should evaluate again, the level of the lime and the application in the other times in diffents places with the result obtained to help with this investigation.
- This type of trial it should realize in two cycles of the grow the consecutive and rotated with spend and lime can have time to react and it can evaluate the best way in the inical effect and residual treated in the acid land, using growth suceptibles at the acid of the land, as pulses, and gramineas in general.
- To realize an incorporation lime, it should show that the grand should be completly humed, this was the lime will react and will reduce the acid of the grand.
- According to the parcial analys economic (CIMMYT, 1998) it's recommended the treatment T3 (2TM/ha after planting) this occurs to show mayor rate marginal return.
- Stadisticky it's not recommended to show the growth potato that's why it is tolerant the acid of the grand.

## ARTÍCULO CIENTÍFICO

### GENERAL

Determinar el efecto del encalado en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum Tuberosum* L) en la parroquia de Julio Andrade Provincia del Carchi.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar la respuesta del cultivo de papa a la aplicación de niveles de cal en un suelo ácido del Carchi.
- Establecer el efecto de diferentes épocas de aplicación de cal en el rendimiento de papa.
- Estudiar el comportamiento agronómico del cultivo de papa frente a la aplicación de cal.
- Realizar el análisis económico, mediante el Presupuesto Parcial del CIMMYT, (1988).

### Metodología

#### Factores en estudio

Los factores en estudio fueron:

#### A: Niveles de cal agrícola

N1 = 2 Toneladas/ha  
N2 = 4 Toneladas/ha  
N3 = 6 Toneladas/ha

#### B: Épocas de aplicación

E1 = Antes de la siembra (un mes antes)  
E2 = Durante la siembra  
E3 = Después de la siembra (tres días antes del retape)

#### Tratamientos y Diseño Experimental

Los tratamientos en estudio (cuadro 6) fueron 10, provenientes de la combinación de los 3 niveles de cal y 3 épocas de aplicación + el testigo sin cal.

Tratamientos que se evaluaron en el ensayo de encalado en el cultivo de papa. Carchi, Julio Andrade, 2007.

Tratamientos		Dosis de cal TM/ha	Épocas de Aplicación
No	Código		
1	N1E1	2	Antes de la siembra
2	N1E2	2	Durante la siembra
3	N1E3	2	Después de la siembra
4	N2E1	4	Antes de la siembra
5	N2E2	4	Durante la siembra
6	N2E3	4	Después de la siembra
7	N3E1	6	Antes de la siembra
8	N3E2	6	Durante la siembra
9	N3E3	6	Después de la siembra
10	N0E0	0	Testigo

El diseño experimental empleado fue el de bloques completos al azar con 10 tratamientos (3 x 3 + 1) y 4 repeticiones, bajo un arreglo factorial AxB +1; donde A fueron los niveles de cal y B las épocas de aplicación + 1 testigo sin cal.

#### Características del ensayo

Tratamientos:	10
Repeticiones:	4
Unidades experimentales:	40
Área total del ensayo:	2016 m <sup>2</sup> (72 m x 28 m)
Área neta:	1440 m <sup>2</sup> (60 m x 24 m)

#### Características de la unidad experimental

Área total de la parcela:	6 m x 6 m (36 m <sup>2</sup> )
Largo de surcos:	6 m
Número de surcos:	5
Número de plantas por surco:	12
Distancia entre surcos:	1.20 m
Distancia entre plantas:	0.50 m
Parcela neta:	18 m <sup>2</sup> (3.6 m x 5 m)
Número de plantas por parcela neta:	30 (3 surcos centrales y 10 plantas por surco se eliminaron las plantas de los extremos).

#### VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

##### Porcentaje de emergencia

A los 35 días después de la siembra, se procedió a contar las plantas emergidas en la parcela neta de cada unidad experimental y luego se transformo a porcentaje (%), considerando el número de tubérculos sembrados.

##### Altura de plantas

La altura de plantas se midió a los 45 días después de la siembra, y la segunda medición cuando se presento el 50% de la floración, con una cinta métrica en la parcela neta, se midieron 10 plantas al azar desde la base del tallo hasta la parte apical.

## Número de plantas cosechadas

Antes de la cosecha, se contó el número de plantas por parcela neta de cada unidad experimental.

## Rendimiento

La cosecha se realizó a la madurez fisiológica, en los tres surcos centrales, eliminando una planta en cada extremo de los surcos (parcela neta). La evaluación de esta variable se efectuó por categorías; de la siguiente manera:

Clases	Peso de tubérculos
Primera	Mayores a 60 g
Segunda	30 a 60 g
Tercera	Menores a 30 g

Luego de la selección de los tubérculos, se procedió a pesar por categorías en kg/PN y posteriormente se transformó a TM/ha.

## pH del suelo

Para el análisis de pH del suelo, después de la cosecha se tomaron 20 submuestras en cada unidad experimental, a una profundidad de 20 cm.

## Análisis Económico

Se realizó de acuerdo a la metodología del presupuesto parcial del CIMMYT, (1998); para ello fue necesario tomar los costos que varían para cada tratamiento como: costo de la cal, transporte de la cal, costo de aplicación de la cal, costo de incorporación de la cal, tiempos en cada actividad y número de jornales.

## CONCLUSIONES

- Las variables, altura de plantas 45 días después de la siembra, a la floración, rendimiento en TM/ha primera, segunda, tercera categoría y el total no presentaron diferencias estadísticas al 5% por la aplicación de cal; por lo cual se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula.
- El tratamiento testigo fue el que obtuvo el menor rendimiento total de papa con un promedio de 33270 kg/ha, y el rendimiento más alto fue para el T3 con un promedio de 39650 kg/ha. La diferencia en el rendimiento fue de 6380 kg/ha; esto corresponde a un incremento en el rendimiento del 19.18%.
- El análisis económico del Presupuesto Parcial determinó una tasa de retorno marginal (TRM) de 384% para el tratamiento T3 (2 TM/ha después de la siembra), lo que significa que para los agricultores es el mejor tratamiento económico.
- El cultivo de papa variedad INIAP Gabriela con una acidez intercambiable de 2.00 meq/100 ml, y un valor de pH 4.7 ácido según interpretación del análisis de suelo, es tolerante a la acidez.
- La aplicación de cal al suelo incrementó el pH de suelo de 4.75 en el testigo a 5.34, con el nivel de 4 TM/ha; con el de 6 TM/ha a 5.30 y con el de 2 TM/ha a 5.13; a la final de la investigación.
- Las épocas de aplicación de cal no influyen en el pH del suelo a la cosecha del cultivo de papa.

- La alta variabilidad que existió en el rendimiento total de papa para tratamientos se debe a los factores externos a la investigación, como fue la helada y la granizada, estos factores ayudan a tener diferencias significativas.

## RECOMENDACIONES

- En el cultivo de papa evaluar de nuevo niveles de cal y épocas de aplicación, en diferentes localidades y con los resultados obtenidos corroborar con los de esta investigación.
- Este tipo de ensayo se lo debe realizar en dos ciclos de cultivo consecutivos y rotar con pastos, para que la cal tenga mayor tiempo para reaccionar y poder evaluar de mejor manera el efecto inicial y residual del encalado.
- Es necesario investigar el efecto del encalado en suelos ácidos, utilizando cultivos susceptibles a la acidez del suelo, como son las leguminosas y gramíneas en general.
- Al realizar una incorporación de cal, se debe tener muy en cuenta que el suelo este completamente húmedo, para que de esta forma la cal reaccione y reduzca la acidez del suelo.
- De acuerdo con el análisis económico parcial de (CIMMYT, 1998), se recomienda el tratamiento T3 (2 TM/ha después de la siembra), por presentar la mayor tasa de retorno marginal.
- Estadísticamente no se recomienda encalar para el cultivo de papa, por ser tolerante a la acidez del suelo.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. ALVARADO, A., G. ACOSTA, Y E. AYALA. 1989. La acidez del suelo y el encalado de cultivos anuales en el Chapare. Revista de Agricultura de Bolivia. No. 14 -24.
2. BARRERA, B L. L. 1994. La fertilidad de los suelos de clima frío y la fertilización de cultivos. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.
3. CHÁVEZ, M. A. 1993. Importancia de las características de calidad de los correctivos de acidez del suelo: desarrollo de un ejemplo práctico para su cálculo. San José – Costa Rica. DIECA. 41p.
4. ESPINOSA, J. 1987. Efecto del encalado en las propiedades químicas de suelos ecuatorianos. Memorias del Primer Congreso Nacional de Ciencias de la Comunidad Científica Ecuatoriana. Quito - Ecuador.
5. ESPINOSA, J. 1994. Acidez y encalado de los suelos en: F. Silva M. (ed). Fertilidad de suelos: Diagnóstico y control. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Bogotá - Colombia. 113 – 128p.
6. ESPINOSA, J. MOLINA, E. 1999. Acidez y encalado de los suelos. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Quito - Ecuador. 42 p.
7. INPOFOS, 1997. Manual Internacional de fertilidad de Suelos, primera Edición, Quito - Ecuador.

## RESUMEN EJECUTIVO

### PROBLEMA

El uso excesivo de fertilizantes químicos (nitrogenados y fosforados), zonas con altas precipitaciones y alta extracción de bases ( $K^+$ ,  $Ca^{++}$  y  $Mg^{++}$ ) por la cosecha de los cultivos; se consideran como las causas principales para que el suelo presente acidez.

### JUSTIFICACIÓN

Es así, que esta investigación se encamina a buscar las mejores épocas y dosis de aplicación de cal, con el fin de reducir la concentración de aluminio libre en el suelo e incrementar su pH.

### OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto del encalado en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum Tuberosum* L) en la parroquia de Julio Andrade Provincia del Carchi.

### Los objetivos específicos

- Evaluar la respuesta del cultivo de papa a la aplicación de niveles de cal en un suelo ácido del Carchi.
- Establecer el efecto de diferentes épocas de aplicación de cal en el rendimiento de papa.
- Estudiar el comportamiento agronómico del cultivo de papa frente a la aplicación de cal.
- Realizar el análisis económico, mediante el Presupuesto Parcial del CIMMYT, (1988).

La presente investigación fue realizada en la Provincia del Carchi, Cantón Tulcán Parroquia Julio Andrade, Comunidad Casa Fría, a 3000 msnm con una temperatura media anual de 12.2°C.

### Metodología

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con 10 tratamientos (3 x 3 + 1) y 4 repeticiones, bajo un arreglo factorial AxB +1; donde A fueron los niveles de cal y B las épocas de aplicación + 1 testigo sin cal.

Las variables evaluadas en la investigación fueron: porcentaje de emergencia, altura de plantas 45 días después de la siembra y la segunda a la floración, número de plantas cosechadas, rendimiento en primera segunda y tercera categoría y pH del suelo.

### Resultados y Conclusiones

De los resultados obtenidos en la investigación la variable porcentaje de emergencia y número de plantas cosechadas no se realizó análisis estadístico ya que existió un 100% de germinación; las variables altura de plantas 45 días después de la siembra, altura de plantas a la floración, rendimiento en primera, segunda y tercera categoría no demostró diferencias significativas,

Con respecto a la variable pH de suelo se evaluó al final del cultivo detectando diferencias significativas al 1% para bloques, tratamientos, niveles de cal (N), y testigo vs resto lo cual nos demuestra que las dosis de aplicación de cal incrementan el pH del suelo.

### Recomendaciones

En base al análisis económico, de acuerdo a la metodología del presupuesto parcial del manual del CIMMYT. El mejor tratamiento fue el T3 (2 TM/ha) después de la siembra ya que presentó una Tasa de Retorno Marginal (TRM) de 384%, lo que significa que por cada dólar invertido en

cal se obtiene 3.84 dólares, lo cual determina una rentabilidad del encalado en el cultivo de papa. La TRM supera la Tasa Mínima de Retorno (TAMIR) que para este tipo de investigaciones en nuestro país se estima en 50%. El T3 (N1E3) presentó el mejor rendimiento de papa 39,65 TM/Ha.