

EFFECTO DE LEGUMINOSAS NATIVAS SOBRE LA MICROBIOTA DEL SUELO Y EL CULTIVO DE PAPA

SIVILA DE CARY RUTH⁽¹⁾ & HERVE DOMINIQUE⁽²⁾

(PROYECTO TROPANDES (ERBIC18-CT98-0263)

⁽¹⁾ INSTITUTO DE ECOLOGIA, LA PAZ - BOLIVIA

⁽²⁾ IRD-CIP/CONDESAN, LIMA - PERÚ.

E mail: rsivila@caoba.entelnet.bo-d.here@cgiar.org

RESUMEN

Durante el año 99/ 2000, en el altiplano boliviano, fue realizado un estudio in situ, en terrenos con 5 años de descanso y variada vegetación de leguminosas nativas colonizadoras propias del descanso, (*Lupinus buchtienii*, *Trifolium amabile*, *Astragalus micranthelus*) las cuales fueron incorporadas al suelo en el momento de la roturación.

Se comparó frente a otra parcela sin leguminosas los cambios que experimenta la población de microorganismos del suelo y el efecto que produce en el rendimiento de papa dulce (*Solanum tuberosum* ssp variedad Gendarme) como cultivo subsecuente.

Se analizó las variaciones que experimenta la microbiota del suelo, en la roturación, siembra y cosecha, diferenciando algunos de los componentes de la comunidad microbiana (bacterias, hongos, actinomicetos, esporulados, acidófilos, amilolíticos, proteolíticos, micorrizas arbusculares y biomasa microbiana). Durante el cultivo se evaluó la cobertura y altura de las plantas en diferentes fechas y al final el rendimiento del cultivo de papa.

Los resultados obtenidos, resaltan la contribución substancial de las leguminosas nativas al componente microbiano del suelo. La producción de papa con precedente de leguminosa tiene un número de tubérculos por planta significativamente mayor y con un rendimiento de 27 t/ha frente a 11 t/h considerado alto de acuerdo a las expectativas en condiciones del altiplano. Se analiza el papel de la microbiota edáfica como un reservorio que lentamente libera los nutrientes haciéndolos disponibles a las plantas.

EFFECT OF NATIVE LEGUMS OVER THE SOIL MICROBIOTA AND POTATO CULTURE

ABSTRACT

During 1999-2000 agricultural cycle, we studied in Bolivian altiplano a 5 year fallow plot where native legumes (*Lupinus buchtienii*, *Trifolium amabile*, *Astragalus micranthelus*) were incorporated to soil by plowing to sow potato (*Solanum tuberosum* ssp Gendarme variety).

We compared soil microbiota population and the effects on potato yield between two peasant in-situ plots with and without legume cover potato precedent. We analyzed the dynamics of soil microbiota at plowing, potato sowing and harvesting times, separating: bacteria, fungi, actinomycetes, aerobic spore-forming bacteria, amylolytics, proteolytics, spore density of arbuscular mycorrhizal fungi and microbial biomass). We measured leaf cover and plant height at three dates and final potato yield.

The results obtained indicate a significative contribution of native legumes to the soil microbiota compartment. Tuber number and potato production are higher after native legumes than after graminean fallow without legumes (27t/ha against 11t/ha). We interpretate the rol of soil microbiota as a compartment that slowly liberates nutrients available for plant extraction.

Fonds Documentaire IRD



010023189

Fonds Documentaire IRD

Cote : BX23189 Ex : 1

INTRODUCCION

La fijación biológica del nitrógeno es una alternativa importante en la agricultura y en general se acepta que las leguminosas hacen una contribución sustancial de nitrógeno para la fertilidad del suelo, además las leguminosas liberan compuestos orgánicos a la rizósfera y allí sustentan una población muy grande de microorganismos. La especie y la edad de la planta afectan al exudado radicular y se conoce que las leguminosas son plantas que estimulan positivamente la rizósfera, así se ha encontrado mayor número de bacterias en la rizósfera de trébol rojo que en el de gramíneas (Cardoso 1992).

Es conocido que la rizósfera actúa directa o indirectamente sobre casi todos los grupos de microorganismos. Un análisis en componentes principales de la población microbiana del suelo en terrenos en descanso del altiplano boliviano (Sivila & Hervé 1994) ha mostrado que el contenido de arena, el fósforo, la materia orgánica son factores que afectan a la estructura de la microbiota del suelo.

Los microorganismos del suelo llegan a constituir un reservorio lábil de elementos nutritivos que puede ser movilizado durante el cultivo y es considerado como un agente decisivo en la fertilidad de los suelos. Sarmiento (1995) en un estudio con cultivo de papa, después del descanso del suelo, relacionó fases de absorción del nitrógeno por el cultivo con la evolución de la biomasa microbiana.

La recuperación de la fertilidad de los suelos es una de las razones para que las parcelas agrícolas del altiplano boliviano sean sometidas a largos periodos de descanso (8-20 años) (Hervé, *et al* 1994), (Pestalozzi, 2000); sin embargo por diversos factores la reducción del tiempo de descanso es una realidad en esta región. En este contexto, el uso de leguminosas es una alternativa para compensar una reducción del tiempo de descanso. Pérez (1996) experimentó la incorporación de tarwi y de haba en el suelo, pero no se tiene referencias similares para leguminosas nativas.

En la región altiplánica se seleccionó parcelas con formaciones vegetales del descanso, compuestas principalmente de leguminosas nativas, para comparar *in situ* dos precedentes del cultivo de papa: con y sin leguminosas. Se estudia, en el presente trabajo, la influencia de las leguminosas nativas sobre la estructura de la población microbiana, las características químicas del suelo y sobre el rendimiento de papa.

JUSTIFICACION

El presente trabajo propone abordar aspectos de la fertilidad de los agroecosistemas andinos escasamente estudiados y donde la agricultura con descansos largos es la base de subsistencia de una población rural numerosa.

Las recomendaciones propuestas sobre la incorporación de residuos de leguminosas como práctica para mejorar la fertilidad del suelo, hasta ahora no han sido evaluadas desde el punto de vista de los diversos grupos de la microbiota del suelo, componente importante como reservorio de nutrientes potencialmente disponibles.

El interés científico se ha concentrado más en leguminosas cultivadas que en leguminosas nativas, éstas últimas presentan la ventaja de no tener costo de instalación, pero cuyo estudio implica experimentaciones *in situ*. El trabajo *in situ* permite además una participación activa de los agricultores campesinos, esperando que a través de la demostración del rendimiento de papa obtenido en una parcela, la incorporación de leguminosas se constituya en una alternativa adoptada por un grupo mayor de agricultores.

OBJETIVOS

Examinar las variaciones que experimenta la microbiota del suelo, después de la incorporación de residuos de leguminosas nativas en terrenos con descanso de 5 años.

Analizar el cultivo subsecuente, papa dulce (*Solanum tuberosum ssp variedad Gendarme*), durante el crecimiento y el rendimiento de la cosecha.

Realizar simultáneamente investigación y extensión en la agroecosistemas rurales.

METODOLOGIA

Características de las parcelas.

Las parcelas experimentales se encuentran a 3600msnm en la comunidad de Patarani (provincia Aroma del departamento de la Paz – Bolivia), en los terrenos de un agricultor. El clima de la región es propio de la puna árida y seca (450 mm de precipitación). Las dos parcelas en estudio, de aproximadamente 150 m² cada una, presentan cinco años de descanso, con y sin leguminosas nativas, su vegetación ha sido determinada por S. Beck (com. pers.)

- La parcela denominada L se diferencia por presentar entre la vegetación típica del descanso un mayor porcentaje de leguminosas nativas 20% de *Lupinus cf. otto - buchtienii* C.P. Smith, 10% de *Trifolium amabile*, y 3% de *Astragalus micranthelus* y con presencia de *Oxalis bisfracta*, *Cardionema ramosissima*, *Schkhria pusilla*.
- La parcela denominada S carece de leguminosas, solamente presenta una cobertura escasa de gramíneas 30% de cobertura con *Nassella pubiflora* con *Bouteloua simplex*, *Oxalis bisfracta*, *Aristida aplundii*.

Ambas coberturas vegetales fueron incorporadas al suelo al momento de la roturación (19/04/99) realizada con arado de discos a una profundidad promedio de 26 cm.

Diseño experimental

Se aplicó un diseño experimental con dos tratamientos (L y S) de vegetación precedente del cultivo de papa y tres repeticiones en el cultivo de papa. La parcela con leguminosa (L) y la parcela sin leguminosa (S) tienen la misma textura franco-arenosa. Las dos parcelas recibieron la misma variedad de papa (Var. Gendarme) y el mismo tratamiento durante el cultivo de papa.

Antes de la roturación, se conocía la textura del suelo, pH, C orgánico, N total y la actividad microbiana. En ambas parcelas, se determinó en la roturación (04/99), en la siembra (11/99), antes y después de la cosecha de papa (05/2000) las siguientes variables microbianas: la biomasa microbiana; la estructura microbiana (bacterias, hongos, actinomicetos, bacterias esporuladas aerobias, microorganismos acidófilos, esporas de micorrizas arbusculares) y la población microbiana de dos grupos fisiológicos (proteolíticos y amilolíticos). Durante el cultivo de papa se evaluó, en tres fechas, la cobertura del suelo por el follaje y la altura de plantas, en la cosecha el rendimiento de papa.

Análisis microbiano

Para analizar la dinámica de la microbiota del suelo durante el cultivo de papa, se tomó muestras compuestas de suelo, en cada parcela en estudio, hasta 25 cm de profundidad, en cuatro etapas del cultivo: en la roturación, en la siembra, antes y después de la cosecha.

En una bolsa estéril se recogió cinco submuestras de aproximadamente 250 g cada una, para formar una muestra única de 1-1,5 Kg que se llevó a laboratorio evitando el recalentamiento y la desecación. Las muestras se procesaron en el mismo día, luego de tamizarlas a 2 mm y homogeneizarlas, se tomaron submuestras para determinar el contenido de materia seca.

Para el análisis microbiológico se tomó 10 g de la muestra tamizada y se realizaron diluciones entre 10^{-1} y 10^{-9} en agua estéril. La determinación del número de microorganismos se efectuó tanto en medios sólidos como líquidos. Las bacterias aerobias formadoras de esporas se determinaron después de 15 días incubados a temperatura ambiente y los hongos, bacterias, actinomicetos y acidófilos fueron determinados después de 5 - 7 días de incubación a 28°C con el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) en placas y se expresan en UFC por gramo de suelo seco. Para la gráfica se utilizan expresiones logarítmicas de UFC.

En la determinación de la población total, los amilolíticos y los proteolíticos se usó medios líquidos por 15 días a 28°C, estimando su valor por el método del número más probable (NMP). (Lorch, *et al.* 1998). Los medios utilizados para el cultivo de la población microbiana total (PT), bacterias (B), hongos (H) actinomicetos (A), bacterias esporuladas aerobias (Es), microbiota acidófila (Ac), proteolíticos (Pr) y Amilolíticos (Am), fueron descritos por varios autores (Acea & Carvallas, 1996; Sivila, 1994; Vasquez *et al.* 1993; Diaz-Raviña, *et al.*; Mayea, *et al.* 1982)

La valoración de esporas de micorrizas arbusculares (MVA) se realizó con la metodología tradicional de decantación y tamizado. Una muestra de 100 g de suelo se suspende en 1000 ml de agua, se agita y luego se tamiza el sobrenadante en una serie de tamices (0.71mm, 250 mm, 105 mm y 0.053 mm). Esta operación se repite varias veces, las fracciones colectadas se observan al estereoscopio para su valoración en la placa de petri acanalada (Sieverding, 1983).

La determinación de la biomasa microbiana edáfica se realizó por el método de fumigación - extracción. Se pesó 50 g de suelo, con corrección de humedad, en placas petri para su fumigación. En un desecador de vidrio para vacío se colocó una placa de vidrio con 50 ml de cloroformo libre de etanol y en el se depositaron las placas con el suelo para ser fumigado. Se dejó 24h a temperatura ambiente. Posteriormente el suelo se transfiere a recipientes herméticos.

Para los controles. en forma paralela se preparan otros recipientes con 50 g de suelo sin fumigar. A cada recipiente se le agregaron 150 ml 1,0 M de K₂SO₄, se agitaron durante 30 minutos y el contenido se filtra. El extracto se emplea para cuantificar el nitrógeno de la biomasa microbiana por el método de Kjeldahl (Acevedo, 1994; Shen *et al.* 1984).

RESULTADOS Y DISCUSION

El estado inicial de las parcelas, con 5 años de descanso, antes de ser roturadas, se muestra en la Tabla 1. El contenido de nitrógeno en el suelo en la parcela con leguminosas es mayor que el de la parcela sin leguminosa.

Antes de la roturación, el suelo de la parcela con leguminosas nativas es más rico en nutrientes y en actividad microbiana. En consecuencia puede esperarse que la parcela con leguminosas lleve a cabo un comportamiento diferente a lo largo del cultivo de papa.

1. Efecto sobre la microbiota del suelo

Durante la roturación y con la tierra removida los análisis de la estructura microbiana muestran, en la totalidad de los grupos analizados, valores superiores frente a la parcela sin leguminosa (Fig.1).

La tendencia a un predominio de microbiota en el suelo de la parcela L frente a la parcela S es mayor, también, en la siembra. Para el análisis microbiano, las muestras de suelo se tomaron antes de la incorporación del guano (ovino). En la Tabla 2 se expresa en porcentaje la variación que sufren los distintos grupos de microorganismos durante los ocho meses que separan la roturación de la siembra.

Es muy significativa la disminución que presentan las esporas de micorrizas (MVA) en la parcela (S) sin leguminosa nativa, posiblemente son más sensibles a las condiciones del entorno que las esporas de los hongos saprófitos y de los esporulados conocidos, estos, por su resistencia. En la parcela L, el incremento en la población bacteriana, en actinomicetos y amilolíticos, puede indicarnos que la descomposición y mineralización del material incorporado al suelo en la roturación (leguminosas) se descompone más rápidamente provocando el incremento de la microbiota edáfica; en consecuencia puede esperarse que los residuos pobres en nitrógeno (gramíneas y otros) incorporados en la parcela L se descompongan lentamente. De acuerdo a lo postulado por Heal *et al.* (1997) y Handayanto, *et al.* (1997) residuos pobres en nitrógeno, se descomponen lentamente y en la misma tasa liberan el nitrógeno mineralizado.

El estado de riqueza microbiana del suelo en la parcela L también se ve refrendada con el análisis químico de suelo en la época de siembra (Tabla 3) siendo que los nutrientes CNPK presentan valores mayores en esta parcela.

La dinámica de la microbiota se evaluó también en la última etapa del cultivo con resultados que se presentan en la Tabla 4.

Como se puede apreciar la diferencia microbiana entre las dos parcelas S y L no es significativa como para resaltar el predominio de un grupo, sin embargo si comparamos con la figura 1, podemos notar que gran parte de la microbiota en la parcela con leguminosa (L) ha disminuido desde la roturación a la cosecha.

Asimismo, los resultados de la biomasa microbiana expresados en la Tabla 5 indican una reducción de la biomasa microbiana de aproximadamente el 45% en ambas parcelas entre la siembra y la cosecha.

El análisis químico realizado en la cosecha (Tabla 6) tampoco muestra diferencia notoria entre los nutrientes de las dos parcelas como existía en la siembra (datos de la Tabla 3).

Considerando que la acción benéfica de las leguminosas ha aumentado la población microbiana del suelo manifestado en el recuento realizado en la siembra, y luego esta microbiota disminuye en la cosecha, este hecho que nos lleva a suponer que los microorganismos del suelo, inmovilizados como biomasa microbiana, han actuado como un reservorio de nutrientes y posiblemente el N necesario para el cultivo de papa se encuentra potencialmente disponible en la microbiota, siendo liberado a lo largo del cultivo, asemejando a la hipótesis de Sarmiento (1997) cuyos resultados muestran claramente la estrecha correlación que existe entre la disponibilidad de nitrógeno en los reservorios y las etapas del desarrollo del cultivo de papa.

2- Evaluación del cultivo de papa

En las dos parcelas del experimento L y S, las características de la siembra fueron similares los datos se resumen en la Tabla 7. El guano de ovino, incorporado en la siembra (4/11/99) tiene una calidad de 1.82% de N. Los tubérculos semilla tuvieron un peso promedio de 65.46g En cada parcela había cinco surcos a una distancia de 0.7 m y 0.4 m entre plantas definiendo una densidad de plantas de 35714 pl/ha,

Durante el cultivo, se evaluó la altura y cobertura de las plantas en tres fechas, con dos repeticiones (Tabla 8).

De la Tabla 8 se deduce que, tanto la altura como la cobertura de planta, en el tratamiento sin leguminosa es inferior y más variable que en el tratamiento con leguminosa. La cobertura vegetal entre

los tratamientos indica una diferencia de crecimiento muy marcada al inicio. A los 65 días de la siembra la relación es de 1 a 3; luego disminuye a 1 a 1.3. Después de 97 días la relación es de 1 a 1.5 antes de la cosecha (135 días). La movilización del N es probablemente más elevada durante los dos primeros meses del cultivo, que corresponden a la emergencia y al crecimiento del follaje.

La influencia positiva de las leguminosas nativas colonizando la parcela con 5 años de descanso se concretiza cuando comparamos la producción de papa obtenida en ambas parcelas (Tabla 9)

Los valores de la Tabla 9 muestran que la producción de papa con precedente de leguminosa representa más del 100% del rendimiento que se obtiene en la parcela sin leguminosa y además el número de tubérculos por planta es significativamente mayor.

Nuestros resultados preliminares acerca de la estimación del balance de nitrógeno en las dos parcelas bajo estudio, hasta ahora, muestran que la diferencia del rendimiento existente entre las dos parcelas no se puede explicar solamente por la diferencia del stock inicial de nitrógeno en el suelo. Aproximadamente la mitad del nitrógeno exportado provendría de otros reservorios.

Considerando que las dos parcelas son muy diferentes en contenido de nitrógeno antes de la roturación, pero muy similares al final del cultivo de papa y con los datos de las poblaciones microbianas del suelo que han disminuido durante la fase de cultivo, se podría inferir que gran parte del nitrógeno utilizado en el cultivo de la papa proviene de la riqueza de la biomasa microbiana edáfica que se desempeñaría como un almacén que lentamente libera nutrientes haciéndolos disponibles para las plantas. Numerosas líneas de investigación admiten la posibilidad de este rol que desempeña la microbiota del suelo (Sarmiento, 1995); (García & Morón, 1992); (Smith, *et al*, 1990).

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos y por las interpretaciones efectuadas, se llegan a las siguientes conclusiones :

- 1) Las leguminosas nativas *Lupinus cf. otto - buchtienii* C.P. Smith, *Trifolium amabile*, y *Astragalus micranthelus* que colonizaron al cabo de cinco años una parcela de descanso, incorporadas al suelo por la roturación, hacen una contribución sustancial al componente microbiano de la fertilidad del suelo.
- 2) El incremento del rendimiento de papa en las parcelas con incorporación de leguminosas nativas es muy importante en comparación a las expectativas de aumento de la producción conocidas en las condiciones del altiplano (27 t/ha frente a 11 t/ha.)
- 3) Las leguminosas nativas, al contrario de la fertilización química, constituyen una fuente gratuita de fertilización y además estimula la vida microbiana del suelo.

RECOMENDACIONES

Las leguminosas nativas merecerían mayor atención identificándolas e investigando su papel en la FBN.

La siembra de leguminosas nativas en terrenos que acortan su ciclo de descanso debe ser una práctica a difundir en la agricultura con descansos largos. Es factible cosechar semillas y sembrarlas en zanjas filtrantes abiertas durante el descanso de la tierra.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ACEA, M.J. ; CARBALLAS, T. (1996). Changes in physiological groups of microorganism in soil following wildfire. *FEMS Microbiology Ecology*. 20: 33-39.
- ACEVEDO, D. (1994). Metodología para la determinación del Nitrógeno en materiales ecológicos. Universidad de los Andes. Centro de Investigaciones Ecológicas de los Andes Tropicales. Mérida, Venezuela. 26 pp.
- BECK, S. (2000). Comunicación personal a los autores, La Paz, Bolivia, Agosto 14, 2000

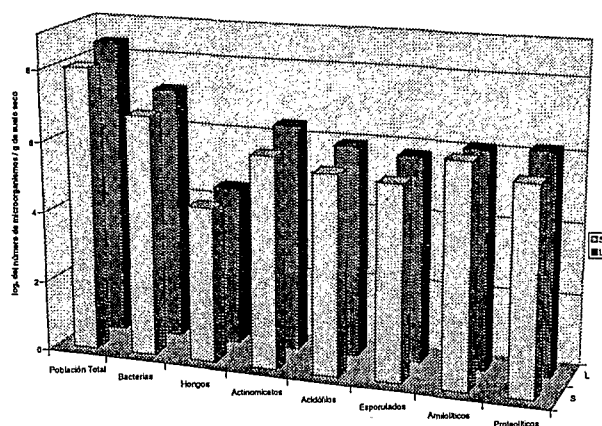


Figura 1: Microbiota Analizada en Parcelas con Leguminosa y sin Leguminosa

Tabla 1. Estado del suelo* antes de la roturación en las parcelas en estudio

Tipo de Análisis	Parcela con Leguminosa	Parcela sin Leguminosa
pH	6.87	6.85
C %	0.47	0.26
N %	0.064	0.039
Actividad microbiana (C-CO ₂ mg ⁻¹ C. microbiano h ⁻¹)	10.50	6.44

Realizado por Acea J.M.

Tabla 2. Variación en porcentaje de la microbiota del suelo desde la roturación a la siembra en las parcelas en estudio.

Tratamiento	Población microbiana analizada							
	B	H	A	Es	Ac	MVA	Am	Pr
Sin Leguminosa	0.9	11.1	40.4	6.6	- 28.0	- 44.0	5.8	13.0
Con Leguminosa	14.0	4.8	47.0	4.0	- 15.0	- 4.6	18.0	8.0

Tabla 3. Análisis químico del suelo en las parcelas en la época de la siembra

Tipo de Análisis	Parcela con leguminosa (L)	Parcela sin leguminosa (S)
pH (agua)	5.9	6.2
N%	0.064	0.049
Carb. Org. %	1.0	0.69
Fósforo mg/kg	9.8	5.4
Sodio meq/100g	0.14	0.20
Potasio meq/100g	0.50	0.28
Calcio meq/100g	2.8	2.7
Magnesio meq/100g	1.2	0.97
Acidez Int. Meq/100g	0.1	0.08
ClC meq/100g	4.7	4.2

Tabla 4. Valores promedio de la microbiota del suelo analizada antes y después de la cosecha de papa en las parcelas bajo estudio.

Tratamiento	Población microbiana analizada							
	B	H	A	Es	Ac	MVA	Am	Pr
Sin Leguminosa	6.0	4.5	5.5	5.6	5.5	1.0	5.7	5.6
Con Leguminosa	6.1	4.6	6.1	6.0	5.1	0.98	5.6	5.6

Datos expresados como log (n) por g de suelo seco.

Tabla 5. Comportamiento de la biomasa microbiana en dos etapas del cultivo de papa en las parcelas bajo estudio.

Tratamiento	Biomasa microbiana (mg N/g suelo seco)	
	Epoca de siembra	Epoca de cosecha
Sin Leguminosa	0.220	0.101
Con Leguminosa	0.384	0.153

Tabla 6. Análisis químico del suelo en las parcelas en la época de cosecha

Tipo de Análisis	Parcela con leguminosa (L)	Parcela sin leguminosa (S)
pH (agua) 1:2:5	6.0	6.0
N%	0.054	0.054
Carb. Org. %	0.52	0.37
Fósforo mg/kg	8.7	9.5
Sodio meq/100g	0.14	0.10
Potasio meq/100g	0.43	0.37
Calcio meq/100g	2.1	1.9
Magnesio meq/100g	0.91	0.73
Acidez int. Meq/100g	0.11	0.19
CIC meq/100g	3.7	4.7

Tabla 7. Características de la siembra de papa en las parcelas con precedente de leguminosas nativas y sin leguminosa

Tratamiento	Superficie (m ²)	Características de la Siembra		Profundidad (cm)
		Guano (kg/ha)	Densidad de siembra (kg/ha)	
Sin leguminosa	159.6	3026 (55 kg N)	2068	16.75
Con Leguminosa	144.3	3465 (63 kg N)	1975	15.75

Tabla 8. Valores promedio de la altura y cobertura de plantas durante el cultivo de papa en las parcelas en estudio

Fecha de Control	Parcela sin Leguminosa	Parcela con Leguminosa
	Altura (cm)	Altura (cm)
9/02/2000	36.65 (9.7 %)*	38.1 (10.3%)
8/03/2000	38.1 (10.3 %)	42.6 (20.5 %)
	Cobertura (cm ²)	Cobertura (cm ²)
8/01/2000	52.5 (93.8 %)	140.0 (35.9 %)
9/02/2000	563.0 (19.8 %)	745.0 (16.7 %)
18/03/2000	917.5 (28.8 %)	1158.0 (21.2 %)

* Coeficiente de variación

Tabla 9. Rendimiento de la producción de papa en ambas parcelas del estudio

	Sin Leguminosa	Con Leguminosa
Rendimiento (MV)	11 274	27 112
Índice de cosecha	5.45	13.7
N° tubérculos/planta	13.67 (CV 10.34%)	18.65 (CV 45.5%)