

Estudio del mejoramiento de la calidad del suelo por el uso de diferentes enmiendas orgánicas en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* ssp. *andigena* var. Waycha) en la Granja Modelo Pairumani

Study of improving soil quality by using different organic amendments on potato crop (Solanum tuberosum ssp. Andigena var. Waycha) on the Model Farm Pairumani

Mirvia Angela Rocha Vargas, José Sanchez Ponce¹, Mauricio Azero²

¹Departamento de Investigación y Difusión Agrobiológica, Granja Modelo Pairumani, Fundación Simón I. Patiño, Cochabamba, Bolivia. Pairumani – Vinto s/n

²Departamento de Ciencias Exactas e Ingeniería, Universidad Católica Boliviana San Pablo, calle M. Márquez s/n esq. Parque J. Trigo, Tupuraya, Cochabamba

e-mail: mirvia.rocha@gmail.com

Resumen: El suelo es un elemento fundamental de la tierra, el cual es manejado comúnmente bajo prácticas convencionales, las cuales presentan monocultivos dependientes de insumos agroquímicos, que en el transcurso del tiempo pueden llegar a deteriorar la calidad del suelo.

En Bolivia gran parte de los agricultores utilizan este tipo de prácticas, sin embargo existen varias instituciones que están trabajando con una agricultura más orgánica, intentando así mejorar la calidad de los suelos.

El objetivo de este estudio es poder evaluar el efecto de la aplicación de diferentes enmiendas orgánicas en la calidad del suelo, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* ssp. *andigena*, var. Waycha) en la Granja Modelo Pairumani.

Para este estudio se trabajaron con cuatro tipos de enmiendas orgánicas, gallinaza pura, compost normal, compost biodinámico y compost normal más un activador biológico Solosigo. Para su evaluación se analizaron las características físicas, químicas y microbiológicas de los suelos, comparando su condición inicial con su condición final. Asimismo se evaluaron diferentes parámetros agronómicos durante el desarrollo del cultivo.

A partir de los análisis y las diferentes evaluaciones, se observó que las propiedades físicas y químicas de los suelos de los diferentes tratamientos, no

fueron alteradas significativamente después de la cosecha del cultivo, por lo que se logró mantener la calidad de los mismos. De igual forma se debe tomar en cuenta que las evaluaciones con enmiendas orgánicas, necesitan más de un periodo de cultivo para poder evidenciar algún cambio permanente en la calidad del suelo

Palabras claves: calidad de suelo, enmiendas orgánicas, papa

Summary: The soil is a fundamental constituent of earth, which is commonly managed under conventional practices, which have dependent monocultures of agrochemical inputs, which, over time, can lead to a deterioration of soil quality.

In Bolivia most of the farmers use these practices, however there are several institutions that are working with a more organic farming and trying to improve the soil quality.

The objective of this study is to evaluate the effect of the application of different organic amendments on soil quality in the potato crop (*Solanum tuberosum* ssp. *Andigena*, var. Waycha) on the Model Farm Pairumani.

For this study worked with four types of organic amendments, pure manure, regular compost, compost Biodynamic compost plus a normal biological activator Solosigo. Physical, chemical and microbiological soil characteristics were analyzed, comparing their initial condition with its final status. Various agronomic parameters were also evaluated during the development of the crop.

From the analysis and the various evaluations, we observed that the physical and chemical properties of soils of different treatments properties were not significantly altered after harvesting the crop, so it was possible to maintain the quality of them. Similarly one should take into account assessments with organic amendments, they need more of a culture period to show a permanent change in soil quality

Keywords: soil quality, organic amendments, potato

1 Introducción

El suelo es una parte fundamental de la tierra, es considerado como uno de los recursos naturales más importantes. Comprende un conjunto de cuerpos naturales de la superficie terrestre que contiene materia viva, capaz de soportar el crecimiento de las plantas formado de diversos organismos vivos, materia orgánica, agua, aire y minerales (PLASTER 2000).

La importancia del suelo se entiende mejor si se ve sus tres funciones. Primero, el suelo es la capa entre la corteza terrestre y la atmósfera, implicando la interacción entre la corteza y la atmósfera con el reciclado de energía, agua, gases y elementos nutrientes. Segundo, el suelo suministra anclaje, agua y nutrientes a las plantas y oxígeno a las raíces. Y tercero, los seres humanos le dan un uso al suelo ya sea agrícola (producción de comida, fibra, madera, etc.) o no agrícola (centros urbanos, carreteras, etc.) (PLASTER 2000).

El suelo, en su uso agrícola, es manejado normalmente bajo sistemas convencionales, las cuales presentan monocultivos dependientes de insumos agroquímicos (ALTIERI 2007). Este tipo de agricultura presenta una constante intervención humana. Esta intervención se da en forma de insumos químicos, como ser agrotóxicos, fertilizantes químicos, etc., los cuales, aumentan los rendimientos de los cultivos a corto plazo, y resultan en una cantidad de costos ambientales y sociales indeseables (QUEIRÓS s.f.).

Este tipo de sistema puede llegar a la degradación de la tierra, teniendo problemas como el encostramiento del suelo, compactación de la primera capa del suelo, disminución de la fertilidad del suelo, aumento de sales, erosión, disminución del agua para riego, pérdida de la diversidad genética, contaminación del suelo, agua y de los alimentos, liberación de gases como el CO₂, CH₄, NO_x (DERPSH 2000 y CASTILLO 1999).

Debido a los problemas que representa la agricultura convencional, los agricultores vieron la necesidad de un cambio de sistema que sea más natural y ayude a la conservación del suelo. Es ahí que entra el concepto de agricultura orgánica, la cual es una agricultura libre de insumos químicos, basado en la rotación de cultivos, la prevención de plagas y enfermedades, el uso de enmiendas orgánicas y el uso de elementos naturales para la producción ganadera (FIDA 2002).

La utilización de las enmiendas orgánicas por la GMP es parte del sistema agrobiológico que presenta la granja, usando el estiércol generado por sus vacas para realizar compost y fertilizar los suelos. La aplicación de estas enmiendas es un esfuerzo por mantener la calidad física, química y microbiológica de sus suelos, evitando así una degradación de los mismos. De igual forma, la GMP utiliza la biodinámica en su proceso de compostaje para aumentar el efecto de los compost sobre las plantas y los suelos.

En este sentido, se realizó un estudio en la Granja Modelo Pairumani en el cual se identificó el mejoramiento de la calidad del suelo por el uso de diferentes enmiendas orgánicas en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* ssp. *andigena* var. Waycha) en la Granja Modelo Pairumani.

2 Metodología

2.1 Tratamientos

Se aplicaron 4 tratamientos, los mismos son mencionados a continuación:

1. Tratamiento 1 (T1), gallinaza pura. Es el tratamiento testigo, debido a que constituye la enmienda orgánica usada tradicionalmente por los agricultores al momento de sembrar papa. Es gallinaza junto con chala de viruta.

2.Tratamiento 2 (T2), compost normal. Es la preparación común realizada por la GMP para hacer el compost, representada por estiércol de vaca, junto con la cama de rastrojos de maíz y gallinaza con chala de arroz pura.

3.Tratamiento 3 (T3), compost biodinámico. Es una preparación innovadora de estiércol de vaca, junto con la cama de rastrojos de maíz, gallinaza pura, y preparados biodinámicos, realizados en la misma granja. Estos preparados son agregados en la hilera de compost al inicio del proceso de biodegradación del mismo. Los preparados colocados fueron desde 502 al 507, los cuales son:

- 502: flores de milenrama
- 503: flores de manzanilla
- 504: ortiga dioica
- 505: corteza de roble
- 506: flores de diente de león
- 507: flores de valeriana

Los preparados sirven para favorecer la descomposición de los materiales orgánicos brutos y promover la formación de humus. Estos preparados biodinámicos contienen diversas clases de bacterias típicas de una tierra fértil y sustancias que favorecen el crecimiento, para estimular los procesos vitales del suelo, los vegetales y los compost, y para remedio contra las enfermedades criptogámicas (PFEIFFER 1992 y DE SILGUY 1999).

4. Tratamiento 4 (T4), compost normal + activador biológico Solosigo. Es la preparación común realizada por la GMP, además de un activador biológico “Solosigo”. El Solosigo es un medicamento homeopático de industria brasilera, usado para tratar y prevenir enfermedades de bovinos, ovinos, entre otros; usado, además, en los suelos debido a su característica de activador biológico. En base a estudios, en suelos con tratamientos de períodos cortos, a temperaturas medias y en bajas unidades, se obtuvo mejoras en las cualidades estructurales del suelo, mejorando la aireación, descompactación y permite un mayor enraizamiento del suelo (MALAVAZI 2008).

El Solosigo tiene la posibilidad de aumentar la resiliencia de los suelos que ha sufrido algún tipo de daño. Ayuda a aumentar los procesos respiratorios de los microorganismos cuando hay un exceso de aluminio, integrando a los microorganismos y las plantas, equilibrando la toxicidad y acidificación de los suelos y dándole al suelo su vitalidad, hidratación y fertilidad original (MALAVAZI 2009).

2.2 Sitio de Estudio

El estudio será realizado en el lote Munaypata, en las parcelas 18-A-1, 18-A-3 y 18-A-5 sur, durante el periodo de Junio a Noviembre del 2008.

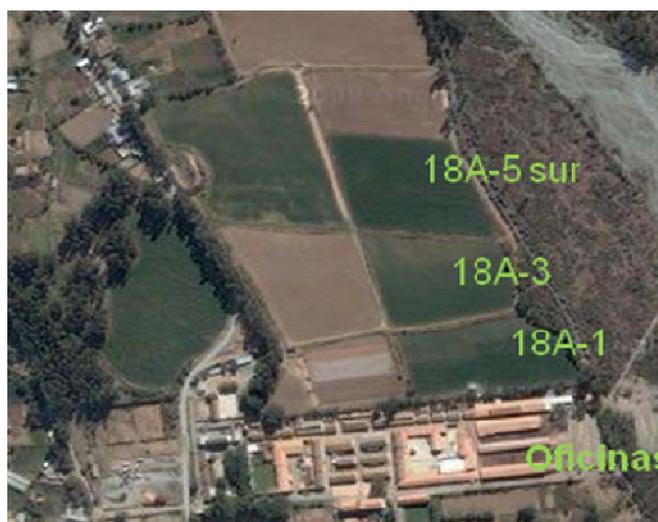


Figura 1: Ubicación de la zona de estudio.

Los tratamientos fueron aplicados en pequeñas parcelas experimentales de 4 m × 5 m, es decir, 20 m². El modelo experimental se basó en el diseño estadístico de bloques completos al azar con 3 repeticiones.

Las diferentes actividades desarrolladas a lo largo del cultivo se describen a continuación:

Actividades	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Actividades pre siembra							
Siembra							
1º riego							
1º aporque							
2º aporque							
Asperciones Biodinámicas							
Asperciones Fitosanitarias							
Evaluaciones de campo							
Corte follaje							
Cosecha							

Las actividades pre siembra consistieron en un arado de disco y actisol, un riego de empanto y el esparcido de compost en las parcelas experimentales. Las

aspersiones biodinámicas son soluciones preparadas a partir de los preparados biodinámicos, los cuales fueron esparcidos en las parcelas experimentales con el tratamiento de compost biodinámico; esto para continuar con la dinámica de los preparados. Ahora, las aspersiones fitosanitarias fueron esparcidas en todos los tratamientos con el fin de prevenir enfermedades y plagas al cultivo.

El corte del follaje se realizó con un fin más técnico, el poder cosechar de manera más cómoda sin la molestia de todo el follaje de la planta de papa, y con un fin más cultural, donde el corte del follaje permite que los tubérculos de papa se desarrollen un poco más, antes de la cosecha.

Para determinar las características de los suelos y el efecto de las enmiendas orgánicas en la calidad del mismo, se llevaron a cabo análisis físicos, químicos y microbiológicos a los suelos antes de la siembra, a las enmiendas orgánicas y a los suelos luego de la cosecha.

Asimismo se realizaron evaluaciones de campo para determinar agrónomicamente algún efecto de las enmiendas orgánicas en el cultivo, estas evaluaciones fueron:

- Recuento del número de malezas en cada tratamiento, después de la siembra y antes de la cosecha.
- La medición de la altura de las plantas desde los 45 días después de la siembra, hasta la floración.
- El número de tallos a los 80 días después de la siembra.
- Los días a la floración.
- Temperatura del suelo. La temperatura será tomada quincenalmente, usando un termómetro de suelo.
- Mesofauna del suelo. La mesofauna se analizará por observaciones, cuantificando los organismos.

Las evaluaciones y análisis se realizaron en tres etapas: antes del cultivo, durante el desarrollo del cultivo y después de la cosecha.

Las enmiendas orgánicas fueron analizadas a través de diferentes evaluaciones: nivel de descomposición a partir del test de mano, por el olor y color. Asimismo fueron analizadas químicamente y microbiológicamente. Para determinar la calidad microbiológica se realizó el test de lacto-fermentación el cual a partir del tipo de coagulación determina su calidad.

El cultivo de papa fue analizado a partir de los tubérculos determinando el:

- Número de tubérculos por planta para cada tratamiento

- Peso de tubérculos por planta, 4 plantas por tratamiento
- Número total de tubérculos por tratamiento
- Pesaje del total de los tubérculos por tratamiento
- Porcentaje y peso de los tubérculos por tamaño en cada tratamiento.
- Se obtendrá un porcentaje de tubérculos por tamaños por tratamiento. Los tamaños de los tubérculos son: extra (chapara) (tubérculos más grandes), primera (colque), segunda (murmú), tercera (chilimurmú) y cuarta (chili) (tubérculos más pequeños).
- Rendimiento tonelada/hectárea de cada tratamiento
- Análisis bromatológico (Proteína, Cenizas, Hidratos de Carbono totales, Valor Energético, Almidón, Azúcares totales, Hierro, Fósforo, Potasio, Fenoles totales, Vitamina C) a los tubérculos de los diferentes tratamientos.
- Sanidad. La sanidad será evaluada observando la presencia de (*Rhizoctonia*) (costras negras en los tubérculos).

3 Resultados y discusión

Para determinar la calidad de los suelos luego de la implementación de las enmiendas orgánicas, en primer lugar se evaluó las características de los suelos de las parcelas experimentales y de las enmiendas orgánicas usadas en el estudio.

Las parcelas experimentales presentaron las condiciones necesarias para el desarrollo del cultivo de papa. Sin embargo, se observaron deficiencias en la porosidad de los suelos (40-50%: no satisfactoria) pudiendo tener repercusiones en la permeabilidad. El análisis químico (tabla 1) mostró que en la zona de Munaypata, existen problemas de fertilidad (materia orgánica con concentración moderada) y que ninguna parcela cumple con los requisitos de nutrientes óptimos necesarios para desarrollar un cultivo de papa, por lo que la aplicación de las enmiendas orgánicas fue necesario para un desarrollo óptimos de cultivos. Igualmente, el análisis de calidad microbiológica determinó que los suelos contaban con la presencia de patógenos como *Clostridium* sp. y *Staphylococcus*.

Tabla 1: Análisis químicos de los suelos en su estado inicial; *Total de bases intercambiables, #Capacidad de intercambio catiónico, +Saturación de bases.

Parámetro	Mu-18-A-1	Mu-18-A-3	Mu-18-A-5 sur	Valores de referencia
pH	6,5	6,5	6,3	6,0-6,5: Débilmente ácido
Cationes intercambiables (cmol kg ⁻¹)				
Ca ²⁺	8,00	9,00	10,00	5-10: Moderado
Mg ²⁺	2,00	1,00	1,00	0,5-1,5: Bajo 1,5-4: Moderado
K ⁺	0,18	0,25	0,44	0,1-0,3: Bajo 0,3-0,7: Moderado
Na ⁺	0,14	0,78	0,57	< 0,2: Muy bajo 0,4-0,75: Moderado
Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	0,179	0,259	0,562	< 4: Suelo normal
TBI * (cmol kg ⁻¹)	10,3	11,0	12,0	7-15: Moderado
CIC # (cmol kg ⁻¹)	10,6	11,5	13,4	5-12: Bajo
SB ▪ (%)	97,4	96,0	89,6	80-100: Muy alto
Carbono orgánico (%)	1,72	2,03	2,60	-
Materia orgánica (%)	2,96	3,50	4,48	2-4: Moderado
Nitrógeno total (%)	0,164	0,189	0,213	0,1-0,2: Moderado 0,20 – 0,40: Alto
Fósforo disponible (ppm)	28,3	32,8	22,9	> 15: Alto

Análisis realizados por: LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS "MARTÍN CÁRDENAS"

Para el caso de las enmiendas orgánicas usadas para los diferentes tratamientos (gallinaza pura, compost normal y biodinámico), el análisis químico inicial indicó que para el caso del compost normal este se encuentra dentro el rango óptimo de referencia y muestra que presenta una buena calidad química para su utilización. El compost normal cuenta con un porcentaje de 1,299% de potasio, 1,251% de fósforo, de la misma forma presentó una baja relación C/N (16,2) comparado con el compost biodinámico. Este último presentó una composición de 1,169% de potasio, 0,635% de fósforo, un 1,98% de nitrógeno y la mayor cantidad de materia orgánica (67,27%) como la relación de C/N (20,7). Ambos compost reportaron un nivel de descomposición adecuada y propiedades químicas con niveles adecuados de nutrientes; sin embargo, presentaron concentraciones de patógenos (*Clostridium* sp. y *Staphylococcus*).

La gallinaza pura, como era de esperarse, presentó una composición química adecuada para su utilización (Potasio total (1,43%), Fósforo total (2,16%), Nitrógeno total (3,36%), Carbono orgánico (27,66%), Materia orgánica (47,57%), Relación C/N (8,2%)), pero un nivel bajo de descomposición debido a que es una enmienda no compostada, por lo que se evidenció la presencia de patógenos (*Staphylococcus*, *Pseudomonas* sp. y *Clostridium* sp.).

Ahora bien, al finalizar el desarrollo del cultivo y la cosecha, se evaluaron las propiedades físicas de los suelos, por lo que se concluyó que las mismas no fueron alteradas significativamente, tal como se indica en el cuadro siguiente (se debe tomar en cuenta que se realizaron análisis de los suelos en su estado inicial, siendo estos usados como línea de base):

Tabla 2: Resultados post cosecha de los parámetros físicos en el suelo

Parámetro	Suelo inicial	T1: Gallinaza pura	T2: Compost normal	T3: Compost biodinámico	T4: Compost normal + solosigo	Valores de referencia
Textura	Franca	Franca	Franca	Franca	Franca	-
Densidad aparente (g cm ⁻³)	Franca arcilloso: 1,3-1,4		1,39	1,39	1,38	Franca arcilloso: 1,3-1,4
Densidad real (g cm ⁻³)	Valor promedio: 2,65	2,57	2,54	2,55	2,55	Valor promedio: 2,65
Porosidad (%)	40-50: No Satisfactoria	47,87	45,27	45,57	45,93	40-50: No Satisfactoria

Análisis realizados por: LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS "MARTÍN CÁRDENAS"

Analizando los resultados obtenidos, la textura se mantuvo con su misma característica luego del desarrollo del cultivo, corroborando lo mencionado por Azero (2009), donde la textura no cambia en un solo periodo de cultivo, de igual forma se mantiene como un suelo adecuado para el desarrollo de cultivos (GOBERNACIÓN DE ANTIOQUÍA s.f.), favoreciendo el almacenamiento de agua y la disponibilidad de los nutrientes (RODRÍGUEZ s.f.). Lo mismo ocurre con la densidad aparente, real y la porosidad. Para corroborar esta afirmación, el análisis estadístico de estas propiedades físicas, determina que no existe una diferencia significativa entre tratamientos.

De la misma forma los resultados de los análisis químicos mostraron resultados similares, en este sentido la extracción de nutrientes por parte del cultivo no afectó a estos parámetros. Los resultados del análisis químico que se obtuvieron después de la cosecha pueden ser observados a continuación:

Tabla 3: Análisis químicos de los suelos después de la cosecha; * Total de bases intercambiables, #Capacidad de intercambio catiónico, +Saturación de bases

Parámetro	Suelo inicial	T1: Gallinaza pura	T2: Compost normal	T3: Compost biodinámico	T4: Compost normal + solosigo	Valor de interpretación
CIC # (cmol kg-1)	5-12: Bajo	11,50	11,27	11,33	11,97	5-12: Bajo
SB * (%)	80-100: Muy alto	97,97	98,50	97,43	97,33	80-100: Muy alto
Conductividad eléctrica (dS m-1)	< 4: Suelo normal	0,24	0,19	0,19	0,20	< 4: suelo normal
pH	6.0-6.5: Débilmente ácido	6,06	6,39	6,33	6,67	6.6-7.0: Neutro 6.0-6.5: Débilmente ácido
Carbono orgánico (%)	-	2,13	2,15	2,05	2,27	-
Materia Orgánica (%)	2-4: Moderado	3,67	3,71	3,52	3,91	2-4: Moderado
Cationes intercambiables (cmol kg-1)						
Nitrógeno total (%)	0,1-0,2: Moderado 0,20 – 0,40: Alto	0,20	0,19	0,21	0,20	0,1-0,2: Moderado 0,20 – 0,40: Alto
Fósforo disponible (ppm)	> 15: Alto	50,97	31,93	40,10	67,17	> 15: Alto
K+	0,1-0,3: Bajo 0,3-0,7: Moderado	0,05	0,12	0,11	0,07	0,1-0,3: Bajo
Mg ⁺⁺	0,5-1,5: Bajo 1,5-4: Moderado	1,33	1,00	1,17	1,33	0,5-1,5: Bajo
Ca ⁺⁺	5-10: Moderado	9,67	9,67	9,50	10,00	5-10: Moderado
Na+	< 0,2: Muy bajo 0,4-0,75: Moderado	0,29	0,34	0,32	0,41	0,2-0,4: Bajo 0,4-0,75: Moderado

Análisis realizados por: LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS "MARTÍN CÁRDENAS"

A partir de lo observado en la Tabla 3, el pH no presenta una diferencia significativa entre tratamientos. El pH se mantuvo similar (débilmente ácido) a los pH iniciales de los suelos. Para el caso del tratamiento de compost normal + solosisigo, el pH aumentó de débilmente ácido a neutro (pH: 6,67), comprobando lo citado por Malavazi (2009) que indica que el solosisigo ayuda a equilibrar la acidificación de los suelos a uno más neutro.

En el transcurso de los años, el pH de estos suelos ha ido aumentando y mejorando, esto, según Sánchez (2009), es debido al proceso agrobiológico con el cual se manejan los suelos y su incorporación de enmiendas orgánicas.

En el caso de los cationes intercambiables, de igual forma no existe una diferencia significativa en los diferentes tratamientos. La fertilización con enmiendas orgánicas jugó un rol importante en la concentración de los mismos. Los cationes agregados al suelo por las enmiendas orgánicas fueron movilizados y absorbidos por diferentes procesos en el suelo manteniendo una similar concentración a las iniciales.

La conductividad eléctrica, a pesar de no existir una diferencia significativa, ésta disminuyó en todos los tratamientos en comparación con el estado inicial de los suelos, la cual es menor a 4 dS m^{-1} para un suelo normal. Esta disminución puede indicarnos una menor concentración de sales en el suelo, esto, por la disminución del contenido de varias sales solubles (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+) (Consejería de educación, formación y empleo de la región de Murcia, s.f.), nos indica que no se trata de un suelo salino y que el uso de compost no afectó la salinidad del mismo. (AZERO 2009).

Para el caso del total de bases intercambiables (TBI), la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), la saturación de bases (SB), el Carbono orgánico, la Materia Orgánica, el Nitrógeno y el Fósforo, de igual forma, no se presentó una diferencia significativa entre tratamientos, manteniéndose con valores dentro del mismo rango al inicial.

Como se mencionó, la Materia Orgánica se mantuvo moderada luego del cultivo, en concentraciones similares a las iniciales. La materia orgánica agregada por las enmiendas orgánicas sufrió un proceso de descomposición natural, dejando los suelos con una concentración moderada, corroborando lo citado según Azero (2009), donde explica que la materia orgánica no cambia de manera apreciable durante un ciclo de cultivo. Este hecho nos puede indicar que, según el cultivo sucesor, la fertilización sería necesaria para permitir el desarrollo óptimo del cultivo.

Tabla 4:Parámetros indicadores de actividad biológica de los suelos; # Valores esperados en los suelos *COYNE 2000. **AZERO 2009. ***SÁNCHEZ-YÁÑEZ s.f.. ****USDA, s.f..

Parámetro	Mu-18-A-1	Mu-18-A-3	Mu-18-A-5 sur	T1: Gallinaza pura	T2: Compost normal	T3: Compost biodinámico	T4: Compost normal + solosigo	Valores de referencia #
---UFC g ⁻¹ ---								
Bacterias heterótrofas totales (aerobias mesófila)	3x10 ⁵	3x10 ⁵	9x10 ⁵	2,3 x10 ⁶	2,3 x10 ⁶	2,4 x10 ⁶	3,2 x10 ⁵	107 - 109 UFC g ⁻¹ *
Hongos filamentosos	5x10 ⁴	8x10 ⁶	5x10 ⁴	2 x10 ⁵	6,3 x10 ⁵	1,2 x10 ⁴	3,2 x10 ⁴	103 - 105 UFC g ⁻¹ **
Actinomicetos	4x10 ²	2x10 ²	1x10 ²	0	3,33	1 x10 ¹	0	103 - 106 UFC g ⁻¹ ***
---levaduras g de suelo-1---								
Levaduras	1x10 ³	4x10 ³	4x10 ³	1 x10 ¹	7 x10 ¹	6,7 x10 ²	1 x10 ³	1x10 ³ g de suelo ⁻¹

Análisis realizado por: Laboratorio de Endocrinología y Reproducción Humana s.r.l. Cochabamba.

Este balance nos indica que el cultivo de papa no logró mejorar ni empeorar las condiciones físicas y químicas del suelo después de la cosecha, no existiendo diferencias significativas entre los parámetros iniciales y finales, por lo que la incorporación de enmiendas orgánicas mantuvo condiciones adecuadas para el desarrollo de cultivos. Claro está, que para observar una diferencia significativa se necesita más de un periodo de cultivo.

Otros elementos que se evaluaron fueron la actividad biológica y los patógenos de los suelos, comparando las condiciones iniciales y las finales. A continuación se muestra una tabla comparativa entre los parámetros iniciales y finales.

La tabla anterior muestra que para las bacterias heterotróficas totales y para los actinomicetos, no existe una diferencia significativa entre tratamientos, pero sí para los hongos filamentosos, donde, por su comparación de medias, el tratamiento de compost normal es estadísticamente diferente de los demás tratamientos. Este tratamiento presenta mayor cantidad de hongos filamentosos, lo que indica la presencia de materia orgánica en descomposición.

Las bacterias heterótroficas totales (aerobias mesófila), se las encontró por debajo de su valor esperado, siguiendo la tendencia de los suelos antes de la siembra de papa y de las enmiendas orgánicas aplicadas a los suelos, los cuales también presentaban concentraciones menores a las mínimas recomendadas.

Los actinomicetos se los encuentra en concentraciones menores a las mínimas esperadas, observándose mayor cantidad para el tratamiento de compost biodinámico (1×10^1 UFC g^{-1}), indicando que todavía existe en el suelo materia orgánica que se está degradando por acción de estos microorganismos (ORTUÑO 2009).

Para el caso de las levaduras, el tratamiento de compost normal + solosigo y el de compost biodinámico, presentaron mayores concentraciones (1×10^3 levaduras g^{-1} suelo y $6,7 \times 10^2$ levaduras g^{-1} suelo), lo que nos indica que existe la presencia de materia orgánica en descomposición y puede beneficiar al cultivo siguiente.

Para poder identificar si los suelos presentaban o no algún tipo de patógeno, de igual forma se realizó diferentes análisis, por lo tanto comparando el estado inicial y final se presenta el siguiente cuadro:

Tabla 5:Comparación del análisis de patógenos de los suelos en su estado inicial y final # Valores esperados en los suelos

*COYNE 2000. **AZERO 2009. ***SÁNCHEZ-YÁÑEZ s.f.. ****USDA, s.f..

Patogenia	Parámetro	Mu-18-A-1	Mu-18-A-3	Mu-18-A-5 sur	T1: Gallinaza pura	T2: Compost normal	T3: Compost biodinámico	T4: Compost normal + solosigo	Valores de referencia #
		---UFC g ⁻¹ ---							
Plantas y animales	<i>Pseudomonassp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	-
Humanos y animales	<i>Clostridiumsp.</i>	2x10 ¹	1x10 ²	2x10 ²	1 x10 ¹	1,3 x10 ¹	0	6,67	-
		---levaduras g de suelo ⁻¹ ---							
		---UFC g ⁻¹ ---							
Humanos	<i>Escherichiacoli</i>	0	2x10 ²	1x10 ²	3,6 x10 ¹	7,3 x10 ¹	3,33	1 x10 ¹	103 UFC g ⁻¹ ****
Humanos	<i>Staphylococcus</i> (Coagulasa +)	Presente	Presente	Presente	0	0	0	0	-
		---ausente 25 g ⁻¹ ---							
Humanos	<i>Salmonella sp.</i>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	ausente 25 g ⁻¹ ****
Humanos	<i>Shigellasp.</i>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	ausente 25 g ⁻¹ ****

Análisis realizado por: Laboratorio de Endocrinología y Reproducción Humana s.r.l. Cochabamba.

A partir de los análisis realizados las bacterias heterotróficas totales y para los actinomicetos, no existe una diferencia significativa entre tratamientos, pero sí para los hongos filamentosos, donde, por su comparación, el tratamiento de compost normal es diferente de los demás tratamientos. Este tratamiento presenta mayor cantidad de hongos filamentosos, lo que indica la presencia de materia orgánica en descomposición.

Las bacterias heterótrofas totales (aerobias mesófila), se las encontró por debajo de su valor esperado, siguiendo la tendencia de los suelos antes de la siembra de papa y de las enmiendas orgánicas aplicadas a los suelos, los cuales también presentaban concentraciones menores a las mínimas recomendadas.

Aunque no existe una diferencia significativa entre tratamientos, se observa que el *Clostridium* sp. no se encuentra en el tratamiento de compost biodinámico, evitándose así una contaminación por parte de ésta a los seres humanos y los animales.

Para el caso de las levaduras, el tratamiento de compost normal + solosisgo y el de compost biodinámico, presentaron mayores concentraciones (1×10^3 levaduras g^{-1} suelo y $6,7 \times 10^2$ levaduras g^{-1} suelo), lo que nos indica que existe la presencia de materia orgánica en descomposición y puede beneficiar al cultivo siguiente.

La *Escherichiacoli* se encontró en concentraciones menores a las mínimas toleradas, a pesar de que las enmiendas orgánicas aplicadas a los suelos presentaban concentraciones límites, para el caso de la gallinaza pura y el compost normal, estas fueron eliminadas considerablemente al final del cultivo. El suelo con el tratamiento de compost biodinámico es el que presentó la menor cantidad de este patógeno.

Ahora, para el caso de los demás patógenos de los seres humanos, *Staphylococcus*, *Salmonella* sp. y de *Shigella* sp. no se encontró presencia en los suelos luego de la cosecha, indicando así que no existe peligro alguno para el contagio a los seres humanos.

Se puede observar que, para el caso de los suelos con el tratamiento de compost biodinámico, existe mayor cantidad de levaduras y actinomicetos, indicando la presencia de materia orgánica en descomposición, por lo que todavía existen nutrientes que pueden ser asimilados por las plantas y por el suelo (ORTUÑO 2009). Esta tendencia se debe a que la enmienda orgánica de compost biodinámico fue la que presentaba el mayor porcentaje de materia orgánica, corroborando lo citado por la Asociación Biodinámica de España (s.f.), donde los compost biodinámicos tienen una influencia en la fertilidad de los suelos.

Además de evaluar las características químicas, físicas y microbiológicas, se evaluaron diferentes parámetros agronómicos, los mismos se presentan a continuación:

- Recuento del número de malezas en cada tratamiento, después de la siembra y antes de la cosecha.

La maleza encontrada en mayor cantidad en los tratamientos fue la *Ipomea porpurea* (L.) Roth (Figura 2:)



Figura 2: *Ipomea porpurea* (L.) Roth, maleza encontrada en mayor cantidad antes de la cosecha.

A pesar que existe una diferencia entre la cantidad de malezas para cada tratamiento, el análisis de los mismos indica que no existe una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos.

Los tratamientos con materiales compostados (compost normal, compost biodinámico, compost normal + solosigo), son aquellos que presentan un mayor número de malezas por m². Ello puede deberse a que los nutrientes brindados por estos tratamientos son asimilados tanto por las planta de papa como por las malezas. Otro factor que pudo influenciar, es la temperatura del compost, la cual no fue muy elevada, permitiendo así el desarrollo de semillas de malezas. En el caso del tratamiento con gallinaza pura, los nutrientes son asimilados en las primeras etapas del desarrollo del cultivo, debido a que se descomponen rápidamente por su alto contenido de Nitrógeno (PLASTER 2000), haciendo que, al final del desarrollo del cultivo, no se tenga un buen contenido de nutrientes y, por lo tanto, un menor desarrollo de las plantas de papa y de las malezas.

La presencia de malezas en los suelos, luego de los aporques, fue en cantidades controlables; es decir, no se observó la presencia de numerosas malezas

perjudicando el desarrollo del cultivo, como se puede observar en la figura 3. El desarrollo de las malezas y el del cultivo llegó a tener equilibrio, en donde las malezas permitieron un desarrollo óptimo del cultivo sin perjudicarlo en su rendimiento.



Figura 3: Cultivo sin incidencia por malezas.

- La medición de la altura de las plantas desde los 45 días después de la siembra, hasta la floración.

Se midió la altura de las plantas de papa desde el día 45, hasta el día de la floración. Para el análisis de la altura de planta, se tomó en cuenta tan solo las alturas finales, donde se observa una tendencia de mayor altura para los tratamientos con materiales compostados (compost normal, compost biodinámico, compost normal + solosigo). Este hecho pudo ser ocasionado por la estabilidad de los componentes nutricionales, que al igual que para el caso de las malezas antes de la cosecha, fueron mejor asimilados por parte de las plantas.

- El número de tallos a los 80 días después de la siembra.

El número de tallos fue determinado el día 80 luego de la siembra, el número correspondiente para cada tratamiento se detalla en la 0

La tabla nos muestra que el número de tallos para el tratamiento de compost normal y biodinámico es el mismo y mayor al resto de los tratamientos. Según Heermann (1980, cit. SANTIAGO 2007), el promedio óptimo de tallos es 6 por planta y en mayor frecuencia de 4 a 5 tallos por planta. Los tallos de los diferentes tratamientos se encuentran en menor cantidad que los citados por Heermann (1980).

Tabla 6:Número de tallos a los 80 días para cada tratamiento

Tratamiento	Promedio de tallos por planta
T1: Gallinaza pura	2
T2: Compost normal	3
T3: Compost biodinámico	3
T4: Compost normal + Solosigo	2

El número de tallos nos indica que a mayor número de tallos, se espera mayor cantidad de tubérculos pero de un menor tamaño (WIERSEMA 1987). Por lo que se puede presentar esta tendencia para el compost normal y el biodinámico. De igual forma, la menor cantidad de tallos en las parcelas con gallinaza pura pudo haber sido afectado por el alto contenido de nitrógeno de esta enmienda.

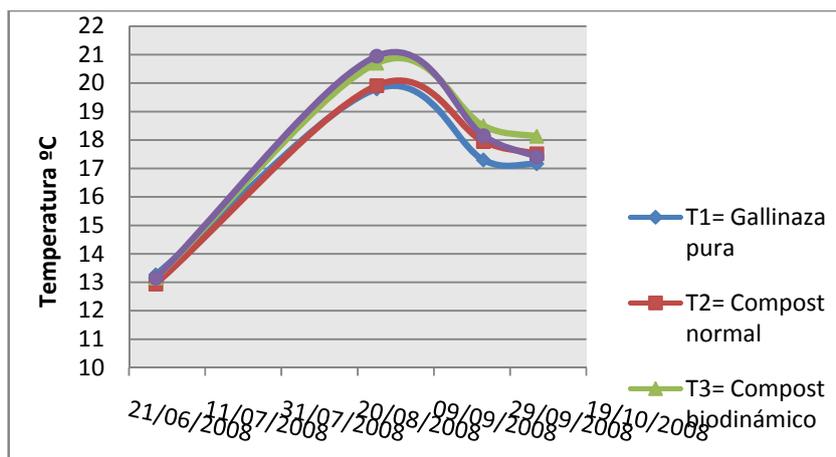
- Los días a la floración.

La floración de las plantas de papa en cada tratamiento fue aproximadamente los mismos días, 74 días luego de la siembra de cultivo, sin mostrar diferencias entre cada tratamiento.

Este número de días se encuentra dentro del rango de 80 a 90 días, según Ortuño (2008), por lo que la floración se dio entre los días esperados.

- Temperatura del suelo. La temperatura será tomada quincenalmente, usando un termómetro de suelo.

La temperatura del suelo fue tomada durante el desarrollo del cultivo de papa, dando así una variación observada en laFigura 4:

**Figura 4:**Curvas de temperatura del suelo a lo largo del desarrollo del cultivo para cada tratamiento.

La Figura 4: muestra que la temperatura de los suelos es similar para cada tratamiento y que varió entre uno o dos grados centígrados. Según Plaster (2000), la temperatura del suelo puede depender de diversos factores del suelo y del clima del lugar (DORRONSORO 2008d). Es debido a esto que las temperaturas son similares para todos los tratamientos.

En la zona de Pairumani, la temperatura máxima del ambiente se mantuvo en un rango muy estrecho entre 29 °C a 27 °C durante toda la época de desarrollo del cultivo, con un promedio de 28 °C. Esto explica por qué las temperaturas promedio del suelo llegan a ser tan semejantes en todos los tratamientos, sin llegar a una diferencia significativa, ya que la temperatura del suelo es un factor dependiente del clima del lugar (DORRONSORO 2008d).

La temperatura del suelo recomendada para tener una producción óptima de follaje, tallos y tubérculos está entre 12°C y 18°C, según FAO (2008). Ahora bien, según Alonso *et al.* (2001), las temperaturas del suelo entre 15-18 °C son ideales para el proceso de tuberización, y según Benacchio (1983) la temperatura del suelo óptima es de 17°C. De lo anterior podemos deducir que los suelos de las parcelas presentan una temperatura adecuada para que se desarrolle el cultivo de papa, con una producción óptima de follaje, tallos y tubérculos.

- Mesofauna del suelo. La mesofauna se analizó en los últimos tres meses del desarrollo del cultivo, septiembre, octubre y noviembre.

A partir del comportamiento de la mesofauna en los diferentes tratamientos se ve que no existe un patrón; es decir, no hay un tratamiento en el que sobresalga, sin embargo en el mes de octubre la mesofauna si se dio una diferencia, esto se pudo haber dado debido al efecto de las precipitaciones de días anteriores que determinaron la cantidad de organismos presentes en los suelos de los diferentes tratamientos.

El tratamiento de compost normal + solosigo es aquel que presenta la mayor cantidad promedio de organismos (7 organismos). En este mes se encontró 4 tipos de especies, ácaros, 2 especies de larvas de insectos y colémbolos, cuantificadas por tratamientos en la Tabla 7: y se observa en la Figura 5:.

Tabla 7: Especies de mesofauna encontradas en octubre.

Tratamientos	Ácaro	LI 1	Colémbolos	LI 2	Coleóptero
T1: Gallinaza pura	2	2	4	2	1
T2: Compost normal	2	2	0	0	2
T3: Compost biodinámico	2	2	0	0	2
T4: Compost normal + Solosigo	5	1	6	2	2

LI: Larva de insecto.



Figura 5: Especies de mesofauna encontradas en octubre.

En el mes de octubre, sí existe una diferencia significativa entre tratamientos. A partir de la comparación los tratamientos de gallinaza pura y compost normal + solosigo, el hecho puede deberse a la presencia de un gran número de colémbolos en los suelos para estos tratamientos, en comparación con los demás.

De igual forma, para poder determinar si existía alguna diferencia entre los tubérculos de cada tratamiento se evaluó:

- Número promedio de tubérculos por planta

Cada planta de papa llega a producir un cierto número de tubérculos, dependiendo de la disponibilidad de humedad y nutrientes del suelo (FAO 2008). Los tubérculos promedio producidos por planta para cada tratamiento se observan en la Tabla 8:

Tabla 8: Número promedio de tubérculos por planta de papa

Tratamiento	Número de tubérculos
T1: Gallinaza pura	10
T2: Compost normal	8
T3: Compost biodinámico	8
T4: Compost normal + Solosigo	8

La tabla muestra que son similares el número de tubérculos por planta en cada tratamiento. El número promedio de tubérculos, para este caso, no está determinado por el número de tallos de las plantas debido a que no es significativa la relación entre tratamientos, corroborando así que el número promedio de tubérculos por planta no depende de esa variable. Por lo tanto no existe una diferencia significativa entre los tratamientos, siguiendo la misma tendencia al número promedio de tallos, por lo que estos no están determinados por el tratamiento en el que se encuentran.

- Peso promedio de tubérculos por planta

Un tubérculo puede pesar hasta 300 g (FAO 2008), influenciando de manera importante en el rendimiento (ton ha^{-1}) final del cultivo. Los pesos promedios de los tubérculos por planta se observa en la Tabla 9:

No existe una diferencia significativa entre el peso promedio de los tubérculos por planta y el tratamiento en el que se encuentran, donde los pesos son semejantes.

Tabla 9: Peso promedio de tubérculos por planta y tratamiento.

Tratamiento	Peso de tubérculos
	---kg---
T1: Gallinaza pura	0,43
T2: Compost normal	0,38
T3: Compost biodinámico	0,45
T4: Compost normal + Solosigo	0,42

- Número total de tubérculos por tratamiento

El número de tubérculos obtenidos para cada tratamiento y para cada parcela se puede ver, a continuación, en la Tabla 10:

Tabla 10: Número total de tubérculos por tratamiento.

Tratamiento	Número de tubérculos
T1: Gallinaza pura	354,7
T2: Compost normal	345
T3: Compost biodinámico	339
T4: Compost normal + Solosigo	366

La tabla muestra que los tratamientos presentan números totales de tubérculos semejantes, siendo que el tratamiento de compost normal + solosigo presentó la

mayor cantidad de tubérculos (366 tubérculos), en comparación con los demás tratamientos.

El análisis determinó que el número total de tubérculos por tratamiento no presentó una diferencia significativa, ya que este depende del número de tallos y del número de tubérculos por planta, los cuales, a su vez, presentaron una diferencia no significativa.

Podemos señalar que el número total de tubérculos, por sí solo, no es un indicador para determinar el rendimiento total de los tratamientos, ya que se debe tomar en cuenta el peso total de los tubérculos.

- Peso total promedio de los tubérculos por tratamiento

El peso total promedio de los tubérculos nos permite determinar el rendimiento ton ha^{-1} de cada tratamiento. A continuación, en la Tabla 11:, se muestra el peso total de los tubérculos de los tres surcos centrales.

Tabla 11: Peso total promedio de los tubérculos por cada tratamiento

Tratamiento	Peso promedio
	---kg---
T1: Gallinaza pura	18,02
T2: Compost normal	17,52
T3: Compost biodinámico	17,93
T4: Compost normal + Solosigo	17,63

A partir del análisis se ve que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos y el peso total promedio de los tubérculos por tratamientos. Las ligeras variaciones en el peso total promedio entre tratamientos se deben a los diferentes tamaños de tubérculos que presenta respectivamente cada tratamiento.

- Porcentaje y peso de tubérculos por tamaños en los tratamientos

Cada tratamiento de enmiendas orgánicas dio una diferente distribución de tamaños de tubérculos. Los tamaños de los tubérculos son: extra (chapara) (tubérculos más grandes), primera (colque), segunda (murm), tercera (chilimurm) y cuarta (chili) (tubérculos más pequeños) (Figura 6:).

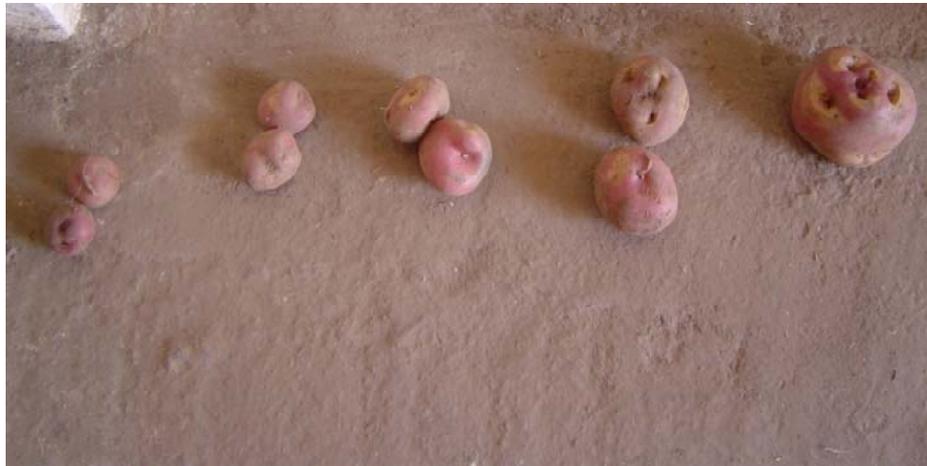


Figura 6: Tamaño de tubérculos de papa.

El porcentaje de estos tubérculos por tamaño se puede observar en la Figura 7:

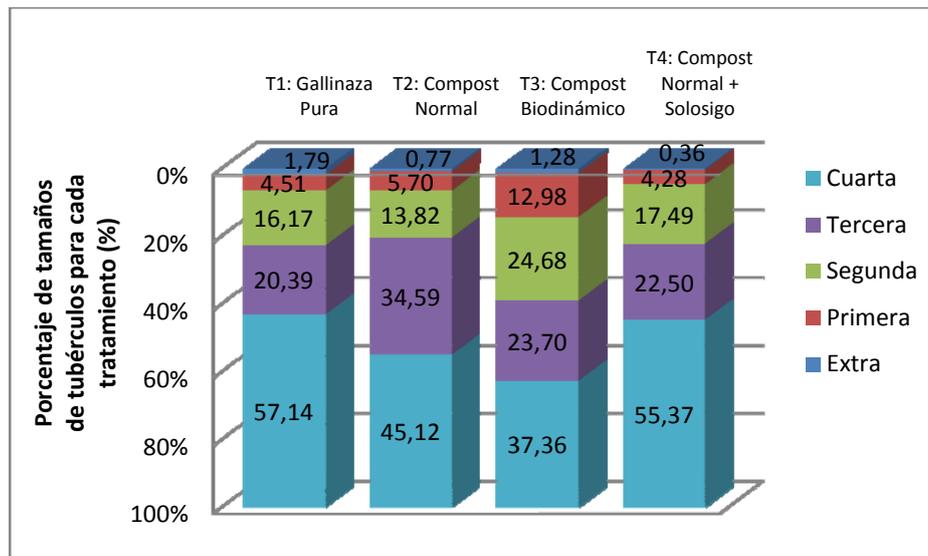


Figura 7: Porcentaje de tamaños de los tubérculos por tratamientos.

La Figura 7: muestra la distribución de tamaños, en porcentaje, de los tubérculos para los diferentes tratamientos. El tamaño cuarto de los tubérculos, fue el que presentó el mayor porcentaje para todos los tratamientos, y el tamaño extra fue el de menor porcentaje, los demás porcentajes varían entre tratamientos.

Se observa que para el tratamiento de compost biodinámico, los porcentajes de los tamaños de tubérculos son más regulares, con un semejante número de tubérculos para cada tamaño. Desde un punto de vista comercial, el tamaño Segunda, es el más solicitado para la venta en el mercado actual, siendo así que los tubérculos del compost biodinámico presentan un mayor porcentaje que el resto de los tratamientos. Los otros tratamientos presentan una mayor irregularidad entre los tamaños de sus tubérculos, por lo que y mayores porcentajes del tamaño Cuarta el cual no tiene un interés muy comercial, solo como semilla. En el caso del peso de los tubérculos, el tamaño cuarta presenta un mayor peso, debido a que representan un mayor porcentaje de los tubérculos generados. El peso de los tubérculos por tamaño nos ayuda a determinar si existe o no una diferencia significativa con los tratamientos. Los tamaños de tubérculos extra, segunda y tercera no presentan una diferencia significativa entre los pesos de los tubérculos y los tratamientos, y según su comparación de medias no son estadísticamente diferentes. Sin embargo los tamaños de tubérculos, primera y cuarta, presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

La comparación para el tamaño primero de tubérculos, nos indica que el compost biodinámico presentó una diferencia en comparación con los demás tratamientos; es decir, diferente peso de tubérculo para ese tamaño.

Para el tamaño de tubérculos cuarto, el tratamiento de gallinaza pura es el que presentó una diferencia estadística del resto de los tratamientos, al igual que para el tratamiento de compost normal + solosigo. El tratamiento de compost biodinámico y compost normal, presentó tener iguales medias; es decir, semejante peso de tubérculos pequeños y en menor cantidad.

En base a los análisis bromatológicos (Tabla 12). El tratamiento de compost biodinámico presentó valores más altos en relación a los parámetros de hidratos de carbonos totales, valor energético y potasio, presentando una mayor calidad de tubérculos.

Tabla 12: Resultado del análisis bromatológico de los tubérculos de cada tratamiento; N.D.: No Detectable. DPPH.: Capacidad antioxidante por DPPH.

Parámetro	T1: Gallinaza pura	T2: Compost normal	T3: Compost biodinámico	T4: Compost normal + solosigo
Proteína (%)	9,28	8,47	6,47	10,07
Cenizas (%)	3,84	4,8	4,56	4,53

Hidratos de Carbono totales (%)	86,88	86,72	88,97	85,4
Valor Energético (Kcal 100g-1)	375,93	373,04	376,55	372,17
Almidón (%)	56,38	89,55	69,26	74,96
Azúcares totales (%)	3,00	0,65	2,13	1,01
Hierro (mg 100g-1)	4,48	8,27	7,86	6,39
Fósforo (mg 100g-1)	219,15	326,55	255,14	262,62
Potasio (mg 100g-1)	1712,44	2357,79	2405,47	2032,85
DPPH (mg ac. ascórbico 100g-1)	N.D.	N.D.	N.D.	19,46
Fenoles totales (mg ac. gálico 100g-1)	336,42	469,21	515,02	556,96
Vitamina C (mg 100g-1)	10,56	4,64	9,16	8,70

Análisis realizado por: Laboratorio del Centro de alimentos y productos naturales UMSS.

Desde el punto de vista del análisis económico (Tabla 13:) el tratamiento de compost biodinámico es el que presenta la mayor contribución económica (75,22 Bs), en comparación con los demás tratamientos. Esto se debe a su bajo costo de producción (3,80 Bs), a su mayor ingreso (79,02 Bs) y a los regulares porcentajes y pesos de los diferentes tamaños de tubérculos.

A partir del análisis económico, podemos determinar que el tratamiento de compost biodinámico es el más viable para su utilización en el cultivo de papa.

Tabla 13: Contribución económica de cada tratamiento.

Contribución	T1: Gallinaza pura	T2: Compost Normal	T3: Compost Biodinámico	T4: Compost Normal + Solosigo
Ingreso total (Bs kg ⁻¹)	65,91	69,62	79,02	65,04
Costo de producción de los tratamientos (Bs)	18,00	3,46	3,80	3,48
Contribución (Bs)	47,91	66,16	75,22	61,56

4 Conclusiones

Después de analizar los resultados obtenidos podemos concluir que:

- La utilización de las enmiendas orgánicas por parte de la GMP, es parte del sistema agrobiológico que presenta la granja, usando el estiércol generado

por sus vacas para realizar compost y fertilizar los suelos. La aplicación de estas enmiendas es un esfuerzo por mantener la calidad física, química y microbiológica de sus suelos, evitando así una degradación de los mismos. De igual forma la GMP utiliza la biodinámica en su proceso de compostaje para mejorar la calidad del mismo. Las parcelas utilizadas para realizar el estudio cumplen con la mayoría de los requerimientos edáficos necesarios para el desarrollo óptimo del cultivo de papa. El análisis físico determinó que existen problemas de porosidad en los suelos, pudiendo tener repercusiones en la permeabilidad. El análisis químico mostró que en la zona de Munaypata, existen problemas de fertilidad química y que ninguna parcela cumple con los requisitos de nutrientes óptimos necesarios para desarrollar un cultivo de papa, por lo que es necesaria la aplicación de enmiendas orgánicas. El análisis de calidad microbiológica determinó que los suelos contaban con la presencia de patógenos como *Clostridium* sp. y *Staphylococcus*.

- Las enmiendas orgánicas utilizadas para los diferentes tratamientos fueron la gallinaza pura, el compost normal y el biodinámico. El análisis inicial, para los tratamientos de compost normal y biodinámico reportó un buen nivel de descomposición y propiedades químicas con niveles adecuados de nutrientes, sin embargo, presentaron concentraciones de patógenos (*Clostridium* sp. y *Staphylococcus*). Por otro lado, la gallinaza pura presentó una composición química adecuada para su utilización, pero un nivel bajo de descomposición, con la presencia de patógenos (*Staphylococcus*, *Pseudomonas* sp. y *Clostridium* sp.).
- Las variables agronómicas analizadas durante el desarrollo del cultivo, no presentaron diferencias significativas, por lo que los tratamientos no tuvieron incidencia sobre estos factores.
- La mayoría de los parámetros agronómicos relacionados con los tubérculos no presentaron diferencia significativas entre tratamientos. Los pesos de tubérculos extra, segunda y tercera, no presentaron una diferencia significativa entre los tratamientos, pero para el caso del peso de tubérculos de tamaño primera y cuarta, el tratamiento de compost biodinámico presentó diferencias significativas en comparación a los demás tratamientos, mostrando una mejor regularidad de pesos y tamaños.
- De manera general se observó que los tubérculos de los tratamientos con materiales compostados, presentaron mejores parámetros de calidad. El tratamiento de compost biodinámico presentó valores más altos en relación a los parámetros de hidratos de carbonos totales, valor energético y potasio.

- La evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo no fueron alteradas significativamente después de la cosecha del cultivo, mostrando características similares a las iniciales, por lo que la extracción de nutrientes por parte del cultivo no afectó a estos parámetros. Este balance nos indica que el cultivo de papa no logró mejorar ni empeorar las condiciones del suelo.
- Dentro los parámetros biológicos de mesofauna, que fueron evaluados en los últimos tres meses del cultivo (septiembre, octubre y noviembre), se mostró que no existe un patrón de comportamiento por la influencia de los tratamientos. El análisis para el segundo mes de evaluación, mes de mayores precipitaciones, los tratamientos de gallinaza pura y el compost normal + solosigo presentaron diferencias significativas en relación a los demás tratamientos, con mayor cantidad de colémbolos, insectos descomponedores de materia orgánica.
- En el análisis microbiológico no se presentaron diferencias entre la mayoría de los tratamientos, pero para la cantidad de hongos filamentosos, los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos, el tratamiento de compost normal fue el que presentó una mayor presencia.
- En el análisis final según la calidad microbiológica de los suelos, se observó que los niveles de patógenos disminuyeron considerablemente, el *Staphylococcus*, *Salmonella* sp. y *Shigella*, fueron eliminados totalmente. Para el caso del *Clostridium* sp. fue eliminado completamente en los suelos con tratamientos de compost biodinámico.
- El compost biodinámico es el adecuado para poder ser utilizado en la fertilización de los suelos, ya que presenta menor cantidad de organismos patógenos, mayor regularidad en el tamaño de los tubérculos producidos y mayor contribución económica, aportando 75,22 Bs.
- La hipótesis alternativa es aceptada ya que las enmiendas orgánicas lograron mantener la calidad de los suelos.

Referencias

- [1] Altieri, M. & Nicholls, C. 2007. *Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación*. Ecosistemas, revista científica y técnica de ecología y medio ambiente 16: 3-12.
- [2] Castillo, I. 1999. *Impacto de la agricultura convencional en los recursos naturales y elementos para hacerla sustentable*. IX Congreso Nacional de Irrigación. ANEI A.C. Culiacán, Sinaloa.

- [3] Coyne, M. 2000. *Microbiología del suelo: Un enfoque exploratorio*. Paraninfo. 1ra Edición. España.
- [4] de Silguy, C. 1999. *La agricultura biológica. Técnicas eficaces y no contaminantes*. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.
- [5] Derpsh, R. 2000. *Siembra directa en América del Sur: dificultades y limitaciones en la adopción*. En <<http://www.ecampo.com/media/news/nl/agrsdirecta10.htm>>, (19/01/09)
- [6] Fondo Internacional De Desarrollo Agrícola (FIDA). 2002. *Pequeños productores rurales y agricultura orgánica: Lecciones aprendidas en América Latina y el Caribe*. FIDA. Roma.
- [7] Malavazi, E. (bete.malavazi@gmail.com) 2009 “Maisinformações sobre o uso do SoloSigo”. Mirvia Rocha Vargas (mirvia.rocha@gmail.com) (19/02/09)
- [8] Pfeiffer, E. 1992. *Introducción al método agrícola biodinámico*. Edición Álvaro Altés Domínguez.
- [9] Plaster E. 2000. *La Ciencia del Suelo y su Manejo*. Editorial Paraninfo.
- [10] Queirós, F.s.f. *Impactos de la revolución verde, agricultura convencional*. En <http://www.ecocomunidad.org.uy/coeduca/artic/impactos_verde1.htm>. (19/01/09)
- [11] Sánchez-Yáñez, J.; Valencia, E.; Carrillo, J. s.f.a. *Las bacterias en la fertilidad y productividad del suelo*. (<http://www.monografias.com/trabajos45/bacterias-suelo/bacterias-suelo.shtml>, acceso junio 2012).
- [12] Sánchez-Yáñez, J.; Márquez, L.; Leal, L. et al. s.f.b “Los hongos fundamentales en la productividad del suelo”. (<http://www.monografias.com/trabajos45/bacterias-suelo/bacterias-suelo.shtml>, acceso junio 2012).
- [13] USDA. 1999. *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo*. USDA. Estados Unidos.