

**DETERMINACION DE LOS NIVELES OPTIMOS DE
FERTILIZACION QUIMICA EN EL CULTIVO DE
CHOCHO (*Lupinus mutabilis* SWEET), EN TRES
LOCALIDADES DE LA SIERRA ECUATORIANA.**

JORGE ESTEBAN RIVADENEIRA RUALES

**TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERIO AGRONOMO**

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS

QUITO

1999

VII. RESUMEN

La presente investigación se realizó en dos fases: la primera fase en invernadero donde se aplicó la metodología del elemento faltante en sistema hidropónico y la segunda fase se efectuó en tres localidades (Cotopaxi, Pichincha y Chimborazo) en donde se evaluó diferentes dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.

Los objetivos fueron:

- Determinar los niveles óptimos de fertilización nitrogenada y fosfatada del chocho en tres zonas representativas del cultivo.
- Identificar y caracterizar las deficiencias nutricionales del chocho.
- Determinar la curva de absorción de nutrientes con relación a la curva de crecimiento de chocho.
- Evaluar la rentabilidad económica del cultivo con el uso de fertilización química.

Los factores en estudio fueron:

1. Fertilización con nitrógeno

$n_0 = 0$ kg de nitrógeno/ha

$n_1 = 20$ kg de nitrógeno/ha

$n_2 = 40$ kg de nitrógeno/ha

2. Fertilización con fósforo

$p_0 = 0$ kg de fósforo/ha

$p_1 = 30$ kg de fósforo/ha

$p_2 = 60$ kg de fósforo/ha

$p_3 = 90$ kg de fósforo/ha

$p_4 = 120$ kg de fósforo/ha

3. Testigos

$t_1 = (20$ kg de nitrógeno - 60 kg de fósforo - 20 kg de K_2O)/ha

$t_2 = (20$ kg de nitrógeno - 60 kg de fósforo - 40 kg de K_2O)/ha

$t_3 = (1$ tonelada métrica de humus/ha)

4. Localidades:

$l_1 =$ Pichincha

$l_2 =$ Cotopaxi

$l_3 =$ Chimborazo

Los tratamientos evaluados en campo fueron 18, producto de la combinación de los dos factores más tres adicionales, se aplicó un Diseño de Bloques Completos al Azar con un arreglo factorial $3 \times 5 + 3$, con tres repeticiones.

Se evaluó 13 variables en campo en las cuales se aplicó las pruebas de significancia de DMS y Tukey al 5% en las fuentes de variación que determinaron significación estadística. Se utilizó semilla de chocho, variedad Cotopaxi y la siembra se realizó manualmente. En todos los tratamientos se realizó tres controles fitosanitarios a partir de la emergencia y una labor de deshierba y aporque a los 60 días.

En invernadero se aplicó la metodología del elemento faltante en un sistema hidropónico. Fueron 13 tratamientos y estuvo constituido por una maceta de 3000 ml de solución, en donde se pusieron 4 plantas y se realizaron 3 repeticiones. Las plantas se pusieron a germinar en pomina, regadas con agua destilada, en bandejas que contenían 162 plantas y una vez brotadas las primeras hojas se procedió a trasplantar al sistema hidropónico.

Los principales resultados obtenidos en campo en la presente investigación se puede resumir en lo siguiente:

Para la variable porcentaje de emergencia se encontró diferencias altamente significativas para el factor nitrógeno el cual presentó un efecto lineal. El promedio general fue 67.313% de emergencia con un coeficiente de variación de 17.09%. Con el nivel n_0 (0 kg/ha) se obtuvo mayor porcentaje de emergencia con promedios de 71.045%, mientras el nivel n_2 (40 kg de nitrógeno/ha) con un promedio de 59.630% fue el que menor emergencia mostró.

En la variable porcentaje de emergencia presentó diferencias altamente significativas para la comparación Factorial vs Testigos. El mayor promedio lo obtuvo los testigos con un promedio de 75.086%, mientras el factorial con un promedio de 65.758% se ubicó con el promedio más bajo.

En la variable número de flores en el eje central se encontró diferencias significativas para la comparación Factorial vs Testigos. El promedio general fue de 33.052 flores en el eje central con un coeficiente de 15.12%. El mayor promedio lo obtuvo el factorial con 34.078 flores mientras los testigos tuvieron un promedio de 35.407 flores. Para la

comparación t_3 vs t_1, t_2 se encontró diferencias altamente significativas. El de mayor promedio estuvo a cargo de t_1, t_2 con 37.666 flores mientras t_3 tuvo un promedio de 30.888 flores.

En cuanto a número de vainas totales por planta, el análisis de varianza detectó diferencias significativas para fósforo, el cual presentó un efecto cuadrático. El promedio general fue de 49.407 vainas con un coeficiente de variación de 23.81%. Con la aplicación de p_2 (60 kg de fósforo/ha) se obtuvo el mejor promedio con 58.611 vainas, mientras p_0 (0 kg de fósforo/ha) con 45.722 vainas obtuvo el promedio más bajo. También presentó diferencias significativas para el factorial $N \times P$. El mejor promedio lo obtuvieron $n_1 p_2$ (20-60 kg/ha) y $n_2 p_2$ (40-60 kg/ha) con 58.333 y 59.833 vainas respectivamente, mientras el de más bajo promedio fue $n_1 p_0$ (20-0 kg/ha) con 37.167 vainas.

La variable peso de 100 semillas; encontró diferencias altamente significativas para la comparación t_1 vs t_2 . El promedio general fue de 27.926g con un coeficiente de variación de 5.40%. El mayor promedio lo obtuvo t_2 con 28.740g mientras t_1 tuvo un promedio de 26.153g. En cuanto la variable número de granos por vaina, se encontró diferencias significativas para la comparación t_3 vs t_1, t_2 . El promedio general fue de 4.593 granos, con un coeficiente de variación de 11.63%. El mayor promedio fue para t_3 con 5.000 granos, mientras t_1, t_2 obtuvo un promedio de 4.400 granos.

La variable rendimiento presentó diferencias altamente significativas para localidades. El promedio general fue de 1673.829 kg/ha, con un coeficiente de variación de 27.86%. El mayor promedio lo obtuvo la localidad l_2 (Cotopaxi) con 1802.102 kg/ha, mientras l_1 (Pichincha) tuvo un promedio de 1545.556 kg/ha. En la localidad de Pichincha se encontró diferencias significativas para el factor nitrógeno el cual presentó un efecto lineal. El mayor promedio lo obtuvo n_0 (0 kg de urea/ha) con 1772.97 kg/ha, mientras n_2 (40 kg de urea/ha) obtuvo el promedio más bajo con 1353.63 kg/ha.

a curva de absorción de nitrógeno, fósforo y potasio para el chocho, determina que para estos cultivos con características químicas y condiciones ambientales, similares a las que se realizó la investigación, el nitrógeno se deberá aplicar a la siembra, el fósforo por la pendiente de la curva de absorción y las características de este nutriente se debe aplicarlo

todo al momento de la siembra, mientras que el potasio se puede aplicar un 50% a la siembra y el restante 50% después de 60 a 80 días de la siembra.

Los principales resultados obtenidos en invernadero en la presente investigación se puede resumir en los siguientes:

Con la deficiencia de nitrógeno las plantas son pequeñas, tallos delgados, pecíolos cortos y delgados. Las hojas presentan un amarillamiento desde la base de las hojas. A medida que avanza la carencia de nitrógeno, la planta se torna con un amarillamiento completo. Sistema radicular poco desarrollado con presencia de nódulos. La clorosis no es acentuada, debido a la fijación biológica de nitrógeno atmosférico.

Con deficiencia de fósforo se detiene el crecimiento de las plantas provocando enanismo. las hojas presentan manchas púrpuras en forma de puntos en el haz y en el envés, siendo más acentuado en el envés. Las hojas de la base presentan una decoloración amarillenta, pecíolos y tallos delgados, hay reducción del área foliar. Reducción del crecimiento radicular y de color pardo.

Con deficiencia de potasio las plantas son pequeñas debido a que se detiene el crecimiento, al inicio se presenta una clorosis en las hojas viejas en forma de “V” invertida; a medida que avanza la deficiencia aparecen pequeñas manchas de color café oscuro (necrosis). Posteriormente se presenta la muerte de los folíolos y de la planta. Sus raíces son mucilaginosas y largas.

Con deficiencia de calcio presenta una flacidez de sus hojas desde la parte apical hacia abajo. Las hojas jóvenes del ápice toman una forma de gancho, reducción del crecimiento, necrosis y muerte de las yemas terminales y laterales. Las raíces son mucilaginosas, cortas y de color pardo oscuro, la planta al no disponer de calcio muere.

Con deficiencia de magnesio presenta una clorosis internerval que comienza en las hojas jóvenes y se generaliza hacia las hojas de la base de la planta; presentando un amarillamiento en los bordes de las hojas. Las nervaduras se mantienen verdes. Dentro de las manchas cloróticas mueren algunas zonas (necrosis), los ápices y bordes foliares curvados en las puntas, posteriormente ocurre un enrollamiento completo de la lámina foliar. Tiene un buen desarrollo radicular.

Con deficiencia de azufre las hojas jóvenes son de color verde claro con las nervaduras aún más claras (clorosis en toda la planta). Los brotes son cortos y frágiles. Reducción en el crecimiento de la planta. Sus raíces largas, abundantes, blancas y muy ramificadas.

Con deficiencia de zinc presenta clorosis internerval en las hojas, generalizado en toda la planta con las nervaduras verdes. Raíces largas y desarrolladas.

Con deficiencia de hierro al comienzo se presenta en las hojas jóvenes un amarillamiento – blanquecino bien acentuado. Conforme avanza la deficiencia presenta manchas necróticas en los folíolos del ápice hacia la base de la planta, los pecíolos son cortos, delgados y amarillentos. Las raíces son de coloración parda y son cortas.

Con deficiencia de manganeso presenta las hojas jóvenes una coloración verde amarillenta (clorosis internerval). A medida que avanza la deficiencia aparece un necrosamiento de color púrpura esparcido por toda la lámina foliar en forma de pecas, que pueden confundirse con enfermedades y deformaciones de las hojas, las nervaduras más finas permanecen casi verdes, dando a la hoja una apariencia reticulada, teniendo un desarrollo radicular mediano.

Con deficiencia de boro se detiene el crecimiento de la planta, sus hojas jóvenes del brote terminal toman coloración verde oscuro en los estados más avanzados del crecimiento las hojas se retuercen y atroflan. La yema terminal y laterales se atroflan y mueren. Hay una muerte descendente de la planta; el crecimiento radicular es erizado y escaso de coloración parda-oscuro.

Los síntomas visuales de deficiencia para **COBRE** y **MOLYBDENUM** no se presentaron en el período de desarrollo de la investigación.

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio se pudo concluir que:

La aplicación de nitrógeno, fósforo y testigos no influyeron significativamente en el rendimiento, lo que indica que el chocho se adapta a suelos pobres.

No hubo respuesta a la aplicación de fertilización nitrogenada puesto que se redujo el rendimiento de 1815.029 a 1532.097 kg/ha, el porcentaje de emergencia de 71.045 a 59.630%.

Los mayores rendimientos se obtuvieron con los tratamientos en que se aplicó fósforo en dosis de 30 a 60 kg/ha con 2085.547 y 2021.373 kg/ha, respectivamente.

Al realizar tanto el análisis de presupuesto parcial como los costos de producción se determina que la aplicación de 30 kg de fósforo/ha es el tratamiento más rentable.

Los mayores rendimientos se obtuvieron en la localidad de Cotopaxi con un promedio de 1802.102 kg/ha.

La metodología del elemento faltante indica la deficiencia de nitrógeno, fósforo y potasio que presentan síntomas evidentes, así como los elementos menores, con excepción de los micro elementos cobre y molybdenum.

El chocho es un cultivo que acumula grandes cantidades de nitrógeno (400 a 900 kg/ha), proveniente en su mayor parte de la fijación biológica de nitrógeno atmosférico.

El requerimiento de fósforo en el cultivo va de 30 a 60 kg /ha y para potasio de 200 a 400 kg /ha. Esto refleja una alta eficiencia de la planta para tomar nutrientes, en suelos que tienen una baja capacidad de abastecimiento de nutrientes como fósforo y potasio.

De acuerdo al análisis foliar de las curvas de absorción, a los rendimientos y a los análisis del suelo se determinó recomendaciones de fertilización al suelo, para nitrógeno, fósforo y potasio (**Cuadro 83**).

CUADRO 83. Recomendaciones de fertilización para chocho (*Lupinus mutabilis* SWEET), según los análisis del suelo, rendimientos y curvas de absorción. 1998.

CONTENIDO EN EL SUELO	NITROGENO kg/ha	FOSFORO kg/ha	POTASIO kg/ha
BAJO	20	60	40-60
MEDIO	0	30	20-40
ALTO	0	0	0-20

SUMMARY

This investigation was carried out in two phases: the first phase took place in a greenhouse where the methodology of the missing element in a hydroponic system was used, and the second phase was done in three locations (Cotopaxi, Pichincha and Chimborazo) where it was evaluated different doses of nitrogen, phosphorus and potassium.

The objectives were:

- Determine the best levels of fertilization using nitrogen and phosphorus for chocho (*Lupinus mutabilis*) in three representative zones of the cultivation.
- Identify and characterize the nutritional deficiencies of chocho (*Lupinus mutabilis*).
- Determine the curve of absorption of nutrients with relation to the curve of growth of chocho.
- Evaluate the economical profitability of the cultivation with the use of chemical fertilization.

The studied factors were:

1. Fertilization with nitrogen

n0= 0 kg of nitrogen/ha

n1= 20 kg of nitrogen/ha

n2= 40 kg of nitrogen/ha

2. Fertilization with phosphorus

p0= 0 kg of P₂O₅/ ha

p1= 30 kg of P₂O₅/ ha

p2= 60 kg of P₂O₅/ ha

p3= 90 kg of P₂O₅/ ha

p4= 120 kg of P₂O₅/ ha

3. Witnesses:

t1= (20 kg of nitrogen - 60 kg of P₂O₅/ ha - 20 kg of K₂O)/ha

t2= (20 kg of nitrogen - 60 kg of P₂O₅/ ha - 40 kg of K₂O)/ha

t3= (1 metric ton of humus/ha)

4. Locations:
 l_1 = Pichincha
 l_2 = Cotopaxi
 l_3 = Chimborazo

The treatments evaluated in field were 18, product of the combination of the two factors plus three additional, a Complete Random Blocks Design was applied with an factorial arrangement $3 \times 5 + 3$, with three repetitions.

13 variables were evaluated in field and afterwards were applied the significance tests of DMS and Tukey at 5% in the source of variation to determine statistical significance.

Seed of chocho was utilized, "Cotopaxi" variety and the sowing was carried out manually. Three controls against plagues and diseases were applied starting from the emergency and weeding and hilling were done 60 days later.

In the greenhouse the methodology of the missing element in a hydroponic system was used. There were 13 treatments constituted by a recipient of 3000 ml of solution, in where 4 plants were put cuith three repetitions. The plants began to germinate in planting bed, irrigated with distilled water, in trays that contained 162 plants and when the first leaves grew, the plants were transplanted to the hydroponic system.

The principal results gotten in the field of this investigation can be sumarized as the following:

For the variable percentage of emergency, high significant differences were found for the factor nitrogen which showed a lineal effect. The general mean was 67.313% of emergency with a variation coefficient of 17.09%. With the n_0 level (0 kg/ ha) a greater percentage of emergency was obtained with averages of 71.045 %, while the n_2 level (40 kg of nitrogen/ ha) with an average of 59.630% showed a lower level of emergency.

The variable percentage of emergency showed high significant differences for the Factorial comparison vs. Witness. The witnesses obtained the highest average with 75.086%, while the factorial with 65.758% obtained the lowest average.

In the variable number of flowers in the central axis significant differences were found for the Factorial comparison vs. Witness. The general average was 33.052 flowers in the central axis with a coefficient of 15.12%. The highest average was obtained by the factorial with 40.078 flowers while the witnesses had an average of 35.407 flowers. For the t_3 vs. t_1 , t_2 comparison, high significant differences were found. The highest average was found in t_1t_2 with 37.666 flowers while t_3 had an average of 30.888 flowers.

For the total number of pods per plant, the analysis of variance detected significant differences for phosphorus, which showed a quadratic effect. The general average was 49.407 pods with a variation coefficient of 23.81%. With the application of p_2 (60 kg of phosphorus/ ha), the best average with 58.611 pods was obtained, in p_0 (0 kg of phosphorus/ ha) with 45.722 pods got the lowest average. It also showed significant differences for the NxP factorial. The best average was obtained by n_1p_2 (20-60 kg/ ha) and n_2p_2 (40-60 kg/ha) with 58.333 and 59.833 pods respectively, while the lowest average was n_1p_0 (20-0 kg/ha) with 37.167 pods.

The weighs variable of 100 seeds; high significant differences were found for the comparison t_1 vs. t_2 . The general average was 27.926g with a variation coefficient of 5.40%. t_2 obtained the highest average with 28.740g, while t_1 had an average of 26.153g. For the variable number of grains per pod, significant differences for the comparison t_3 vs. t_1t_2 were found. The general average was from 4.593 grains, with a coefficient of variation of 11.63%. The highest average was for t_3 with 5.000 grains, while t_1t_2 got an average of 4.400 grains.

The variable efficiency showed high significant differences for all locations. The general average was 1673.829 kg/ ha, with a coefficient of variation of 27.86%. The highest average was obtained by the l_2 location (Cotopaxi) with 1802.102 kg/ha, while l_1 (Pichincha) had an average of 1545.556 kg/ha. In the location of Pichincha significant differences were found for the factor nitrogen which showed a lineal effect. The highest average was for n_0 (0 kg of N/ha) with 1772.97 kg/ha, while n_2 (40 kg of N/ha) got the lowest average with 1353.63 kg/ha.

The absorption curve of nitrogen, phosphorus and potassium for chocho determines that for soils with chemical characteristics and environmental conditions, similar to those where

the investigation was carried out, the nitrogen will have to be applied in sowing; the phosphorus, because of the tendency of the absorption curve and the characteristics of this nutrient should be applied completely the moment of sowing, while the potassium could be applied 50% in sowing and the residual 50% after 60 to 80 days of sowing.

The principal results obtained in greenhouse in this investigation could be summarized in the following:

With the nitrogen deficiency the plants are small, thin shafts, short and thin leafstalks. The leaves show a yellowish color from the base of the leaves. In proportion to the nitrogen absence advance, the plant become completely yellow. Radicular System is not very well developed with the presence of nodules. The chlorosis is not accentuated, due to the biological fixation of atmospheric nitrogen.

The phosphorus deficiency stops the growth of plants dwarfing. The leaves show purple pointed marks in the face and in the back, being more pronounced in the back. The leaves of the base show a yellowish fading, thin leafstalks and shafts, there is reduction of the foliate area. Reduction of the radicular growth and brown color.

The potassium deficiency causes small plants due to a halted growth, in the beginning a chlorosis develops in the old leaves taking the shape of an inverted "V"; in proportion to the deficiency advance small dark brown marks appear. Subsequently the folioles death and plant occurs. Their roots are mucilaginous and long.

The calcium deficiency shows flaccidity of the leaves from apical to the basal part. The young leaves of the apex take a hook shape, reduction of the growth, necrosis and death of terminal and lateral yolks. The roots are mucilaginous, short and of brown dark color, the plant due to the lack of calcium dies.

The magnesium deficiency shows a internerval chlorosis that begins in the young leaves and generalizes toward the leaves base of the plant; showing a yellow color in the leaves borders. Internerval chlorosis. Within the marks chlorotics some zones die, the apexes and borders of foliage are curved points, subsequently a complete enrollment of the foliar sheet occurs. It has a good radicular development.

With sulfur deficiency the young leaves are light green with the nervures still clearest chlorosis in all the plant. The buds are short and fragile. Reduction in the growth of the plant. Their roots are long, abundant, white and very ramified.

The zinc deficiency shows chlorosis internerval in the leaves, generalized in all the plant with the green nervures. Long and developed roots.

With iron deficiency in the beginning a yellowish-whitish very accented is shown in the young leaves. As the deficiency advances, it shows death marks in the folioles of the apex toward the base of the plant, the leafstalks are short, thin and yellowish. The roots are brown and short.

The manganese deficiency causes to show in young leaves a green yellowish color. internerval chlorosis. As the deficiency advances, it appears a purple color necrosis that spread in all the sheet foliate in form of freckles, which could be confused with illnesses and deformations of the leaves, the finest nervures remains almost green, giving the leaf a reticulated appearance, having a medium radicular development.

The boron deficiency stops the growth of the plant, the young leaves of the terminal bud take a green dark colouring in the most advanced states of the growth, the leaves are twisted and atrophied. The terminal and lateral yolk is atrophied and die. There is a descending death of the plant; the radicular growth is bristled and scarce of a dark brownish color.

The visual symptoms of copper and molybdenum deficiency were not introduced in the development period of the investigation.

In base to the obtained outputs in this study, it can be concluded that:

The nitrogen, phosphorus and witnesses application didn't influence significantly in the efficiency, which indicates that the chocho adapts to poor soils.

There was no responde to nitrogen aplication due reduced to there was a efficiency from 1815.029 to 1532.097 kg/ha, the emergency percentage from 71.045 to 59.630%.

The best efficiency were obtained with the treatments where phosphorus was applied in dose of 30 to 60 kg/ha with 2085.547 and 2021.373 kg/ha, respectively.

The partial budget analysis and production costs determined that the application of 30 kg of phosphorus/ha is the more profitable.

The best efficiency was obtained in the location of Cotopaxi with an average of 1802.102 kg/ha.

The methodology of the missing element indicates the nitrogen, phosphorus and potassium deficiency show evident symptoms, as well as the minor elements, with exception of the microelements copper and molybdenum.

The chocho is a crop that accumulates big quantities of nitrogen (400 to 900 kg/ha), originated mainly in the biological fixation of atmospheric nitrogen.

The crop phosphorus requirement goes from 30 to 60 kg/ha and for potassium of 200 to 400 kg/ha. This reflects a high efficiency of the plant in order to take nutrients, in soils that have a low capacity of nutrients supply like phosphorus and potassium.

According to the foliar analysis of the absorption curves, to the efficiency and the analysis of the soil, were determined soil fertilization recommendations with nitrogen, phosphorus and potassium were determined (Square 83).

SQUARE 83. Fertilization recommendations of fertilization for chocho (*Lupinus mutabilis* SWEET), according to the analysis of the soil, efficiency and absorption curves. 1998.

CONTENT IN THE SOIL	NITROGEN Kg/ha	PHOSPHORUS Kg/ha	POTASIUM Kg/ha
UNDER	20	60	40-60
MEAN	0	30	40-20
HIGH	0	0	20-0