



# Sistemas de Labranza de Conservación de Suelos y Fertilización Fosfórica en Maíz

**Conservar y mejorar los suelos es tarea de todos**

Boletín Técnico No. 120  
Quito - 2004

## **Sistemas de Labranza de Conservación de Suelos y Fertilización Fosfórica en Maíz**

Ing. Agr. M.Sc. Franklin Valverde  
Ing. Agr. Mario Ramos  
Ing. Agr. Viviana Vinueza  
Ing. Mec. M.Sc. Juan Silva  
Ing. Mec. M.Sc. Washington Ruales  
Agr. Rafael Parra

PROYECTO INIAP-PROMSA IQ-CV-096

Evaluación de Sistemas de Labranza y Prueba de Equipos para Siembra Directa en  
Maíz y Fréjol de La Región Andina del Ecuador

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)  
Estación Experimental Santa Catalina (EESC)

Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA)

Programa de Modernización de los Servicios Agropecuarios (PROMSA)

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)

Instituto Tecnológico Superior Agropecuario (ITSA) 3 de Marzo

Revisión Técnica del texto:	Comité de Publicaciones de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP
Boletín Técnico:	No. 120
Editorial:	TECNIGRAVA (telf. 2953786 • Quito)
Redacción y Estilo:	Lcda. Shirma Guzmán

Quito - Ecuador  
2004



## PRESENTACIÓN

Este documento reúne los resultados obtenidos en la evaluación de Sistemas de Labranza de Conservación y Fertilización Fosfórica. La investigación fue realizada por técnicos del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas del INIAP, con el aporte de la Egda. Viviana Vinuesa. La investigación se financió a través del Programa de Modernización de los Servicios Agropecuarios (PROMSA/MAG) y con la colaboración de varias instituciones como la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH), Instituto del Fósforo y la Potasa (INPOFOS), Universidad Técnica del Norte (UTN) y el Instituto Tecnológico Superior Agropecuario (ITSA) "3 de Marzo", Chimbo-Bolívar.

## INTRODUCCIÓN

En el Ecuador el maíz es uno de los productos agrícolas más importantes de la dieta alimenticia de la población, y de manera particular en la Sierra. Es un cultivo que se realiza por tradición y costumbre, en la actualidad, en muchas zonas su siembra se ha reducido y se está perdiendo, ya sea por los altos costos de producción, bajos rendimientos, escasa mano de obra y por la variación de su precio.

Una de las causas que inciden en la disminución de la productividad agrícola, revela que es la erosión del suelo la principal, la misma que es ocasionada por factores como el agua, viento y el hombre. Las áreas activas y potencialmente afectadas por la erosión ocupan alrededor del 47.90% de la superficie del país (Vivero, 1998). La escasa y fluctuante producción agrícola, frente a un consumo creciente de alimentos, obliga al productor agrícola a incrementar su producción con cultivos intensivos cada vez más mecanizados, con implementos inconvenientes y en momentos impropios. El deterioro del suelo ocasionado por el hombre se debe en gran parte al uso inadecuado de las herramientas agrícolas. Por esta razón, los sistemas de labranza deberían estar más involucrados en los procesos de conservación y mejoramiento de los suelos.

La Labranza Convencional o Tradicional, en suelos de ladera, es un sistema altamente agresivo, ya que utiliza herramientas como los arados, que invierten la capa arable, dejando en la superficie el suelo suelto que es expuesto a los efectos de la erosión.

Una alternativa para controlar la erosión es no remover el suelo o reducir el número de labores antes de la siembra. Para esto existen los Sistemas de Labranza de Conservación (Cero y Mínima), que son alternativas viables para la producción de maíz sin afectar los rendimientos, estos pueden ser usados en suelos de ladera y también por pequeños agricultores.

La Labranza de Conservación reduce la pérdida de suelo, en comparación con la Convencional. Luego de la siembra debe haber por lo menos 30% de la superficie del suelo cubierta por residuos, aportando así, una reducción en la erosión por agua y una positiva acción en la microbiología y fertilidad del suelo (Crowwetto, 1992).

La fertilización fosfórica aplicada en Sistemas de Labranza de Conservación formó parte de la práctica experimental a evaluarse en esta investigación. La información existente para esta labor es escasa y en muchos casos contradictoria. Por ello, éste Boletín presenta algunos elementos que se deben considerar en el diseño de estrategias de manejo eficiente del fósforo en el suelo, bajo sistemas estables de Labranza Cero y Mínima.

El objetivo general de la investigación fue: Evaluar el efecto de diferentes Sistemas de Labranza de Suelos y Fertilización Fosfórica en el comportamiento agronómico del maíz y las propiedades del suelo; y los objetivos específicos fueron: Determinar el efecto de los Sistemas de Labranza Mínima y Cero sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Evaluar el comportamiento agronómico del maíz en los diferentes sistemas de labranza y niveles de fósforo aplicados al suelo. Determinar los beneficios económicos de los diferentes sistemas de labranza y niveles de fósforo aplicados.

## METODOLOGÍA

La investigación se realizó en 2 provincias maiceras del Ecuador (Cuadro1).

**Cuadro 1.** Ubicación de los ensayos de sistemas de labranza y fertilización fosfórica en maíz. Provincias de Pichincha y Bolívar, 2003

Ubicación	Localidad 1	Localidad 2
Provincia	Pichincha	Bolívar
Cantón	Mejía	Chimbo
Parroquia	Cutuglagua	San José de Chimbo
Localidad	INIAP-EESC	ITSA-"3 de Marzo"
Latitud	00° 22' S	01° 40' S
Longitud	78° 23' O	79° 01' O

Fuente: DINAREN, 2003.

En los Cuadros 2 y 3 se reportan la clasificación taxonómica y las características agroclimáticas de las 2 localidades.

**Cuadro 2.** Clasificación taxonómica de suelos de las localidades de Pichincha y Bolívar, según la séptima aproximación, 2003

Clasificación	Pichincha EESC - Sección Oriental	Bolívar ITSA-“3 de Marzo”
Orden	Andisol	Molisol
Suborden	Udand	Ustoll
Gran Grupo	Hapludand	Haplustoll

Fuente: MAG – DINAREN, 1982.

**Cuadro 3.** Características agroclimáticas de las localidades de las provincias de Pichincha y Bolívar, 2003

Características	Pichincha EESC-Sección Oriental	Bolívar ITSA-“3 de Marzo”
Altitud	2670 msnm	2516 msnm
Temperatura media anual	16 °C	13°C
Precipitación media anual	1200mm	800 mm
	89%	60%

Fuente: INAMHI, 2003.

Los factores en estudio fueron: **sistemas de labranza** (Convencional, Mínima y Cero) y **fertilización fosfórica** (0, 50 y 100 kg/ha de  $P_2O_5$ ).

En el Cuadro 4 se presentan los tratamientos, resultantes de la combinación de los factores en estudio.

**Cuadro 4.** Tratamientos para evaluar el efecto de los sistemas de labranza y fertilización fosfórica en maíz. Provincias de Pichincha y Bolívar, 2003

No. Tratamiento	Codificación	Sistemas de Labranza	Niveles de fósforo kg/ha de $P_2O_5$
1	L1F0	Labranza Convencional	0
2	L1F1	Labranza Convencional	50
3	L1F2	Labranza Convencional	100
4	L2F0	Labranza Mínima	0
5	L2F1	Labranza Mínima	50
6	L2F2	Labranza Mínima	100
7	L3F0	Labranza Cero	0
8	L3F1	Labranza Cero	50
9	L3F2	Labranza Cero	100

Se utilizó un diseño de Parcelas Divididas, con 3 repeticiones. Las parcelas principales fueron los sistemas de labranza, y las subparcelas los niveles de fósforo (P). La unidad experimental fue de 10 m de largo por 10 m de ancho, conformada por 12 surcos. Para la parcela neta se consideraron los 6 surcos centrales, eliminando 5 sitios de siembra a cada lado.

Las variedades de maíz utilizadas fueron: INIAP 122 "Chaucho mejorado" en Pichincha e INIAP 111 "Guagal mejorado", en Bolívar.

Las variables evaluadas se describen a continuación:

- **Densidad aparente.** Se tomaron muestras de suelo a la siembra y cosecha del maíz a 2 profundidades: 8 a 12 cm, y 20 a 24 cm, usando el barreno con un cilindro de volumen conocido (Foto 1). Las muestras se colocaron en la estufa a 105°C por 24 horas.



Foto 1. Muestreo de suelo con el barreno para densidad aparente

- **Humedad gravimétrica.** Se evaluó en 4 ocasiones: a la siembra, 60 días después de la siembra (dds), a la floración y cosecha. Las muestras se tomaron con un barreno de torniquete a 2 profundidades: de 8 a 12 cm, y de 20 a 24 cm, luego se las llevó a la estufa a 105°C por 24 horas.
- **Porosidad.** Esta variable se evaluó en el período de cosecha y se expresó en porcentaje.

Los cálculos se realizaron usando la siguiente fórmula:

$$\%P = (1 - (Da/Dr)) \times 100$$

Donde:

%P = Porcentaje de porosidad

Da = Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)

Dr = Densidad real (g/cm<sup>3</sup>)

- **Compactación.** La variable compactación se midió a la instalación y cosecha del maíz, se utilizó el penetrómetro de lectura directa; a 5 profundidades (0-10, 11-20, 21-30, 31-40 y 41-50 cm), los resultados se expresaron en kgf/cm<sup>2</sup>.
- **Infiltración.** Determinada al final del experimento con el Método de cilindros infiltrómetros. Los resultados se expresaron en mm/hora. (Foto 2).



Foto 2. Prueba de infiltración con los cilindros en Labranza Cero. Provincia de Bolívar, 2003

- **Porcentaje de emergencia.** A los 25 dds se contó el número de plantas por parcela neta, se reportó en porcentaje.
- **Altura de plantas.** Las evaluaciones se realizaron a los 60 dds y en la floración, se tomaron datos de 10 plantas al azar de cada subparcela neta y se expresó en centímetros.
- **Porcentaje de acame.** A la cosecha, se contó el número de plantas acamadas por subparcela neta; estos datos se expresaron en porcentaje.



- **Rendimiento de grano.** La cosecha se realizó a la madurez fisiológica. El peso de mazorcas se registró en kg/parcela neta. El rendimiento de grano de maíz se reportó en kg/ha, al 14% de humedad.
- **Poblaciones de bacterias.** Determinada a la floración del maíz. Se tomaron muestras de suelo de la rizósfera de 0 a 20 cm de profundidad, y con buena humedad.

### Manejo del experimento

Antes de la instalación de los ensayos se tomaron muestras para el análisis químico de suelos. Y para determinar el efecto residual del fósforo, existente en el suelo.

Al encontrarse el ensayo en su cuarto año de estudio en labranza Cero y Mínima, el suelo estaba cubierto por una pequeña capa de *mulch*. En estas parcelas, 8 días antes de la siembra, se aplicó el herbicida Glifosato en dosis de 2 l/ha.

La preparación del terreno se realizó, de acuerdo al sistema de labranza, de la siguiente manera:

**Labranza Convencional.** Se realizó con tractor, un pase de arado, uno de rastra y surcado con azadón.

**Labranza Mínima.** En Pichincha, se realizó el surcado superficial con tractor usando el tiller; en Bolívar, con azadón.

**Labranza Cero.** En las 2 localidades no se preparó el suelo.

La fertilización fue general para nitrógeno (N), potasio (K) y azufre (S); el fósforo (P) se aplicó de acuerdo a los niveles establecidos. A la siembra se aplicó todo el fósforo, potasio y azufre recomendado, más el 40% de nitrógeno. El fertilizante en Labranza Convencional y Mínima se aplicó a chorro continuo, al fondo del surco; y en Labranza Cero se depositó en el hoyo; para los 2 casos se cubrió con una capa delgada de suelo.

El resto del nitrógeno se fraccionó para 2 aplicaciones: a los 30 y 60 dds. El fertilizante se puso a chorro continuo, a una distancia de 5 a 10 cm de las plantas; en Labranza Convencional se incorporó con azadón en las labores de deshierba y aporque. En las parcelas de Labranza Cero y Mínima el fertilizante quedó en la superficie sin ser incorporado al suelo (Foto 3).



**Foto 3.** Fertilización complementaria con nitrógeno en labranza Cero. Provincia de Bolívar, 2003

La distancia de siembra de maíz fue; en Pichincha, de 0.75 m entre surcos y 0.20 m entre plantas, con 2 semillas de maíz por sitio. A los 30 dds se raleó dejando una planta de maíz, se alcanzó un total de 66 666 plantas/ha. En Bolívar fue de 0.80 m entre surcos y 0.25 m entre plantas con 2 semillas de maíz por golpe. A los 30 dds se raleó dejando una planta de maíz, con un total de 50 000 plantas/ha. La siembra en Labranza Cero se la hizo con espeque (Foto 4); en Labranza Convencional y Mínima, al fondo del surco y se tapó con azadón.



**Foto 4.** Siembra de maíz con espeque en Labranza Cero

Para el control de malezas, en todo el ensayo, en preemergencia, se aplicó el herbicida Afalón (i.a. Linurón) en dosis de 1.50 l/ha. A los 60 dds, en las Labranzas de Conservación, se aplicó Paraquat 2 l/ha, usando pantalla (Foto 5), y se complementó con deshierba manual con hoz para eliminar las malezas presentes entre las plantas. En Labranza Convencional se realizó la deshierba y aporque con azadón.



**Foto 5.** Aplicación de herbicida en post emergencia con pantalla, en Labranza Cero y Mínima. Provincia de Bolívar, 2003

Los controles fitosanitarios se realizaron basándose en los requerimientos de cada cultivo y zona. Para gusanos de la mazorca (*Heliothis zea* y *Euxesta eluta*) se realizaron 2 controles con aceite comestible (2-3 gotas en los estigmas); la primera al encontrarse el cultivo en un 30% de floración femenina; y la segunda, a los 15 días después de la primera aplicación. La cosecha se realizó manualmente a la madurez fisiológica del cultivo (Foto 6). En las Labranzas Mínima y Cero el rastreo quedó en la superficie del suelo.



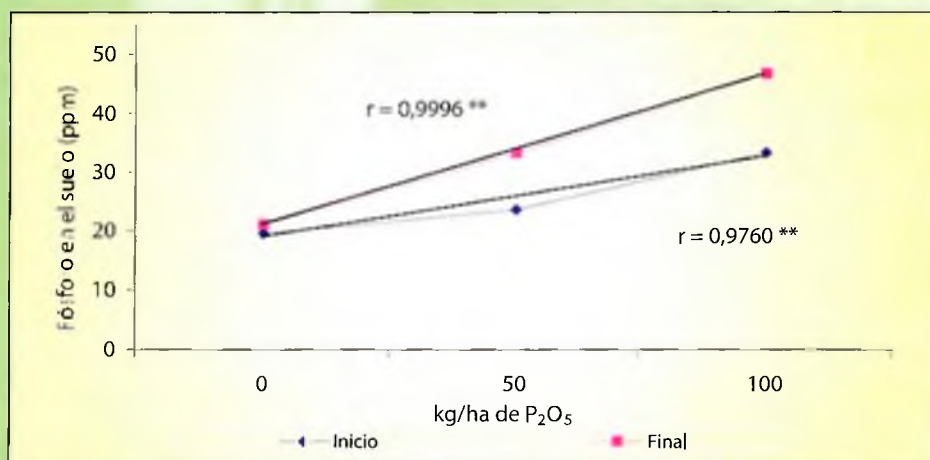
**Foto 6.** Cosecha manual de maíz en los ensayos de sistemas de Labranza y Fertilización Fosfórica

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis químico de suelos

#### Contenido de fósforo en el suelo

En Pichincha, al realizar el análisis de varianza (ADEVA) para contenido de fósforo en el suelo, tanto al inicio y al final del ensayo, se observó diferencias altamente significativas para fertilización fosfórica. Las regresiones lineales presentan una alta correlación, entre el contenido de fósforo y los niveles aplicados en el tercero y cuarto año de investigación (Figura 1). El promedio general al inicio del ensayo fue de 26 partes por millón (ppm) de fósforo, y al final, de 34 ppm. Observándose un incremento promedio de 8 ppm por efecto de la fertilización. El contenido de fósforo en el testigo (0 kg/ha de  $P_2O_5$ ) al inicio del ensayo fue de 19.6 ppm, y al final al aplicar 100 kg/ha de  $P_2O_5$  fue de 46.8 ppm, con un incremento de 27.2 ppm, ocasionado por el efecto residual de este elemento. Esta práctica agrícola mantiene niveles altos de fósforo en el suelo, elemento importante para una óptima producción, sobre todo si se considera su baja movilidad.



**Figura 1.** Efecto de la fertilización fosfórica sobre la disponibilidad de fósforo al inicio y final del experimento. Provincia de Pichincha, 2003

El análisis de varianza para sistemas de labranza y la interacción con fertilización no presentó diferencias estadísticas.

En Bolívar, el análisis de varianza para contenido de fósforo, al inicio y final del ensayo, registró diferencias altamente significativas para la fertilización con niveles crecientes de fósforo; los sistemas de labranza y la interacción no presentaron diferencias significativas al 5%. La regresión lineal determinó una alta correlación de los niveles de fósforo con la disponibilidad de este elemento en el suelo (Figura 2).

En las 2 épocas de muestreo se observó incrementos en el contenido de fósforo por efecto de los niveles; así, al inicio y final del ensayo el aumento en el contenido de fósforo fue de 5.6 ppm por la aplicación de 100 kg/ha de  $P_2O_5$ , comparado con el testigo. Al final del cuarto ciclo el contenido de fósforo es menor que al inicio, en todos los niveles evaluados; esto se debe probablemente a la extracción por los cultivos, humedad del suelo, análisis o porque el suelo presenta una alta capacidad de fijación de fósforo, lo cual se relaciona con el material parental del suelo y el contenido alto de materia orgánica.

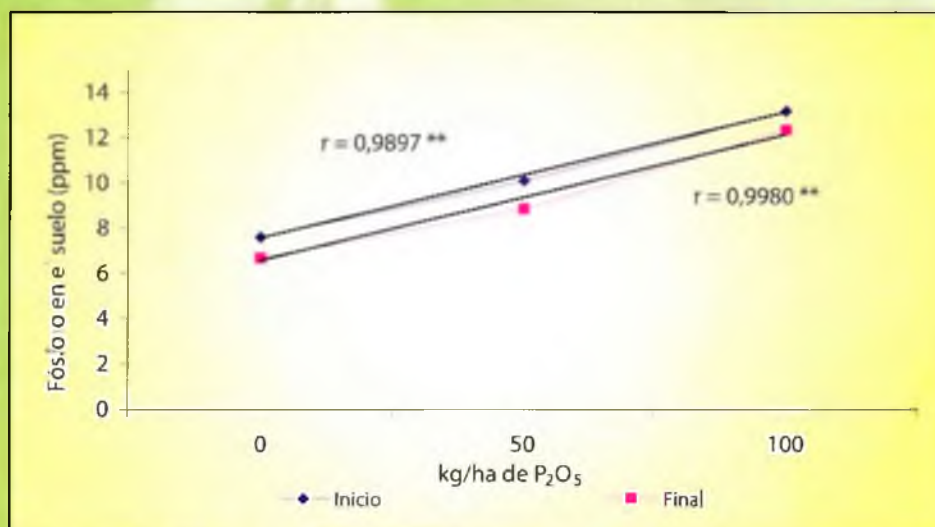
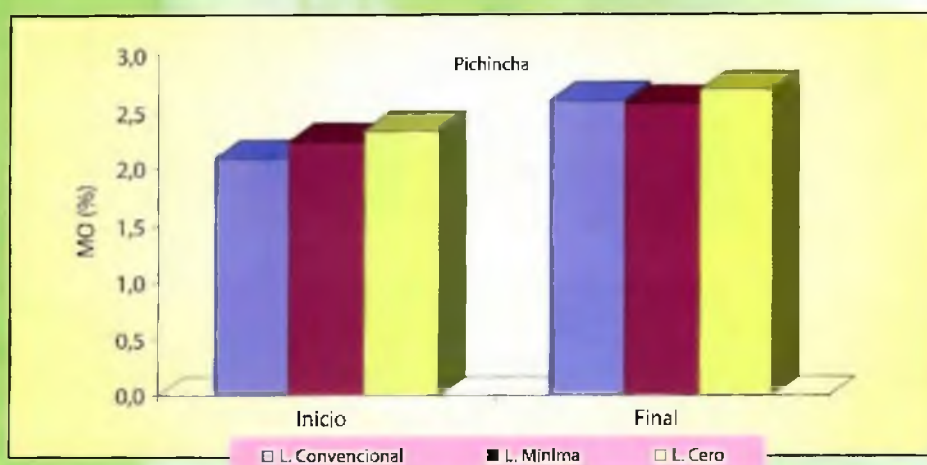


Figura 2. Efecto de la fertilización fosfórica sobre la disponibilidad de fósforo al inicio y final del experimento. Provincia de Bolívar, 2003

### Materia orgánica

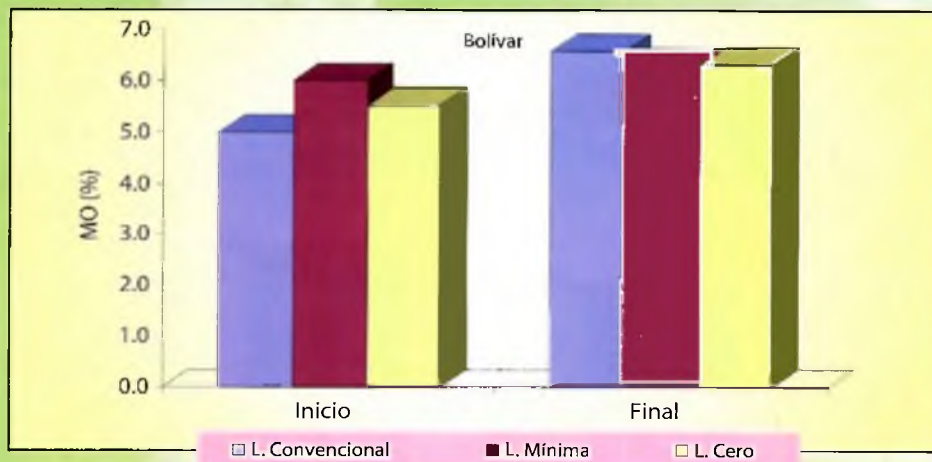
En Pichincha y Bolívar, el análisis de varianza para contenido de materia orgánica no presentó diferencias significativas para las fuentes de variación.



**Figura 3.** Promedios de materia orgánica respecto a los Sistemas de Labranza utilizados en maíz. Provincia de Pichincha, 2003

Los contenidos de materia orgánica se incrementaron entre el inicio y final del cuarto ciclo en ambas localidades (Figuras 3 y 4), debido a los residuos de la superficie del suelo, los que van gradualmente mineralizándose. Este aporte es importante para el suelo, tal como señala Plaster (2000), pues la cantidad de materia orgánica depende del equilibrio entre las entradas y las pérdidas de la misma. Las entradas representan: residuos de la cosecha, abonos orgánicos, cubiertas vegetales y otros. Las pérdidas incluyen erosión y oxidación biológica (descomposición).

La adición de rastrojo de maíz en 4 años de estudio ha formado una capa de *mulch* de 2 cm de espesor; sin embargo, este aporte de materia orgánica no se refleja en el análisis del suelo; por cuanto, en el muestreo con el barreno de 2 cm de diámetro existe escape de la materia orgánica acumulada en la superficie del suelo; además, en el tamizado de las muestras se separan los residuos vegetales mayores a 2 mm de diámetro. El incremento en el contenido de materia orgánica se debe a la fracción mineralizada.



**Figura 4.** Promedios de materia orgánica respecto a los Sistemas de Labranza utilizados en maíz. Provincia de Bolívar, 2003

## Análisis físico del suelo

### Densidad aparente

En Pichincha, a la cosecha del cuarto ciclo de maíz, el análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas para profundidades. Las labranzas no influyeron en el promedio de la densidad aparente; por tanto, no es necesario remover el suelo para disminuirla. Los valores promedios de densidad aparente para los sistemas de Labranza Convencional, Mínima y Cero fueron de 1.34, 1.33 y 1.37 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente.

La prueba DMS al 5% presentó 2 rangos de significación para profundidades: en el primero se ubicó la profundidad de 8 a 12 cm con un promedio de 1.25 g/cm<sup>3</sup>; en el segundo rango, la profundidad de 20 a 24 cm con un promedio de 1.45 g/cm<sup>3</sup> de densidad aparente. En el presente ensayo se observó que a mayor profundidad existe un aumento de la densidad aparente.

En Bolívar, el análisis de varianza para densidad aparente no presentó diferencias significativas para ninguna de las fuentes de variación. La densidad aparente para Labranza Convencional fue de 0.80 g/cm<sup>3</sup> y para las Labranzas Mínima y Cero, de 0.88 g/cm<sup>3</sup>. La densidad aparente en la profundidad de 8 a 12 cm fue de 0.87 g/cm<sup>3</sup> y en la profundidad de 20 a 24 cm fue de 0.84 g/cm<sup>3</sup>.

Se obtuvo que en Bolívar, la densidad aparente fue menor que en Pichincha; variación que depende del contenido de materia orgánica del suelo, que es mayor en Bolívar.

### Compactación

En Pichincha, la variación del análisis de la compactación presentó las principales diferencias en las distintas profundidades (Figura 5), con un incremento de la compactación en las capas más profundas. Esto se evidenció con mayor claridad en Labranza Convencional al intensificarse este proceso por el constante tráfico agrícola, sobre todo al ser realizado a una misma profundidad con la formación del pie de arado.

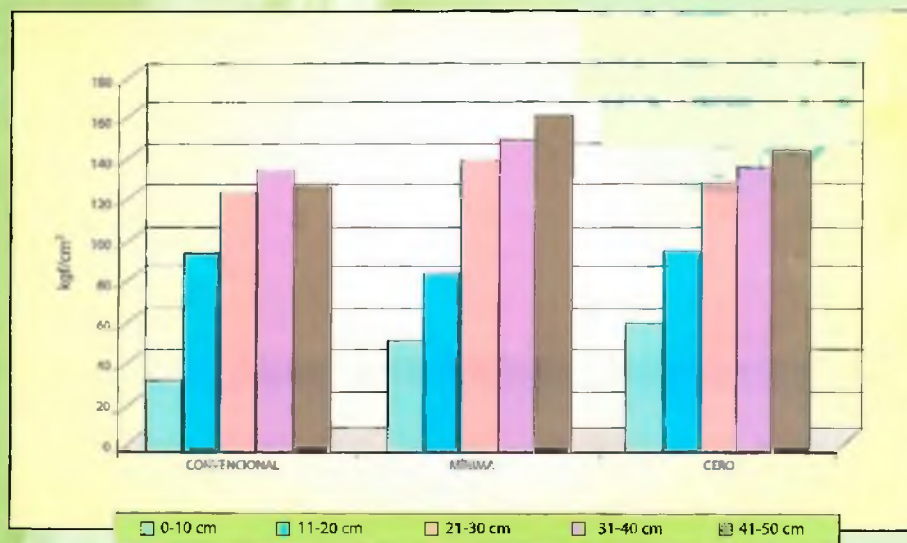


Figura 5. Promedios de Compactación para sistemas de labranza a la instalación del ensayo en maíz, Pichincha. (Fuente: Vinuesa, 2004)



En Bolívar, la tendencia observada para compactación a diferentes profundidades fue similar a la de Pichincha.

### Humedad gravimétrica

En las 2 localidades, los sistemas de Labranza Cero y Mínima alcanzaron los mayores porcentajes de humedad gravimétrica en todas las evaluaciones realizadas (Figuras 6 y 7). Las Labranzas de Conservación captan porcentajes más altos de humedad al ser comparadas con la Convencional, ya que las de Conservación disminuyen la evaporación del agua, gracias al rastrojo que queda en la superficie del suelo, que permite regular la humedad durante el ciclo de cultivo. Al no ser removido el suelo, los residuos vegetales impiden el impacto directo de los rayos solares con las partículas del suelo, lo cual reduce el calentamiento del suelo y por consiguiente la evaporación.

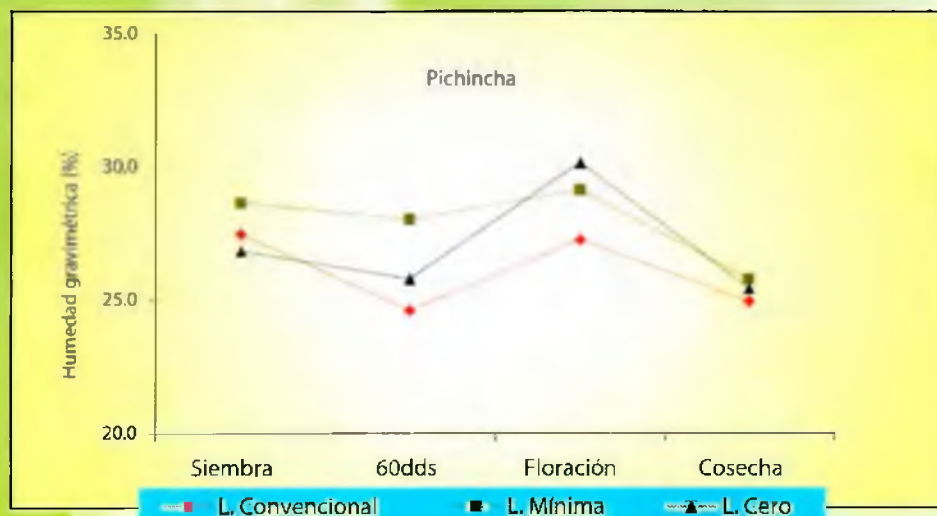


Figura 6. Humedad gravimétrica relacionada con el período del cultivo de maíz. Provincia de Pichincha, 2003

En Pichincha, la mayor diferencia en la humedad gravimétrica entre Labranza Convencional y Mínima es de 3.4% (Figura 6) a los 60 dds. En Bolívar las diferencias son menores (Figura 7) debido al mayor contenido de materia orgánica y porcentaje de humedad gravimétrica.

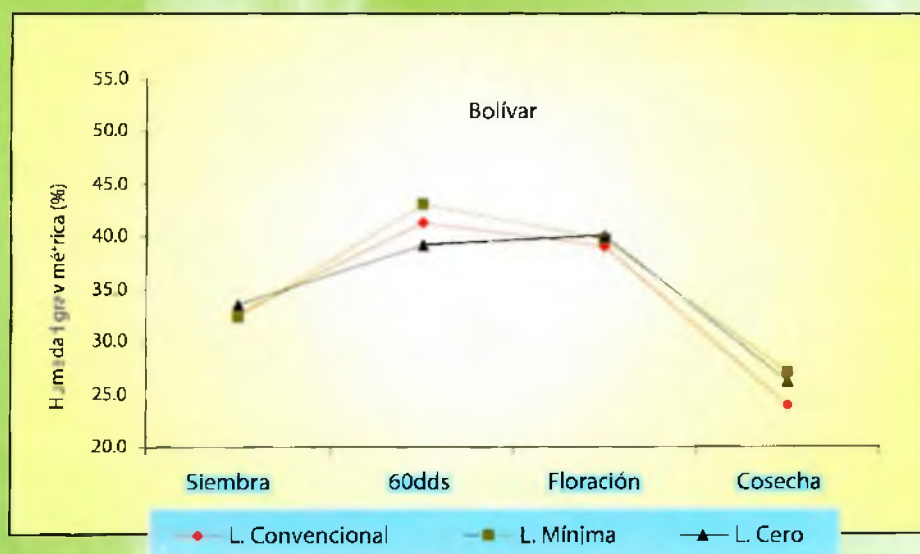


Figura 7. Humedad gravimétrica relacionada con el periodo del cultivo de maíz. Provincia de Bolívar, 2003

### Porosidad

Las 2 localidades no presentaron diferencias significativas para sistemas de labranza, niveles de fósforo y su interacción en porosidad. Bolaños (1989) señala que no es necesario remover el suelo para tener una buena aireación. Bajo Labranza de Conservación al no disturbar el suelo, éste se enriquece en macroporos por la acción de macroartrópodos y raíces del cultivo anterior.

En el Cuadro 5, se observa que en Bolívar la porosidad es mayor que en Pichincha, lo cual está relacionado con el contenido de materia orgánica que es alto y la densidad aparente que es menor a  $1.0 \text{ g/cm}^3$ . En Pichincha, la porosidad disminuye significativamente con la profundidad del suelo. A mayor porosidad del suelo se tiene mayor capacidad de almacenamiento de agua.

**Cuadro 5.** Promedios y rangos de significación para porosidad en Sistemas de Labranza, Fertilización Fosfórica y a 2 profundidades en maíz. Pichincha y Bolívar, 2003

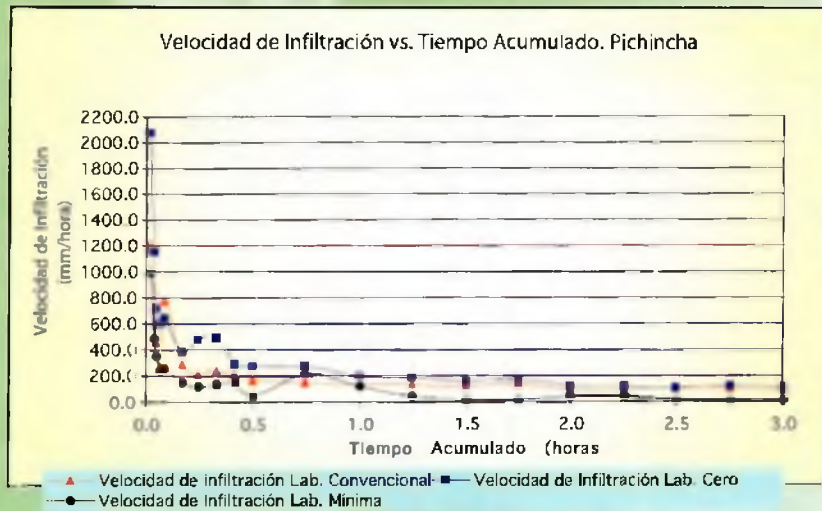
Factor	Significado	Promedios (%) y Rangos de Significación	
		Pichincha	Bolívar
Sistemas de Labranza (L)	L <sub>1</sub> = Convencional	48.0	68.4
	L <sub>2</sub> = Mínima	49.4	65.8
	L <sub>3</sub> = Cero	47.9	66.2
Fertilización Fosfórica (F)	F <sub>0</sub> = 0 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	46.9	66.5
	F <sub>1</sub> = 50 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	49.9	66.8
	F <sub>2</sub> = 100 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	48.5	67.0
Profundidades (P)	P <sub>1</sub> = 8 a 12 cm	52.3 a	66.4
	P <sub>2</sub> = 20 a 24 cm	44.6 b	67.2

### Infiltración

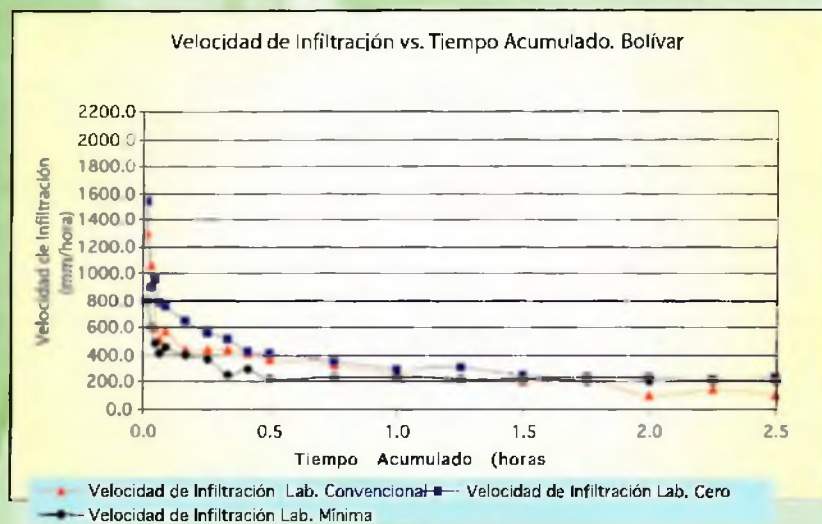
Las Labranzas de Conservación presentaron mayores velocidades de infiltración que Labranza Convencional (Figuras 8 y 9), sobre todo en Bolívar, debido a la mejor continuidad porosa establecida por la macrofauna y por la presencia de raíces de cultivos anteriores que permanecen inalterables en estos sistemas (Marelli, 1998). A largo plazo esto representa, para las Labranzas de Conservación más agua disponible y menor escorrentía, pues el agua que no se infiltra, escurre y representa riesgo potencial de erosión.

La labranza del suelo puede inicialmente mejorar la infiltración y algunas veces beneficiar el drenaje, pero con el tiempo favorece la degradación de la estructura y la reducción de la tasa de infiltración. En Labranza Convencional al quedar los suelos sin cobertura, la infiltración es limitada rápidamente por el encostramiento superficial que se produce a partir de los primeros minutos de lluvia.

Las numerosas operaciones de labranza afectan la continuidad porosa, y por tanto la infiltración y drenaje. Las cubiertas de residuos son muy efectivas para evitar el encostramiento superficial y permitir una elevada infiltración inicial.



**Figura 8.** Velocidades de infiltración para Sistemas de Labranza en maíz (*Zea mays* L.), Provincia de Pichincha. (Fuente: Vinuesa, 2004)



**Figura 9.** Velocidades de infiltración para Sistemas de Labranza en maíz (*Zea mays* L.), Provincia de Bolívar. (Fuente: Vinuesa, 2004)

Experimentos realizados por Sánchez (1998) durante 6 años no encontraron diferencias significativas entre laboreos, sobre la infiltración básica; lo que podría estar relacionado al tiempo, los años transcurridos no habrían sido suficientes para que estos sistemas produzcan cambios en la porosidad. A pesar de los 4 años de conducción de este ensayo, como se vio anteriormente, tampoco se produjeron cambios significativos en la porosidad que pudieran afectar marcadamente la infiltración.

## **Análisis Biológico**

### **Poblaciones bacterianas**

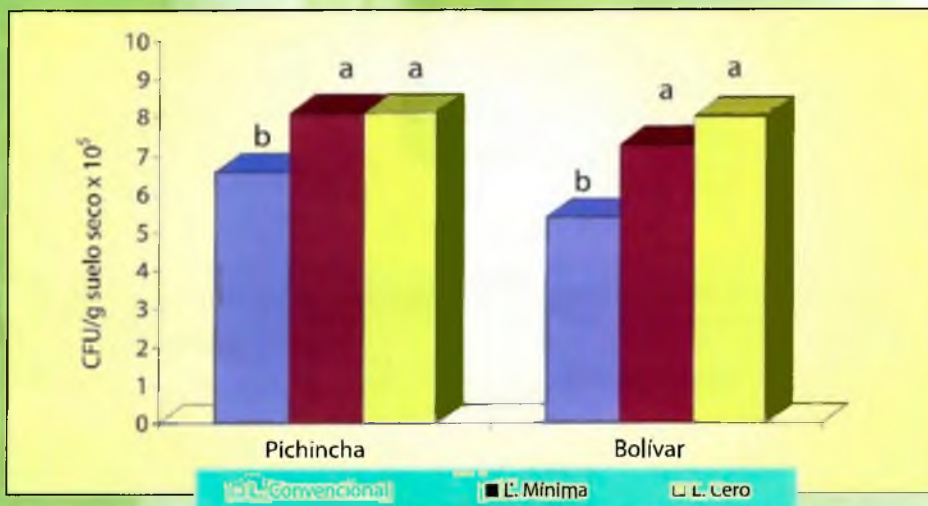
En Pichincha, el análisis de varianza presentó diferencias significativas para sistemas de labranza.

La Prueba de Tukey al 5%, presentó 2 rangos de significación para labranzas. En el primer rango se ubicaron Labranza Cero con  $8.14 \times 10^5$  CFU/g de suelo seco y Labranza Mínima con un promedio de  $8.11 \times 10^5$  CFU de bacterias/g de suelo. La Labranza Convencional se ubicó en el último rango con  $6.61 \times 10^5$  CFU de bacterias/g suelo seco. Al implementar los sistemas de Labranza de Conservación en el cultivo de maíz (cuarto año), los suelos experimentaron un significativo incremento del número de bacterias (Figura 10), un gran papel juegan los residuos de los cultivos; tal como concluye Aciego (1994), la cobertura en sistemas de labranza conservacionista produce efectos positivos sobre el número de microorganismos y su actividad, principalmente en la superficie del suelo y después de varios años de cultivo.

Las bacterias descomponen la materia orgánica; reciclan nutrientes que constantemente se renuevan en la superficie gracias al rastrojo. Estas funciones son afectadas por la localización de los organismos del suelo, tal como lo señala Plaster (2000), la Labranza Convencional con la inversión del suelo lleva a la población microbiológica activa a zonas profundas con menos oxígeno (O), agua y en general condiciones adversas; en tales circunstancias las poblaciones disminuyen considerablemente (Figura 10), al igual que sus efectos benéficos.

En Bolívar, el análisis de varianza presentó diferencias significativas para sistemas de labranza, y altamente significativas para niveles de fósforo.

Tukey al 5%, presentó 2 rangos de significación para sistemas de labranza, en el primero se ubicaron Labranza Cero con  $7.96 \times 10^5$  CFU de bacterias/g suelo seco y Labranza Mínima con  $7.33 \times 10^5$  CFU/g de suelo seco (Figura 10). La Labranza Convencional se ubicó en el último rango con  $5.36 \times 10^5$  CFU de bacterias/g suelo seco.



**Figura 10.** Efecto de los Sistemas de Labranza sobre las Poblaciones Bacterianas en unidades formadoras de colonias (CFU). Provincias de Pichincha y Bolívar, 2003

Tukey al 5% para fertilización, presentó 2 rangos de significación (Figura 11), encabezando el primer rango estuvieron los niveles de 100 y 50 kg/ha de  $P_2O_5$  con promedios de  $7.63 \times 10^5$  CFU/g suelo seco y de  $6.87 \times 10^5$  CFU/g suelo seco, respectivamente. En el último rango se ubicó el nivel de 0 kg/ha de  $P_2O_5$  con  $5.17 \times 10^5$  CFU de bacterias/g suelo seco.

El mayor número de bacterias en los niveles más altos de fósforo, se debe a que necesitan de energía (ATP) para sus reacciones metabólicas. Jañez (1998) y Junco (2003) indican que la nutrición es sumamente importante para el crecimiento y multiplicación de los microorganismos; en particular, el fósforo es componente celular adquirido principalmente mediante iones fosfato inorgánico empleándolo para sintetizar a más de ATP, fosfolípidos y ácidos nucleicos. Un criterio similar fue emitido por Aciego (1994), al señalar que la fertilización, incrementa la población de microorganismos y entre ellos la de bacterias.

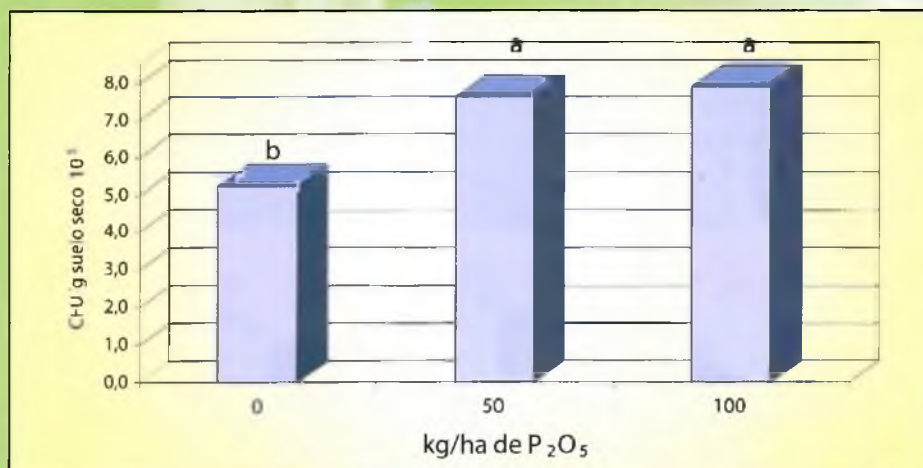


Figura 11. Efecto de la fertilización fosfatada sobre las Poblaciones Bacterianas en el suelo. Provincia de Bolívar, 2003

## Evaluaciones agronómicas

### Emergencia

No se presentó diferencia significativa para labranzas, fertilización ni para su interacción, a pesar de que la literatura señala ventajas y desventajas en este sentido debido a la presencia de *mulch*.

La cobertura vegetal (rastreo) influye sobre la germinación de las semillas, la actividad biológica y el crecimiento inicial del cultivo, al regular la humedad y temperatura del suelo, sobre todo en los primeros 5 cm de profundidad. Sin embargo Barber R. (1999), señala que en casos especiales, como la presencia de abundante rastreo, puede disminuir la temperatura a niveles que prolonguen el período de emergencia, o dificulten la labor de siembra; pero éste no fue el caso de los ensayos, pues los rastreos, al inicio, se cortaron en fragmentos que facilitaron su manejo y se concentraron básicamente entre los surcos, mas no en las hileras de siembra.

### Altura de plantas

En Pichincha, el análisis de varianza a la floración presentó diferencias significativas al 5% para sistemas de labranza. La Prueba de Tukey al 5% obtuvo en

labranzas 2 rangos; en el primero se encontró Labranza Convencional con una altura de 270 cm; y en el segundo rango, compartiendo las Labranzas Mínima con 248 cm y Cero con 243 cm. En Bolívar, a la floración no se detectó diferencias significativas para ninguna de las fuentes de variación.

El cultivo respondió a la Fertilización Fosfórica en las etapas iniciales de crecimiento del maíz (60 dds), ya que la deficiencia de fósforo se presenta generalmente en las primeras fases del desarrollo. No se vieron efectos posteriores del fósforo, en Pichincha, gracias a su alto contenido en el suelo; mientras que en Bolívar, pese a poseer el suelo un bajo contenido de fósforo, la variedad tardía Guagal mejorado pudo aprovechar el fósforo existente en el suelo por tener un ciclo más largo.

### Acame

En Pichincha, los resultados de acame no revelaron diferencias entre Sistemas de Labranza ni fertilización. En Bolívar se presentaron diferencias significativas al 5% para Sistemas de Labranza. La Prueba de Tukey al 5%, marcó 2 rangos de significación para Sistemas de Labranza (Figura 12), encontrándose en el último rango la Labranza Convencional con mayor porcentaje de acame, con promedio de 16.8%; mientras Labranza Mínima y Labranza Cero tuvieron como promedios reales a 4.4 y 4.6%, respectivamente, ocupando el primer rango.

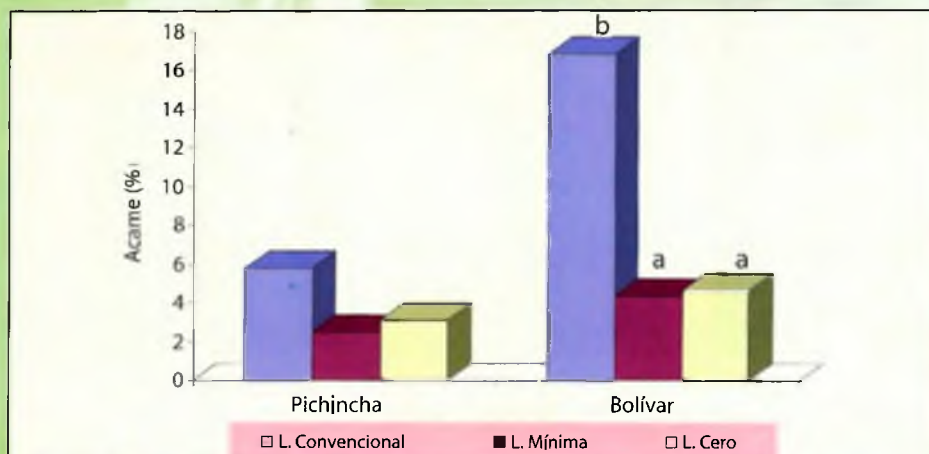


Figura 12. Porcentaje de acame respecto a los Sistemas de Labranza utilizados en maíz. Provincias de Pichincha y Bolívar, 2003



De acuerdo a los resultados encontrados, el aporque no redujo el acame en Labranza Convencional. Esto se debe a la mayor estabilidad del sistema radicular en un suelo no removido, por ello, no es necesario realizar el aporque. Como se observó en las 2 localidades, el aporque es una práctica innecesaria que lejos de beneficiar al agricultor encarece los costos de producción por el mayor gasto en mano de obra requerido para esta labor cultural.

### Rendimiento de grano

Estadísticamente no se observaron diferencias significativas en las 2 localidades para ninguna de las fuentes de variación. Como se observa en la Figura 13, en Pichincha existe una ligera reducción del rendimiento en los Sistemas de Labranza de Conservación, debido a una baja eficiencia en la aplicación complementaria de nitrógeno; esto provocó síntomas visuales de deficiencia de nitrógeno, los que fueron corregidos por aplicaciones posteriores; sin embargo, los rendimientos fueron afectados. En Bolívar hubo un incremento en el rendimiento de maíz por efecto de la Labranza de Conservación. Por lo tanto, al no remover el suelo, este cultivo no se afectó en su capacidad productiva; al contrario, bajan los costos de producción y la rentabilidad es mayor.

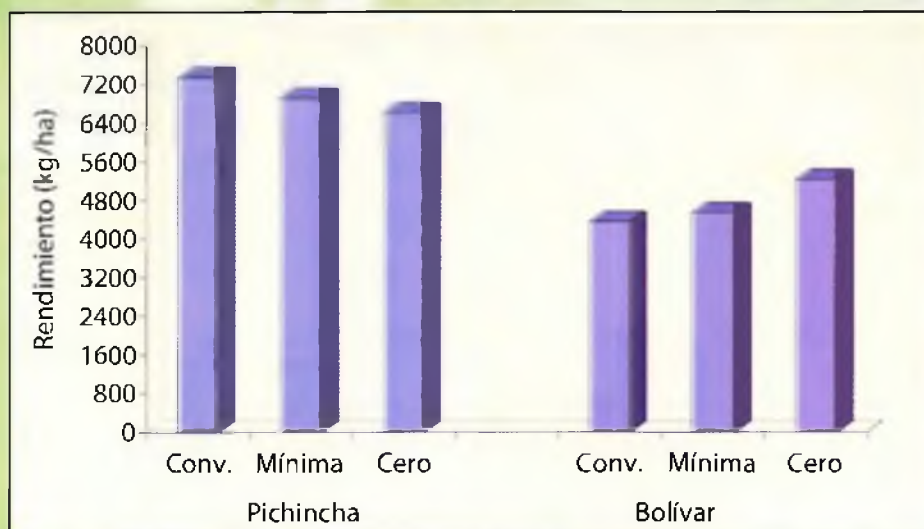
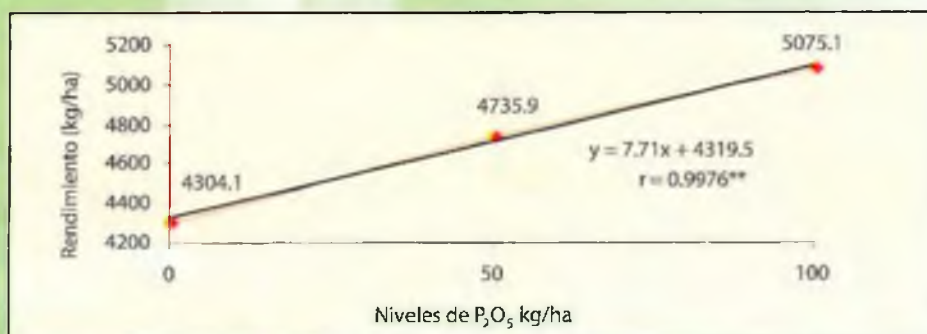


Figura 13. Promedios para rendimiento de maíz por sistemas de labranza. Provincias de Pichincha y Bolívar, 2003

En Bolívar, donde el suelo se caracteriza por su bajo contenido inicial de fósforo (8 ppm), se observa en la Figura 14, que el coeficiente de correlación se acercó a 1, existiendo mayor respuesta en esta localidad a la fertilización fosfórica, siguiendo una tendencia lineal estadísticamente significativa.

Los resultados obtenidos en esta localidad se fundamentan en la importancia del fósforo en el rendimiento de los cultivos. La disminución de las cosechas se debe más a menudo al déficit de fósforo que al de cualquier otro nutriente, y se lo considera como la clave de la agricultura.



**Figura 14.** Correlación entre Rendimiento de maíz y niveles de fósforo. Provincia de Bolívar. 2003

Los resultados expuestos reflejan que los rendimientos no se ven afectados por las prácticas de conservación de suelos, y que por tanto constituyen alternativas tecnológicas que permiten obtener rendimientos similares al sistema tradicional, pero con la gran ventaja de disminuir la erosión y degradación de los suelos.

### Análisis económico

En Pichincha, el análisis económico del Presupuesto Parcial (CIMMYT, 1988) en base al Total de Costos que Varían (Cuadro 6), determinó que Labranza Mínima con 100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> fue el tratamiento que tiene una Tasa de Retorno Marginal (TRM) de 92%; lo cual representa que por cada dólar invertido recupera 0.92 dólares. Sin embargo, no supera la Tasa Mínima de Retorno (TAMIR) que se estima en 100%, para este tipo de investigaciones. Estos resultados corroboran lo encontrado en el análisis estadístico para rendimiento de grano de maíz que no detectó diferencias estadísticas significativas para ninguna de las fuentes de variación.

En Bolívar (Cuadro 6), se observa que los tratamientos con el Sistema de Labranza Cero son los que no han sido dominados y presentan Tasas de Retorno Marginales de 1 600%, 122% y 96% para los niveles de fósforo: 0 - 50 y 100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. Los tratamientos que superan la TAMIR de 100% son: Labranza Cero sin fósforo y Labranza Cero con 50 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, siendo los tratamientos económicamente rentables para el cultivo de maíz, en esta localidad.

Estos resultados muestran que las Labranzas de Conservación son alternativas viables para el agricultor por ser rentables, más aún si se considera el criterio de Daza (1998) quien propone la búsqueda de mecanismos que permitan un análisis económico más detallado en el que se incluyan las utilidades a largo plazo derivadas del control y reversión de los procesos erosivos, con lo que se comprobaría que estos sistemas de labranza son más rentables que la Labranza Convencional.

**Cuadro 6.** Análisis Marginal de los ensayos de sistemas de labranza y fertilización fosfórica en el cultivo de maíz. Provincias de Pichincha y Bolívar, 2003

Tratamiento Labranza	kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Total de costos que varían (USD/ha)	Beneficios Netos (USD/ha)	Tasa de retorno marginal (%)
Pichincha				
Mínima	0	136	999	
Mínima	100	209	1 066	92
Bolívar				
Mínima	0	136	716	
Cero	0	148	908	1 600
Cero	50	193	962	122
Cero	100	221	989	96

El análisis económico se basó en los costos de producción del año 2003, tiempo en el que se realizó la investigación. Por lo tanto, las Tasas de Retorno Marginal pueden variar de acuerdo a cambios en los precios del producto y los insumos.

## CONCLUSIONES

1. El contenido de fósforo en el suelo se incrementó por la aplicación de niveles crecientes de fósforo. Los sistemas de labranza no influyeron en este comportamiento.
2. En las 2 localidades, las poblaciones bacterianas presentaron un significativo incremento de unidades formadoras de colonias (CFU), bajo sistemas de Labranza de Conservación. En Bolívar aumentó el número de bacterias en proporción al incremento de los niveles de fósforo.
3. Variables físicas como: humedad gravimétrica, densidad aparente, porosidad y compactación no se vieron influenciadas por los sistemas de labranza, ni por la fertilización fosfórica. Las tasas de infiltración más elevadas se presentaron bajo Labranza de Conservación y más claramente en Labranza Cero.
4. Los Sistemas de Labranza de Conservación presentaron menor acame que la Labranza Convencional.
5. Los sistemas de labranza no influyeron en los rendimientos obtenidos en ambas localidades. La Fertilización Fosfórica, en Pichincha, no influyó en los rendimientos, mientras que en Bolívar se presentaron mayores rendimientos para los niveles de 50 y 100 kg/ha de  $P_2O_5$ .
6. Económicamente los mejores tratamientos pertenecieron a las Labranzas de Conservación. En Pichincha, la Labranza Mínima, con 100 kg/ha  $P_2O_5$ , obtuvo una TRM de 92% y en Bolívar, la Labranza Cero, con 0 kg/ha  $P_2O_5$  obtuvo la TRM más alta con 1600%; seguido de los niveles de 50 y 100 kg/ha  $P_2O_5$ , con TRM de 122 y 96%, respectivamente.
7. Las Labranzas de Conservación Mínima y Cero, son alternativas rentables, de fácil uso y eficientes para el control de la erosión de los suelos en los que se siembra maíz.

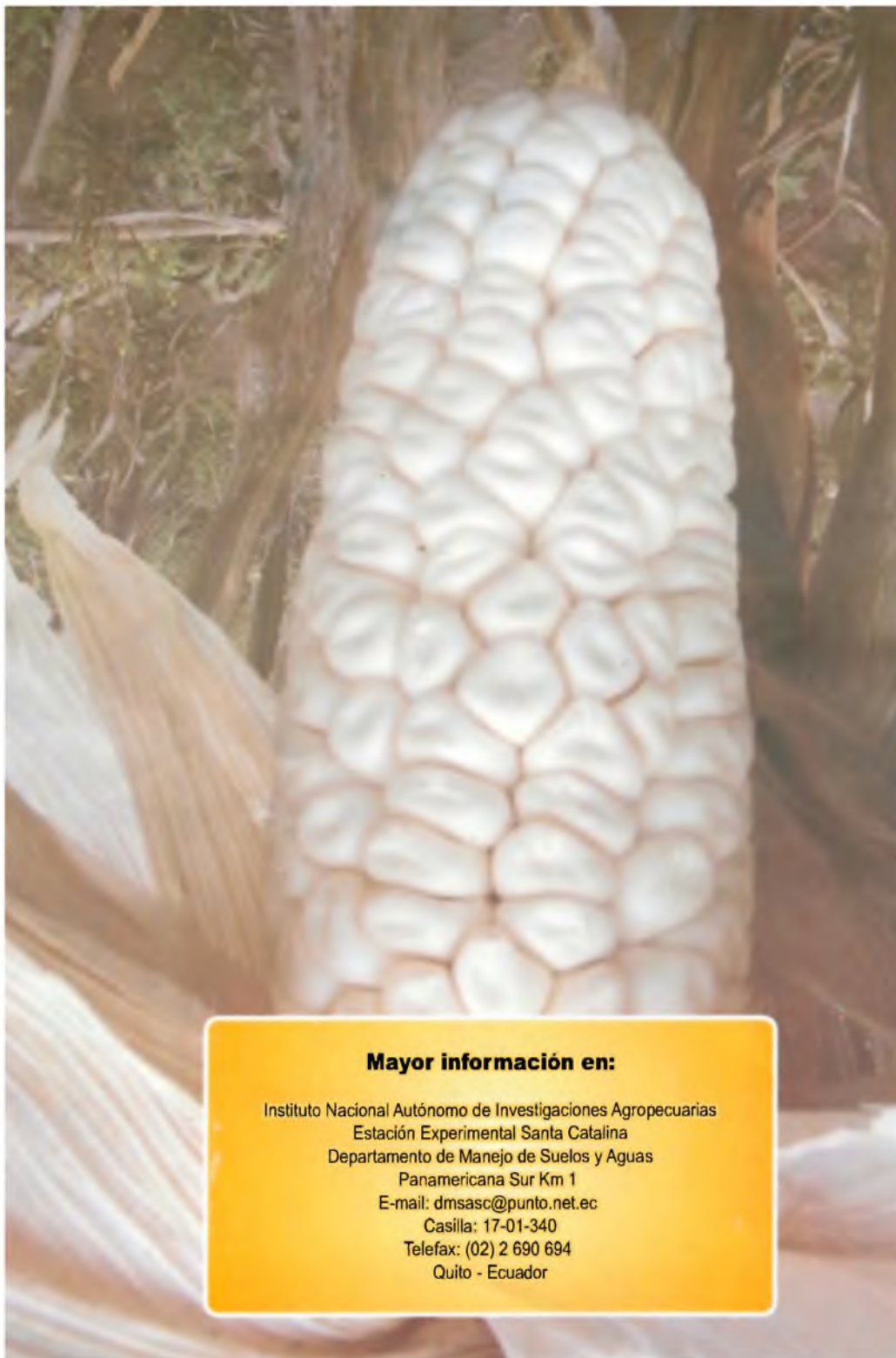
## RECOMENDACIONES

1. Validar, capacitar y difundir a los agricultores y productores de maíz sobre los sistemas de Labranza Mínima y Cero. Considerando que además de no disminuir los ingresos, conservan el recurso suelo evitando la erosión y degradación del mismo.
2. Aplicar mínimas cantidades de fósforo en un suelo con contenido alto del nutriente, como sucede en Pichincha. Mientras que en un suelo con contenido bajo de fósforo, como en Bolívar, se necesita una adecuada fertilización a la siembra (50 kg/ha  $P_2O_5$ ), para asegurar buenos rendimientos.
3. Continuar investigando sobre los sistemas de Labranza de Conservación, pues llegan a estabilizarse de acuerdo a las condiciones climáticas de mediano a largo plazo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ACIEGO, J.; BORGES, D.; ROJAS, J. 1994. Efecto de los sistemas de labranza conservacionista sobre la dinámica de poblaciones microbianas de un suelo degradado del estado Yaracuy. Universidad Central de Venezuela. Maracay, s.p.
2. BARBER, R. 1999. Conceptos básicos. Experiencias adquiridas y transmisión de agricultor a agricultor de tecnologías conservacionistas. In Manejo de suelos y cultivos en zonas de ladera de América Central. Roma: FAO. pp.11-12.
3. BOLAÑOS, J. 1989. Suelos en relación a labranza de conservación: Aspectos físicos. Labranza de conservación en maíz. México, CIMMYT.
4. CIMMYT, 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D.F., México.

5. CROWWETTO, C. 1992. Rastrojos sobre el suelo. Una introducción a la cero labranza. Concepción.
6. DAZA, C. 1998. Análisis económico de la siembra directa. Editorial Hemisferio Sur. INTA. Buenos Aires – Argentina. pp.311-318.
7. IAÑEZ, E. 1998. Metabolismo energético. Curso de Microbiología General. s.p. ([http://www.unne.edu.ar/cyt/2003/comunicaciones/05\\_Agrarias/A\\_045.pdf](http://www.unne.edu.ar/cyt/2003/comunicaciones/05_Agrarias/A_045.pdf)). 14 de mayo del 2003.
8. JUNCO, R.; RODRÍGUEZ, C. 2003. Cultivo y crecimiento de los microorganismos. p. 46.
9. MARELLI, H. 1998. La siembra directa como práctica conservacionista. Siembra Directa. Instituto Nacional Tecnológico Agropecuario, p.66.
10. PLASTER, E. 2000. La Ciencia del Suelo y su Manejo. Madrid (España). pp. 116-117, 125, 126, 127, 318-320, 269-273.
11. SÁNCHEZ, H. *et al.* 1998. Labranzas en la Región Chaco-Pampeana Sub húmeda de Tucumán. Siembra Directa. INTA.
12. VINUEZA, V. 2004. Sistemas de Labranza de Conservación de Suelos y Fertilización fosfórica en maíz (*Zea mays*). Tesis de Grado previo a la obtención del Título de Ing. Agr. Universidad Central del Ecuador, Quito.
13. VIVERO, W. 1998. "Prácticas de Conservación de Suelos" Simposio Internacional de Desarrollo Sustentable de Montañas. Quito.



**Mayor información en:**

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias  
Estación Experimental Santa Catalina  
Departamento de Manejo de Suelos y Aguas  
Panamericana Sur Km 1  
E-mail: [dmsasc@punto.net.ec](mailto:dmsasc@punto.net.ec)  
Casilla: 17-01-340  
Telefax: (02) 2 690 694  
Quito - Ecuador