

EVALUACION DE TRES SISTEMAS DE LABRANZA DEL SUELO EN EL CULTIVO DE PAPA, CON FINES DE PRODUCCION DE TUBERCULO – SEMILLA

Mario Ramos¹, Juan Córdova¹, Franklin Valverde¹, Iván Reinoso¹, Pedro Oyarzún²

¹ Investigadores, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP-EESC. Apdo. 17-01-340. Telefax 02-2690694, Quito, Ecuador. Email: dmsasc@punto.net.ec

² Ex asesor. Proyecto Fortipapa

RESUMEN

En el Ecuador no se han desarrollado investigaciones sobre sistemas de labranza para el cultivo de papa, con fines de producción de tubérculo semilla, particularmente en zonas muy frágiles, en donde las pérdidas de suelo por el mal uso de los implementos de labranza son muy altas. Con la presente investigación se busca alternativas que reduzcan la degradación de los suelos, tomando en cuenta que no afecten los rendimientos de tubérculo semilla.

Los ensayos de investigación se realizaron en tres zonas paperas del país. En Carchi se estudio en el Cantón Huaca, a 2845 m de altitud con la variedad Super chola; en Chimborazo en el Cantón Chambo a una altitud de 3074 m con la variedad Santa Isabela y en Cañar en el Cantón Cañar a 3320 m de altitud con la variedad Soledad Cañari. Para cada zona se probaron tres sistemas de labranza: labranza reducida, mínima y convencional con tres niveles de fertilización (F1=100%, F2 = 75%, y F3 = 50% de la recomendación), basado en el análisis de suelos. Se sembró a distancias de 0.80 m entre surcos y 0.20 m entre planta, con el objetivo de obtener mayor extracción de tubérculo semilla.

El análisis de varianza no indica diferencias significativas respecto a los sistemas de labranza sobre el rendimiento total, comercial, extracción de tubérculo semilla, desecho y materia seca en ninguna de las tres localidades. Como consecuencia, existen alternativas reales para no utilizar o minimizar el uso de maquinaria agrícola en zonas de ladera; para las fertilizaciones se encontró significancia en el rendimiento total en Carchi y Cañar, siendo el mejor tratamiento con la fertilización alta 100 % de la recomendación de fertilización; en Chimborazo no existen diferencias significativas.

En general existe un alto porcentaje de extracción de semilla de papa, el que fluctúa entre 64 a 78 %, observándose diferencias entre las tres provincias, lo cual se atribuye a las características de los suelos y a las variedades de papa usadas en cada zona.

Económicamente es mas rentable la labranza reducida, en Carchi con una TRM de 3669 %, en Chimborazo con 195 % y en Cañar con 365 %. Los sistemas de labranza de conservación son alternativas viables para la producción de papa (comercial y semilla) y conservación de suelos.

INTRODUCCION

La erosión del suelo en el Ecuador avanza en forma alarmante, observándose a lo largo del Callejón Interandino extensas áreas improductivas a causa de este fenómeno. La erosión del suelo está entre las primeras causas de la disminución de la productividad agrícola en los países en vías de desarrollo, la cual es causada por factores como el agua (erosión hídrica), viento (erosión eólica) y el hombre (erosión inducida); en esta última se encuentra la erosión por labranza, que en algunos casos llega a ser mayor que la erosión hídrica (Tayupanta, 1993).

Los agudos procesos erosivos que soporta la gran mayoría de los suelos agrícolas, ganaderos y forestales en el mundo han tenido su inicio en la perdida gradual de su contenido de materia orgánica debido a varios factores, los mas importantes son: la deforestación, el sobre pastoreo, los barbechos y la quema de los residuos de cosecha. En consecuencia las herramientas que han contribuido inexorablemente a la pérdida de suelo y su contenido de materia orgánica han sido el fuego, el hacha y el arado.

El arado es sin duda alguna, una de las herramientas más antiguas aún en funcionamiento. Es fácil entender que el grado de deterioro que han sufrido los suelos en todo el mundo es ocasionado por un inadecuado manejo y uso de herramientas agrícolas, las cuales deberían estar más involucradas en los procesos de conservación y mejoramiento de los suelos (**Crowetto, 1992**).

La preparación del suelo en las principales zonas de producción del cultivo de papa del Ecuador se desarrolla en forma intensiva (arada, cruza y recruza), con un alto porcentaje de utilización de maquinaria agrícola: 83.3 % en Carchi, (**Escudero, 1997**), y 80 % en Chimborazo, (**UVTT, 2000**), a pesar que en general la topografía es muy accidentada, y con pronunciadas pendientes, por lo cual el resultado ha sido, un gran desplazamiento de suelo desde las partes altas hacia las partes bajas.

En el Ecuador y otros países andinos con características similares, es común el uso de la tracción animal, debido a la topografía irregular, diferentes tipos de suelo, y tenencia de la tierra, que en gran proporción está en manos de pequeños agricultores que trabajan en pendientes pronunciadas; esto lleva a los suelos a un deterioro acelerado que requiere de acciones urgentes, tendientes a mantener, recuperar y mejorar los recursos naturales: suelo y agua, especialmente para aquellas áreas que no son aptas para la mecanización.

Ante esta situación se probó alternativas de manejo del cultivo de papa que reduzcan las labores de preparación y uso del suelo, buscando disminuir la erosión por efecto de labranza y la lluvia. El objetivo de la investigación fue: “Evaluar el efecto de los sistemas de labranza de conservación y los niveles crecientes de fertilización edáfica, sobre los cambios físicos y químicos del suelo, su comportamiento agronómico y la tasa de extracción de tubérculo-semilla de papa”.

MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se realizó en las provincias paperas de Carchi, Chimborazo y Cañar.

A. Factores en estudio:

1. *Laboreo del suelo antes de la siembra.*

Labranza reducida (LR), preparación del suelo con un pase del arado de vertedera ecuanandino halado con yunta, surcado, fertilización y siembra.

Labranza mínima (LM), aplicación de herbicida con 2-3 semanas de anticipación a la siembra. Luego con el arado de cincel ecuanandino se realizó un rayado en el cual se aplicó el fertilizante según los niveles de fertilización; se cubrió con una pequeña cantidad de tierra y posteriormente se sembró.

Labranza convencional (LC), preparación del suelo con el arado y rastra de discos, se surcó con el arado de palo, se fertilizó y se sembró.

Los sistemas de labranza son aplicados solo para la preparación inicial del suelo antes de la siembra, las labores culturales se realizaron como se acostumbra en cada zona. Por lo tanto todos los tratamientos recibieron el mismo manejo después de la siembra.

2. *Niveles de fertilización:*

- Recomendación 100% (F1)
- Recomendación 75 % (F2)
- Recomendación 50 % (F3)

Para los niveles de fertilización se usó las siguientes fuentes de fertilizante:

- Urea, 46 % de Nitrógeno.
- Muriato de potasio, 60 % K₂O.
- 18-46-0 (N – P₂O₅ – K₂O).

- Fertilizante 19 - 11 - 15 (K₂O - Mg - S).

A. Tratamientos:

Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño experimental de parcelas divididas en un arreglo factorial de 3 x 3 para los sistemas de labranza y niveles de fertilización con tres repeticiones. Las parcelas grandes fueron los sistemas de labranza y las sub - parcelas los niveles de fertilización. El tamaño de las parcelas grandes fue de 240 m² y las parcelas pequeña de 80 m² .

Cuadro 1. Tratamientos para sistemas de labranza y niveles de fertilización. INIAP-EESC, 2002.

| Tratamientos | Nomenclatura | DESCRIPCIÓN |
|--------------|--------------|---|
| 1 | LRF1 | Un pase con arado de vertedera ecuatoriana + 100 % de la recomendación de fertilización. |
| 2 | LRF2 | Un pase con arado de vertedera ecuatoriana + 75 % de la recomendación de fertilización. |
| 3 | LRF3 | Un pase con arado de vertedera ecuatoriana + 50 % de la recomendación de fertilización. |
| 4 | LMF1 | Surcado con arado de cincel + 100 % de la recomendación de fertilización. |
| 5 | LMF2 | Surcado con arado de cincel + 75 % de la recomendación de fertilización. |
| 6 | LMF3 | Surcado con arado de cincel + 50 % de la recomendación de fertilización. |
| 7 | LCF1 | Pase de arado y rastra de discos (Convencional) + 100 % de la recomendación de fertilización. |
| 8 | LCF2 | Pase de arado y rastra de discos (Convencional) + 75 % de la recomendación de fertilización. |
| 9 | LCF3 | Pase de arado y rastra de discos (Convencional) + 50 % de la recomendación de fertilización. |

LR = Labranza reducida

LM = Labranza mínima.

LC = Labranza convencional.

F1 = 100 % de la recomendación de fertilización

F2 = 75 % de la recomendación de fertilización.

F3 = 50 % de la recomendación de fertilización.

La investigación se realizó en tres provincias paperas del Ecuador. En Carchi, cantón Huaca a una altitud de 2845 m; se trabajó con la variedad Super Chola. En Chimborazo, cantón Chambo a una altitud de 3074 m, con la variedad Santa Isabela y en Cañar, cantón Cañar a una altitud de 3320 m, con la variedad Soledad Cañari. Las distancias de siembra para las tres localidades fueron de 0.80 m entre surcos por 0.20 m entre plantas, con una densidad de siembra de 62500 plantas por hectárea.

La fertilización se realizó según el análisis de suelo para papa comercial. En Carchi fue de 120-300-100-30 Kg./ha, de N - P₂O₅ - K₂O - S respectivamente; en Chimborazo de 200-350-100-60 Kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O - S, y en Cañar de 150-300-100 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O. Esta recomendación fue fraccionada en tres niveles de fertilización; de la siguiente manera: F1 (100 %), F2 (75 %) y F3 (50 %). El P, K y S se aplicó el 100 % a la siembra, y el N se aplicó fraccionado (50% a la siembra y el 50 % en cobertera al aporque).

Durante el ciclo de cultivo se evaluó la dinámica de nutrientes en el suelo, el grado de compactación, porcentaje de humedad del suelo, densidad aparente, cobertura de malezas, porcentaje de extracción de semilla de papa, rendimiento total y un análisis económico de las diferentes alternativas.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

a) Carchi

Para rendimiento total, papa comercial, semilla y desecho, no hubo diferencias estadísticas significativas para sistemas de labranza e interacciones. La fertilización afectó significativamente al rendimiento total, y a la extracción de tubérculo semilla de papa. En el caso de rendimiento total el promedio general fue de 41.29

t/ha con un coeficiente de variación del 10 %; mientras tanto que para rendimiento de tubérculo semilla el promedio general fue de 31.70 t/ha con un coeficiente de variación del 11 %.

Estos resultados indican que los sistemas de labranza de preparación del suelo evaluados en la presente investigación, no detectaron diferencias significativas para rendimiento del cultivo de papa, en el suelo de Carchi de textura franca; lo cual es corroborado por Mamany P. *et al*, 1996, en una investigación realizada en Toralapa-Bolivia, en donde presentan resultados similares, en el que se evaluó el efecto de los implementos de labranza entre el arado tradicional (palo) y los mejorados como el reversible y el de cincel, utilizando tracción animal; no encontraron diferencias significativas sobre el rendimiento de papa.

La prueba de Tukey al 5 % realizada para la variable rendimiento total de tubérculo, agrupa a los promedios en dos rangos, el primer rango comparten los niveles de fertilización F1 y F2 (100% y 75 % de la recomendación de fertilización en base al análisis químico del suelo) con promedios de 43.93 y 42.69 t/ha. En el nivel F3 (50% de la recomendación), el promedio fue de 37.23 t/ha, existiendo una diferencia en el rendimiento de papa de 6.70 t/ha entre F1 (100%) y F3 (50%), lo cual es significativo para los ingresos económicos de los agricultores (Figura 1a).

Para rendimiento total (Figura 2), se observa que existe cierta correlación entre niveles de fertilización y rendimiento total; en esta localidad se utilizó el modelo cuadrático que es el que mejor se ajustó a los datos observados, y en base a este utilizando el método de derivadas se determinó la dosis óptima fisiológica (DOF), la misma que corresponde al 94,2 % de la recomendación de fertilización de N, P₂O₅, K₂O. Por éste mismo método se obtuvo la dosis óptima económica (DOE) que fue de 93.4 %.

Para tubérculo semilla, la prueba de Tukey al 5 % agrupa a los promedios en tres rangos, en el primer rango (a) se ubica la fertilización F1 (100 % de la recomendación de fertilización) con un promedio de 34.29 t/ha, siendo el mejor nivel para la producción de tubérculo semilla, ya que al bajar los niveles de fertilización, disminuye el rendimiento de semilla. Con el 75% de la recomendación de fertilización el rendimiento promedio es de 32.43 t/ha que corresponde al rango ab, y finalmente en el tercer rango se ubica la fertilización F3 (50 %) con un rendimiento promedio de semilla de 28.36 t/ha (Figura 1b). Se puede observar que existe una diferencia en el rendimiento entre F1 y F3 de 5.93 t/ha, lo que significa que es rentable según el análisis económico.

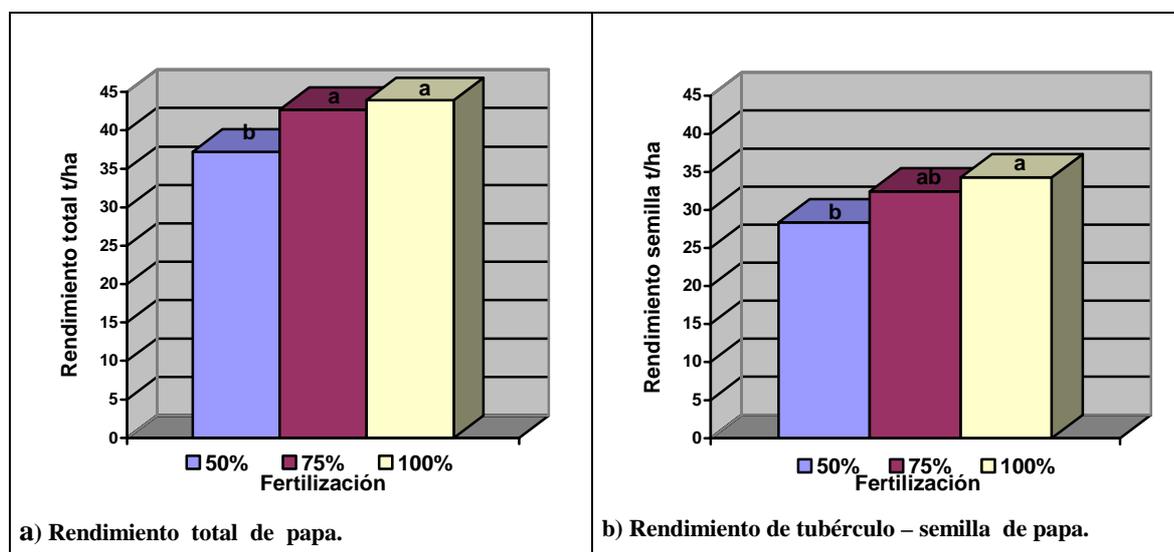


Figura 1 (a,b). Efecto de tres niveles de fertilización química sobre la producción de papa var. Super chola, en la Provincia de Carchi. INIAP-EESC, 2002.

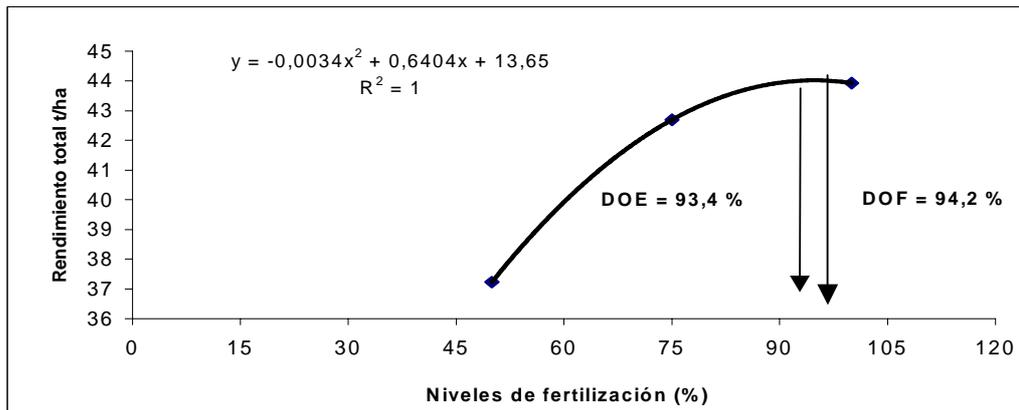


Figura 2. Efecto de la fertilización sobre el rendimiento total de papa. Determinación de la dosis óptima económica (DOE) y fisiológica (DOF) en base al modelo cuadrático. Carchi, 2002.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la localidad de Carchi con la variedad de papa Super Chola, la recomendación de fertilización para la producción de tubérculo semilla es la misma que se utiliza para papa comercial, siempre que se utilice la distancia de siembra de 0.20 m entre plantas por 0.80 m entre surcos, la cual corresponde a una densidad de 62500 plantas por hectárea, lo cual influye en un mayor requerimiento de nutrientes por hectárea.

El análisis económico se realizó basándose en la metodología del presupuesto parcial del CYMMYT, 1988: utilizando los rendimientos promedios de cada localidad, los mismos que fueron ajustados en 5 %. Al comparar los rendimientos (totales, comerciales, semilla y desecho), de los sistemas de labranza no dominados se observa que los rendimientos son superiores para los sistemas de labranza reducida con 75 y 50 % (de la recomendación de fertilización de suelos), que para el sistema de labranza mínima con la fertilización más baja (50 %). Los costos que varían son superiores para la labranza reducida. Sin embargo, debido al incremento en el rendimiento los beneficios netos suben.

En la Figura 3, de acuerdo al análisis marginal, se observa que existen diferencias en los costos que varían y en los beneficios netos; así se tiene que para labranza mínima con el nivel de fertilización más bajo con costos de 534.14 dólares/ha y se alcanza beneficios netos de 13685.86 dólares/ha; mientras tanto que para la labranza reducida con el nivel bajo con costo de 583.38 dólares/ha se obtiene beneficios netos de 15492.62 dólares/ha. Para esta misma labranza pero con nivel medio con costos de 668.92 dólares/ha se alcanzó beneficios netos de 18151.08 dólares/ha.

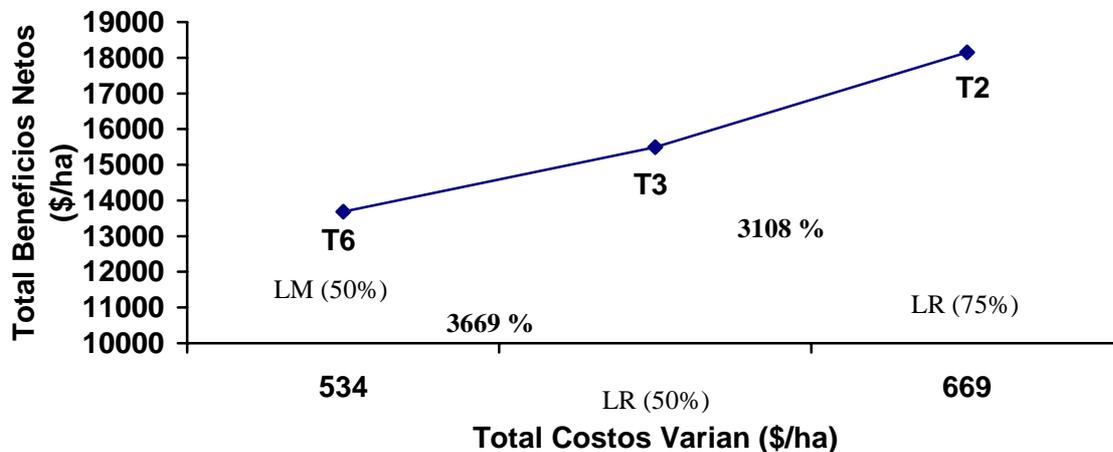


Figura 3. Curva de Beneficios Netos y Costos que Varían. Carchi, 2002.

Así, al pasar de labranza mínima con la fertilización más baja (50%) a la labranza reducida con la fertilización baja se tiene una tasa de retorno marginal de 3669 %, es decir por cada dólar invertido, se recobra el dólar y obtiene 36.69 dólares adicionales y al pasar de labranza reducida con fertilización baja a labranza reducida con fertilización media se obtiene una tasa de retorno marginal de 3108%, es decir que por cada dólar invertido se recobra el dólar y se obtiene 31.08 dólares adicionales.

b) Chimborazo

No se encontró diferencias estadísticas significativas al nivel 1 y 5 % en ninguna de las fuentes de variación en estudio, esto respecto al rendimiento total, comercial, semilla y desecho. A pesar de que no existen diferencias significativas, se puede observar tendencias claras entre sistemas de labranza y niveles de fertilización. Para los sistemas de labranza se obtuvo mayores rendimientos con la labranza reducida y convencional con promedios de 15.13 y 14.99 t/ha respectivamente y para labranza mínima con 12.17 t/ha.

Esto se atribuye a que el suelo en estudio fue arcilloso, lo cual dificultó las labores de preparación del suelo con tracción animal; así, para labranza reducida se utilizó el arado de vertedera ecuatoriano, esta labor fue realizada con cierta dificultad, debido a la dureza del suelo, lo cual estuvo relacionada con la humedad del suelo. El surcado para la siembra en las parcelas de labranza mínima, no se realizó con el arado de cincel por que no fue funcional, debido a la compactación y dureza que presentaba el suelo al momento de la siembra, por esta razón se utilizó azadón para abrir solamente los surcos.

El rendimiento total de papa obtenido con labranza mínima (12.17 t/ha), fue menor al obtenido con las labranza convencional (14.99 t/ha) y reducida (15.13 t/ha), en los que hubo remoción del suelo antes de la siembra, lo cual mejoró las condiciones del suelo para las labores culturales; sin embargo, estas diferencias observadas en el rendimiento de papa por efecto de los sistemas de labranza no fueron estadísticamente significativas al 5 %, pero se puede observar numéricamente que al comparar la labranza reducida a labranza mínima hay una diferencia de 2.96 toneladas y al comparar de labranza mínima a convencional existe una diferencia de 2.82 toneladas, esto quiere decir que entre la convencional y reducida nos da rendimientos similares. Esta misma tendencia se observa para rendimiento de papa comercial y semilla.

La variedad de papa Santa Isabela no respondió a la fertilización debido posiblemente a las características genéticas de la variedad, a las condiciones climáticas de la zona, esta variedad tiene mayor capacidad de engrosamiento del tubérculo comparado con la variedad Super Chola, y además la densidad de siembra utilizada (41667 plantas/ha) es menor que en Carchi y Cañar (62500 plantas/ha). En base a los resultados obtenidos en esta localidad la recomendación de fertilización es la F2 (75 % de la recomendación de suelos). En esta localidad no se pudo observar efectos claros causados por los diferentes tipos de labranza y niveles de fertilización, se deduce por las condiciones climáticas de dicha zona, especialmente por falta de humedad del suelo, por los cambios bruscos de temperatura que provocó las heladas, lo cual afectó al rendimiento.

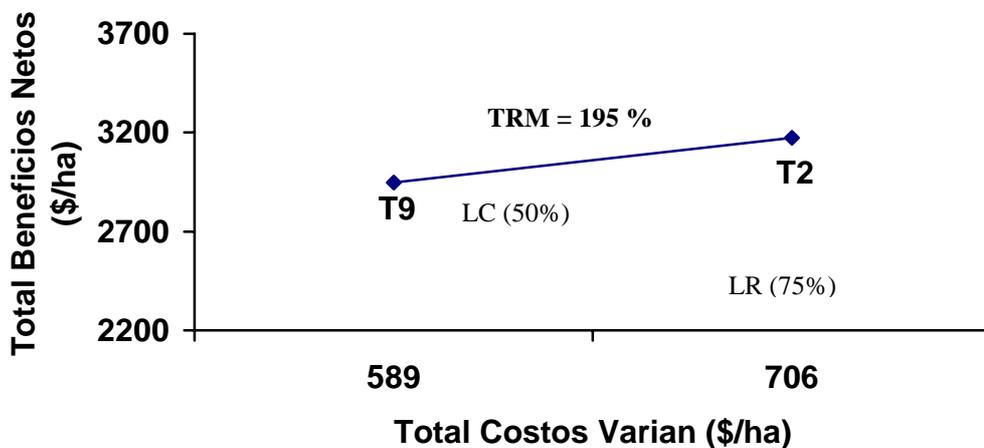


Figura 4. Curva de Beneficios Netos y Costos que Varían. Chimborazo, 2002.

Al realizar el análisis económico y al comparar los rendimientos (totales, comerciales, semilla y desecho), de los sistemas de labranza no dominados se observa que los rendimientos son superiores para los sistemas de labranza reducida con el nivel 75% que para el sistema de labranza convencional. En la Figura 4, de acuerdo al análisis marginal se observan que existen diferencias en los costos que varían lo que influyen en los beneficios netos, siendo diferentes en los sistemas de labranza. Así, al pasar de labranza convencional con la fertilización mas baja (50%) a la labranza reducida con la fertilización media (75%) se tiene una tasa de retorno marginal de 195 %. Esto indica que este sistema de labranza tiene una tasa de retorno marginal de más del 100 %, demostrando que económicamente es rentable.

c) Cañar.

El análisis de varianza para rendimiento total, papa comercial, tubérculo semilla y desecho, no presentó diferencias estadísticas significativas al nivel del 5 % para sistemas de labranza. Pero se detectaron diferencias significativas al 1 % para fertilización en las variables rendimiento total, papa comercial y la interacción entre sistemas de labranza y niveles de fertilización en papa comercial. Para la extracción de tubérculo semilla se detecto diferencias al 5 % para niveles de fertilización. El rendimiento total fue afectado significativamente por la fertilización ($P < 0.05$), pero no hubo diferencias debido a los sistemas de labranza.

En el caso de rendimiento total, el promedio general de esta variable fue de 29.01 t/ha con un coeficiente de variación del 15 %; para papa comercial con un promedio de 6.65 t/ha con un coeficiente de variación de 25 %; mientras tanto que para extracción de tubérculo semilla el promedio general fue de 17.42 t/ha con un coeficiente de variación del 20 %.

La prueba de Tukey al 5 % corrida para la variable rendimiento total de tubérculo, comercial y tubérculo semilla, agrupa a los promedios en tres rangos de clasificación: el primer rango comparte el nivel de fertilización F1 (100% de la recomendación de fertilización en base al análisis químico del suelo) con promedios de 33.51, 8.80 y 22.19 t/ha respectivamente que corresponde al rango a; para el nivel F3 (50%) se encuentran en un segundo rango (b) con promedios de 25.31, 4.90 y 17.50 t/ha respectivamente; mientras que la fertilización F2 (75 %) se encuentra en un rango intermedio(ab), con promedios de 28.28 t/ha de tubérculo total, para comercial con un promedio de 6.24 t/ha y se encuentra en un rango b y para semilla con un promedio de 19.11 t/ha que se encuentra en el rango ab. (Figura 5 y 6).

La diferencia en rendimiento total entre F1 y F3 es de 8.2 t/ha, observándose que existe una relación entre niveles de fertilización y rendimiento de tubérculo total se ajusto mejor al modelo cuadrático, se observa tendencias claras que mientras sube el nivel de fertilización aumenta considerablemente los rendimientos. Para papa comercial entre la fertilización F1 y F3 la diferencia es de 3.90 t/ha y para la extracción de tubérculo semilla la diferencia de rendimiento entre F1 y F3 es de 4.69 t/ha. Se puede observar claramente que los mejores rendimientos en el total, comercial y semilla se obtiene con el nivel 100 % de la recomendación de fertilización, esto nos demuestra que este nivel es el mas rentable.

De acuerdo a los resultados obtenidos con la variedad Soledad Cañari, la recomendación de fertilización para la producción de tubérculo semilla es la misma que se utiliza para papa comercial, siempre que se utilice la distancia de siembra de 0.20 m entre planta x 0.80 m entre surcos, la misma que corresponde a una densidad de 62500 plantas/ha, lo cual influye en un mayor requerimiento de nutrientes por hectárea.

La disminución del rendimiento de papa que manifiestan, principalmente, los tratamientos con fertilización baja (50%) posiblemente se deba a la baja disponibilidad de nutrientes aprovechables para las plantas en las fases de mayor requerimiento. Lo cual se manifiesta en los resultados del análisis químico de suelos inicial el que presenta contenidos bajos de N, P, Ca, Zn, Mn y MO; para K, Cu, Fe y B el contenido en el suelo es medio, lo cual indica que es un suelo de baja fertilidad y por consiguiente responde favorablemente a la fertilización.

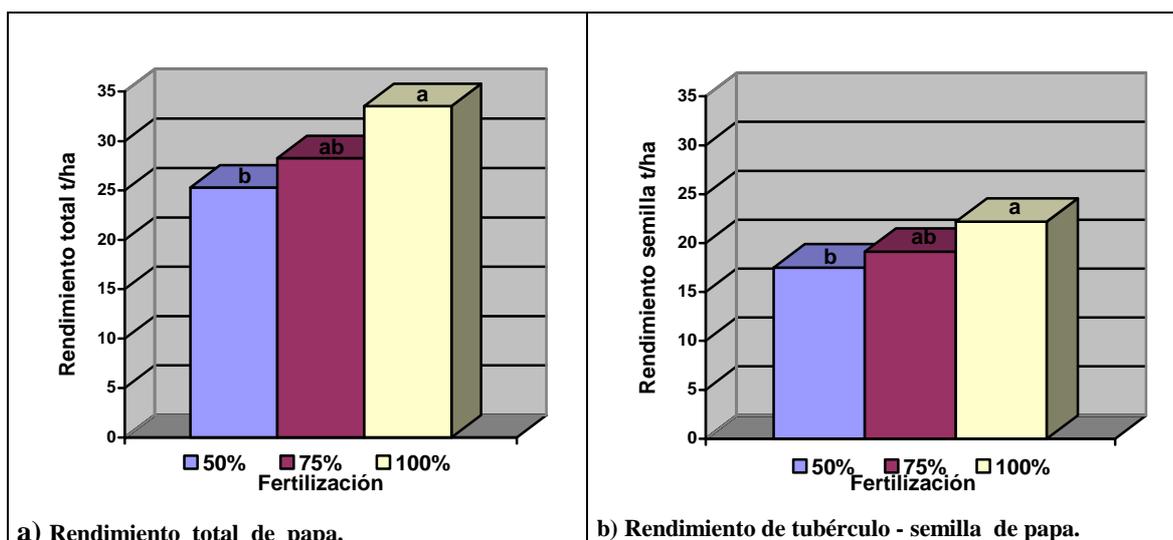


Figura 5 (a,b). Efecto de tres niveles de fertilización química sobre la producción de papa var. Soledad Cañari, en la Provincia de Cañar, 2002.

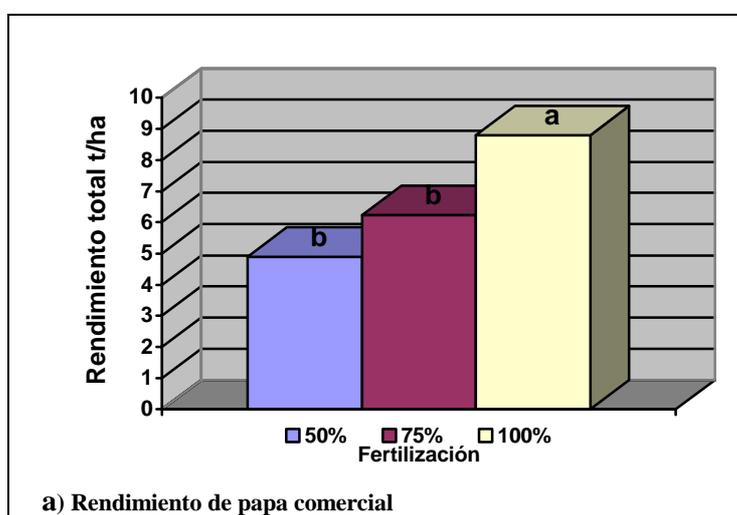


Figura 6a. Efecto de tres niveles de fertilización química sobre la producción de papa comercial var. Soledad Cañari, en la Provincia de Cañar, 2002.

Para la interacción en esta localidad, no se observa tendencias claras entre los sistemas de labranza y niveles de fertilización, encontrándose entre los últimos rangos los niveles bajos de fertilización y en el primer rango la labranza reducida con F1 (100 % de la recomendación de fertilización). Al comparar los rendimientos (totales, comerciales, semilla y desecho), de los sistemas de labranza no dominados, se observa que los rendimientos son superiores para los sistemas de labranza reducida con 100 % de la recomendación de fertilización que para los sistemas de labranza convencional con los tres niveles de fertilización.

En la Figura 7, de acuerdo al análisis económico marginal se observa que existe diferencia en los costos que varían lo que influyen en los beneficios netos, siendo diferentes en los sistemas de labranza. Así, al pasar de labranza convencional con la fertilización baja (50%) a la labranza convencional con la fertilización media (75%), se tiene una tasa de retorno marginal de 710 y al optar de labranza convencional con fertilización media (75%) a labranza convencional con fertilización alta (100%) se obtiene una tasa de retorno marginal de 1859% y finalmente al pasar de labranza convencional con la fertilización mas alta a la labranza reducida con fertilización alta se tiene una tasa de retorno marginal de 365%. Esto indica que estos tratamientos tienen tasas de retorno marginal de más del 100 % demostrando que económicamente son rentables.

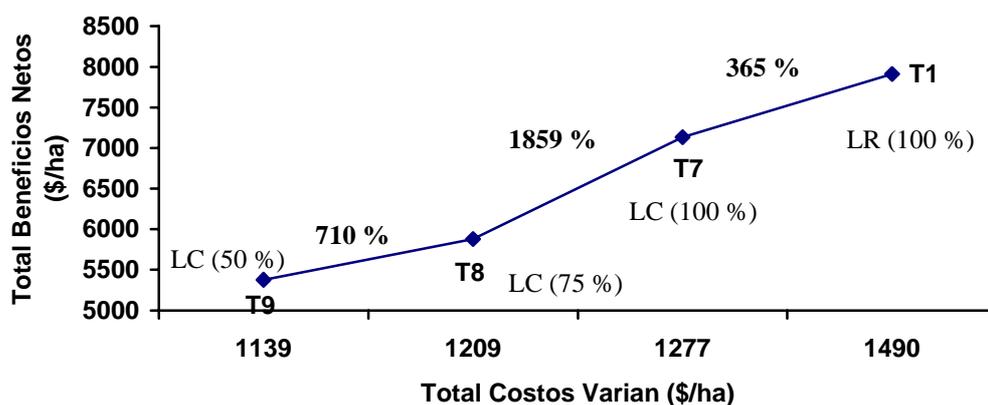


Figura 7. Curva de Beneficio Netos. Cañar, 2002.

En la actualidad ha tomado mucha importancia la erosión causada por los sistemas de labranza, tanto mecanizada, con tracción animal, y con azadón; todas estas ocasionan erosión del suelo, pero principalmente es mayor con tracción mecánica utilizando el arado de discos especialmente en lugares donde existe pendientes pronunciadas ya que acostumbran ha preparar el suelo a favor de la pendiente, un ejemplo claro se puede encontrar en Carchi, Chimborazo y Cañar.

En menor grado erosiona el arado de vertedera, el arado de palo, el arado de cincel; sin embargo, todos estos implementos y sistemas de labranzas erosionan el suelo en mayor o en menor grado. En estudios realizados en otros países como Bélgica, han encontrado que la erosión por labranzas es mayor que la erosión hídrica, dependiendo de ciertas condiciones de clima, suelo, topografía, etc.

En el Ecuador, el uso del tractor sigue aumentando considerablemente, especialmente para el cultivo de papa en zonas de ladera. Lo grave es que el tractorista realiza las preparaciones primarias del suelo a favor de la pendiente sin importarle el arrastre del suelo, degradando paulatinamente los suelos a través del tiempo. Este problema es mas notorio en toda la sierra Ecuatoriana, ya que últimamente por problemas de la emigración de los campesino a las grandes ciudades y otros países, los campos quedan sin mano de obra, es por esto que se va generalizando el uso del tractor, ya que en algunos casos es mas barato que la yunta.

Para la fertilidad química, en las tres localidades se realizaron análisis estadístico para el N, P, K, S, MO y pH, el cual nos determina que no presentan diferencias estadísticas significativas al 5 % en ninguno de los elementos, en ningunas de las zonas, dándonos como conclusión que no es afectado ningún sistema de labranza por el tipo de fertilización utilizado.

Las características físicas del suelo evaluadas a la cosecha como densidad aparente (gr/cm^3), humedad del suelo (%) y grado de compactación (kgf/cm^2), en las tres localidades para sistemas de labranza no presentaron diferencias estadísticas significativas. Se encontró significancia para profundidades en los tres tipos de suelos; observándose una tendencia clara que a mayor profundidad se incrementa la compactación, humedad y densidad aparente.

CONCLUSIONES:

- La reducción de labranza primaria en las tres localidades no afectó a los rendimientos, ni a la tasa de extracción de tubérculo semilla.
- Al trabajar con altas densidades de siembra, existe un alto porcentaje de extracción de tubérculo semilla, que fluctúa entre 66 – 78 %.
- En Carchi y Cañar la fertilización influyó en los rendimientos y extracción de semilla, siendo el mejor con el nivel alto (100 %). La recomendación de fertilización de suelos para el cultivo de tubérculo – semilla de papa, se puede utilizar la recomendación que es utilizado para cultivo comercial siempre y cuando se trabajen con altas densidades de plantas por hectárea; en este caso 62.500 plantas.
- Las características físicas del suelo evaluadas a la cosecha como densidad aparente (gr/cm^3), humedad del suelo (%) y grado de compactación (kgf/cm^2), en las tres localidades no se observó ningún efecto.
- Económicamente es más rentable la labranza reducida. En Carchi con una tasa de retorno marginal (TRM) de 3669 %, en Chimborazo con TRM de 195 % y en Cañar con TRM de 365 %.
- Los sistemas de labranza reducida y mínima, son alternativas viables para la producción de papa (comercial y semilla) y conservación de los suelos, especialmente en suelos de textura franco. Se recomienda apoyar el uso de estos sistemas con el fin de reducir la erosión del suelo causada por labranzas primarias de preparación

BIBLIOGRAFIA

- Chaverria, C. 1997. Avances de la Investigación en labranza de Conservación I. INIFAP. Centro nacional de investigación para Producción Sostenible. Libro Técnico N. 1. 288 p.
- Crowwetto, C. 1992. Rastrojos sobre el suelo. Una introducción a la cero labranza. Concepción – Chile.
- Córdova, J., Tayupanta J, 1990. Algunas alternativas agronómicas y mecánicas para evitar la pérdida del suelo. Instituto Nacional de investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Santa Catalina. Ecuador. 40 p.
- CIMMYT, 1988. Programa de economía. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Manual metodológico de evaluación económica. México. 79 p.
- Deckers, J. 1997. Control de erosión. Régimen de riego y salinidad. Curso Internacional de Posgrado. PROMAS. Modulo tercero. Instituto de Investigaciones de la Universidad de Cuenca. 240 p.
- Gadvay, C. 2000. Tesis de grado. Evaluación de la producción de tubérculo semilla, de cuatro variedades mejoradas de papa bajo tres niveles de fertilización en tres localidades de la provincia de Chimborazo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba Ecuador. 148 p.
- Hernández, L., Parra R, 1993. Guía técnica para el control químico de malezas en los principales cultivos de la Sierra Ecuatoriana. Boletín Técnico No. 70. Estación Experimental Santa Catalina. 20p.
- Meier, H. 1993. Experiencias de Mecanización Agrícola en América Latina. Primera edición. 286 p.
- Pérez, J Y Velázquez, J. 1997. Avances de la Investigación en labranza de Conservación I. INIFAP. Centro nacional de investigación para producción Sostenible. Libro Técnico N. 1. 288 p.
- Phillips, S., Young, H 1992. Agricultura sin laboreo. Labranza cero. editorial hemisferio sur. Montevideo Uruguay. 223 p.

- Proyecto Herrandina, 1993. Mecanización Agrícola. Cooperación técnica del Gobierno Suizo. Tomo 1. Primera edición. 387 p.
- Ríos, B., J. D. 1984. Efecto de los sistemas de labranza sobre las propiedades físicas del suelo y rendimientos en la rotación bianual maíz - alfalfa. Tesis profesional Universidad Autónoma Chapingo. México. 249 p.
- Sáenz, R. 1991. Manual de sistemas de labranza para América Latina. Boletín de suelos de la FAO # 66. Argentina
- Tayupanta, J. 1993. La erosión hídrica: proceso, factores y formas. Boletín divulgativo No. 229 de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP. p 15.
- Tiscareño, M., Gallardo, M Y Velásquez, M. 1997. Avances de la Investigación en labranza de Conservación I. INIFAP. Centro nacional de investigación para Producción Sostenible. Libro Técnico N. 1. 288 p.
- Toapanta, J. 1981. Tesis de grado. Tamaño de tubérculo, distancia de siembra y fertilización de la papa Santa Catalina para producir semilla. Universidad Central. Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito – Ecuador. 115p.