

COMPOSTAJE ALTOANDINO, SEGURIDAD ALIMENTARIA Y CAMBIO CLIMATICO

Andean composting, food security and Climate change

Chilon Camacho, Eduardo

Facultad de Agronomía-UMSA, UCB-UAC Tiahuanaco, CIDES-UMSA
eduardochilon@gmail.com

RESUMEN

Las bases productivas de las comunidades campesinas de la zona altoandina de Bolivia y de los países de Latino América, están siendo severamente afectadas por el cambio climático, siendo urgente medidas de protección de la seguridad alimentaria de cientos de familias campesinas asentadas en estas zonas de climas contrastantes y altitudes cercanas a los 4000 metros s.n.m.; una alternativa viable y práctica es la alimentación del suelo vivo con el abono compost. La presente investigación, que corresponde a la segunda fase del proyecto “Alimento al suelo vivo y seguridad alimentaria frente a los riesgos del cambio climático”, con la experiencia inicial de más de 12 años de trabajo en comunidades rurales, estudió en condiciones controladas el comportamiento de las cinco modalidades de compostaje más promisorias, seleccionadas de la primera fase; evidenciándose que las mejores condiciones en calidad y tiempo de compostación, de 1.5 a 2 meses, se presenta en los tratamientos con activadores biológicos locales de fermentos de tarwi y quinua, que contienen altos niveles de proteína, en comparación a los tratamientos con activadores de yogurt, levadura y suero de leche. También se verificó el efecto benéfico del compost sobre la fertilidad física, química y biológica de suelos agrícolas, sobre todo en el mejoramiento de la capacidad edáfica de almacenamiento del agua y en el incremento de la cosecha de la papa, cultivo de seguridad alimentaria andina, sextuplicándose los rendimientos en relación al promedio nacional; también se comprobó la potencialidad del compost altoandino como alternativa de biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos, superando en efectividad al humus de lombriz. Las siguientes fases de la investigación prevén ensayos con otros cultivos de seguridad alimentaria en diferentes pisos ecológicos, la biorremediación de suelos contaminados y el estudio e identificación científica de los microorganismos presentes en el compost altoandino.

Palabras clave: Compost, abonamiento orgánico, microorganismos del suelo, biorremediación, producción ecológica y cambio climático.

ABSTRACT

The production basis of the rural communities in the Andean highlands of Bolivia and Latin American countries is being severely affected by climate change, therefore it becomes urgent to take measures to protect food safety of hundreds of peasant families living in these areas of contrasting climates and altitudes around 4000 meters above sea level, a viable and practical alternative is feeding the living soil with manure compost. This research, which corresponds to the second phase of the project “Food for the living soil and food safety facing the risks of climate change”, with the initial experience of more than 12 years working in rural communities, studied the behavior of five most promising methods of composting, selected from the first phase, under controlled conditions, proving that the best quality and weather conditions in composting, from 1.5 to 2 months, is presented in the treatments with local biological activators, tarwi and quinoa seeds, which contain high levels protein, compared to treatment with activators of yogurt, yeast and buttermilk. We also observed the beneficial effect of compost on physical, chemical and biological agricultural soils, especially in improving the soil capacity of water storage and increasing the harvest of potatoes, food safety of high-Andean crop, sixfolding yields in relation to the national average; we also found the potential of compost as an alternative to bioremediation of soil contaminated with hydrocarbons, outstripping the humus. The next phase of research includes tests with other food safety crops in different ecological niches, bioremediation of contaminated soils and scientific study and identification of microorganisms in the high-andean compost.

Keywords: Compost, organic composting, soil microorganisms, bioremediation, ecological production and climate change.

INTRODUCCIÓN

El espacio geográfico altoandino de Iberoamérica, desde tiempos inmemoriales cobijaba a una numerosa población, caracterizada por una matriz cultural de respeto a la naturaleza, de cuidado y abrigo a la tierra llamándolo “Madre tierra”, y en su concepción seminal holística, desde hace más de 500 años atrás, se consideraba al suelo como un ser vivo y un vientre cósmico, al que había que “alimentar”, para garantizar la continuidad y reproducción de la vida. Los recursos naturales se cuidaban y usaban racionalmente, la conquista española quebró y desarticuló este sistema armónico hombre-naturaleza.

En el momento actual, el cambio climático está afectando seriamente a las poblaciones más vulnerables de los andes bolivianos y de los países andinos, la escasa e irregular distribución de la precipitación, aparejada a la desertificación, y a la severa erosión de los suelos de las planicies y laderas altoandinas, visibilizan con enorme alerta, el alto riesgo en que se encuentra la seguridad alimentaria de nuestras poblaciones rurales.

El compost surge como una alternativa para “alimentar” a nuestros suelos y coadyuvar en la disminución de los riesgos del cambio climático; el compostaje no es una técnica nueva de elaboración de abonos orgánicos, porque se práctica en muchos lugares del mundo, pero en el caso de la zona altoandina de Bolivia, se está investigando aquellas cuestiones que no fueron definitivamente resueltas que tienen que ver con el excesivo tiempo de obtención del compost y con su calidad, y los aportes que contribuyen a las solución están relacionados con un método adecuado de compostación, con la utilización de activadores biológicos locales (ABL), las dosis de aplicación al suelo para mejorar su fertilidad e incrementar los rendimientos de cultivos, por otro lado se investiga y ensaya su uso en la biorremediación de suelos contaminados y la identificación de los microorganismos del compost.

El objetivo de esta segunda fase, fue estudiar en condiciones controladas, los tratamientos de compost seleccionados de la primera fase¹, y evaluar su efecto en la producción de alimentos frente a la problemática que nos plantea el cambio climático y la biorremediación de suelos contaminados, y sentar las bases para la fase² de identificación de los

¹ Los resultados de la primera fase de la investigación, se publicaron en CienciAgro Vol.2, No. 1(2010) 221-227, Junio 2010, www.ibepa.org

² Las siguientes fases del proyecto de investigación, corresponderán entre otras variables de estudio, a la cuantificación e identificación de los microorganismos

microorganismos responsables de la compostación altoandina.

ESTADO DE ARTE Y BASES CONCEPTUALES

Con referencia al estado de arte del estudio, la primera experiencia de compostaje altoandino se realizó el año 1999 en la Comunidad de Achaca-Tiahuanaco, con el método clásico indore, requiriéndose más de 11 meses para el compostaje; si bien este compost se probó con buenos resultados en la producción de cultivos, el reto y exigencia de las familias campesinas, por factores optimización de tiempo y economía, fue disminuir el tiempo de compostación sin desmejorar la calidad del abono final. (Chilón, E. 2010)

Con la finalidad de disminuir el tiempo de compostación se ensayaron diversas modalidades de elaboración de compost, en diferentes comunidades altoandinas, con el uso de activadores biológicos, y la sustitución de la cal, que generaba condiciones adversas en la compostación, por ceniza local proveniente de fogones rústicos, que además de sus cualidades de atenuación de la reacción o pH en el proceso de descomposición, enriquece el compost con potasio y otros nutrientes minerales. Como activadores biológicos se ensayaron más de 19 fermentos, entre ellos mezclas de cereales, chuño, frutas, hortalizas, zanahoria, tomate, melaza de caña, levadura, leche pura, suero de leche, yogurt, rumen de animales, macerado de hojas de hortalizas y el mismo compost diluido en agua.

Se observó que los derivados de la leche principalmente el yogurt y el suero de leche, así como la levadura y en menor medida algunos activadores de productos locales, presentaban un excelente efecto en la activación biológica del compost, disminuyéndose paulatinamente el tiempo de obtención del abono orgánico de 7 a 3.5 meses. Con estos resultados a partir del año 2002 se comienza el trabajo de transferencia de la metodología a las Comunidades; esta actividad se intensifica los años 2005 a 2008 en el marco del proyecto PROMARENA (Chilón, E. 2009)

Paralelamente se continuó con la investigación científica en las mismas comunidades y en el campus de experimentación de Agronomía de la UAC-Tiahuanaco, observándose y verificándose que el rol de los activadores biológicos resulta fundamental, porque “activan” a los microorganismos locales, acelerándose el proceso de compostación. Además se continuó con los experimentos de obtención y efectos de los activadores biológicos

responsables de la compostación, con trabajo de laboratorio y un posible análisis molecular.

locales, y ensayos del efecto del compost en la fertilidad de los suelos y sobre el rendimiento de los cultivos de seguridad alimentaria.

Se realizó la evaluación del comportamiento térmico del compostaje, en condiciones controladas, verificándose que el proceso de compostación altoandina se desarrolla en el rango de 15 a 50° centígrados, identificándose cuatro etapas o momentos de diferente duración y dinámica, una etapa inicial de corta duración, una fase de alta temperatura, luego una fase de maduración de mayor tiempo de duración, y la fase final de culminación del compostaje (Chilón, E. 2010).

Se comprobó que un buen manejo y cuidados durante la compostación, con una aireación adecuada mediante volteos oportunos y la dotación de agua en cantidades necesarias, así como la aplicación de un activador biológico adecuado disminuye el tiempo de compostación, y garantizan la obtención de un abono orgánico final de buena calidad, para su uso directo en los campos de cultivo (Chilón, E. 2010).

El camino recorrido a lo largo de 12 años, por esta investigación-acción, involucrando a las comunidades campesinas y a los recursos humanos que se forman en nuestras Universidades, han posibilitado desarrollar y ampliar los siguientes conceptos y definiciones:

Compostaje altoandino: Técnica de elaboración de abono orgánico, en ambientes altoandinos cercanos a los 4.000 metros sobre nivel del mar, con la utilización de materiales locales altoandinos, rastrojos de cosecha, paja de cereales, estiércol de bovinos, ovinos y de camélidos, ceniza de fogón, activadores biológicos locales de quinua, tarwi, yogurt, levadura y agua, con el manejo de la aireación y la humedad, con la obtención del producto final de 1.5 a 2 meses.

Compost CA-TB1g: compost que corresponde a la primera generación de compostaje altoandino, realizado en Tiahuanaco y en otras comunidades campesinas, período 1999-2007; CA-TB1G significa Compost altoandino-Tiahuanaco Bolivia 1° generación.

Compost CA-TB2g: compost correspondiente a la segunda generación, y es un compost altoandino elaborado con una técnica estandarizada, con el uso de activadores biológicos locales y en proceso de transferencia masiva a las comunidades campesinas. CA-TB2g significa Compost Altoandino-Tiahuanaco Bolivia 2° generación.

Activadores biológicos locales (ABL): Sustancias orgánicas obtenidas de la fermentación o chicha de quinua, tarwi y otros cultivos andinos con un contenido

proteico significativo, que aportan microorganismos para el proceso de compostación, activando a los microorganismos presentes en el material inicial, que responsables del proceso de descomposición.

Activadores biológicos convencionales (ABC): Sustancias resultantes del procesamiento de la leche caso yogurt, suero de leche, y también del aislamiento de microorganismos de levadura, que coadyuvan al proceso de compostación.

Comportamiento térmico del Compost altoandino: El proceso de compostaje altoandino presenta cuatro etapas o momentos de diferente duración y comportamiento térmico, una fase inicial de corta duración, una fase térmica activa con altos valores de temperatura, una fase de maduración de mayor duración con disminución gradual de la temperatura, y la fase de culminación del compostaje (Chilón, E. 2010^a).

Microorganismos del compost: Un gramo de compost contiene de 50 a 200 millones de microorganismos entre bacterias, algas verde-azules, hongos, actinomicetos, protozoarios, amebas y otros, siendo responsables de los procesos de humificación, mineralización, ciclos de los nutrientes, síntesis de hormonas, vitaminas, sustancias mucilaginosas que favorecen el desarrollo de los cultivos y las bases de la fertilidad de los suelos agrícolas (Chilón, E. 1997)

Suelo vivo: Es un cuerpo natural e independiente, que nace crece, desarrolla y puede morir, es tridimensional y trifásico, dinámico y reacciona a los estímulos. El suelo que se origina de la roca geológica por acción de los agentes climáticos y de los microorganismos, gracias a la población microbial, esta suelta y fría roca que promueve el proceso geológico adquiere "vida" y llega a ser un cuerpo natural productivo. El fundamento de la recuperación de los suelos es regenerar la vida biológica del suelo (Chilón, E. 2003)

Alimento al suelo vivo: Aplicación al suelo de abonos orgánicos pre-humificados, elaborados cuidadosamente, caso del compost, en dosis adecuadas y al fondo del surco al momento de la siembra. El respeto al suelo vivo se manifiesta en alimentarlo con excelentes abonos orgánicos y no con estiércol fresco, estiércol seco o materiales contaminados (Chilón, E. 2010^b)

Biorremediación con compost: Proceso técnico de recuperación de suelos contaminados con hidrocarburos, con intervención y acción de los microorganismos del compost, bajo condiciones controladas y con un manejo adecuado de la humedad y la aireación. (Mita, M. 2007)

UBICACIÓN DE LA ZONA EXPERIMENTAL

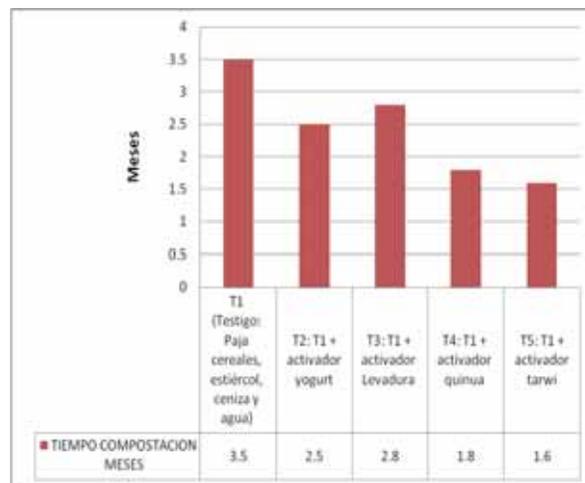
La investigación del compostaje en condiciones controladas y de su uso en la producción de cultivos, se realizó en los campos experimentales de la Carrera de Agronomía UAC-Tiahuanaco de la Universidad Católica Boliviana, ubicada en la comunidad Achaca, Municipio de Tiahuanaco, Provincia Ingavi, Departamento La Paz, Bolivia, a una altitud de 3872 metros s.n.m., que en condiciones normales presenta temperaturas promedio de 8°C y mínimas de -10°C y una precipitación promedio de 350 a 500 mm/año. Estos valores climáticos están variando significativamente, como consecuencia de los efectos del cambio climático. En la investigación participaron como apoyo los estudiantes de las materias de Edafología y Fertilidad de Suelos, de la UCB UAC Tiahuanaco y de la Facultad de Agronomía de la UMSA.

METODOLOGIA

La investigación integra el paradigma cuantitativo y cualitativo, la primera considera los fenómenos observables, susceptibles de medición, análisis y control experimental del compost, caso de la temperatura, propiedades físicas y químicas, población de microorganismos; la segunda es de tipo explicativa y descriptiva con sus respectivas categorías de calificación del olor, color y aspecto del compost, lo que permite realizar comparaciones y posibles contrastes del estado y calidad de los diversos tipos de compost. Los tratamientos a investigarse se definieron en base a los resultados de la primera fase de la investigación.

El estudio estadístico de los tratamientos de compost, se realizó en diseño bloques completos al azar con cuatro repeticiones, con un total de 20 unidades experimentales, evaluándose los parámetros de temperatura, duración de la compostación, volumen inicial y volumen final, características físicas químicas y biológicas. En el caso de los ensayos de campo del efecto del compost en el rendimiento de cultivos y sobre las propiedades del suelo, se utilizó el mismo diseño y las mismas repeticiones.

Figura 1: Tratamientos y Tiempo de Compostación



RESULTADOS

Se evaluó el comportamiento térmico, el tiempo de compostación y la calidad de los tratamientos más promisorios, seleccionados en la primera fase de la investigación, ensayándose los activadores biológicos locales de fermento de quinua, fermento de tarwi, yogurt, suero de leche y levadura, evidenciándose que ha mayor contenido de proteína del activador, mayor es el efecto sobre la compostación. Se utilizaron materiales locales, estiércol de bovinos y camélidos, restos de paja de cereales, rastrojos de cosecha, agua y ceniza de fogón. Este último es un insumo local que se encuentra en los hogares campesinos y proviene de la combustión de la “bosta” (estiércol seco) y de la thola (*Parastrephia lepidophylla*), contándose con una metodología estandarizada de compostaje, que se ha continuando difundiendo en las Comunidades campesinas.

Se verificó que los tratamientos con la aplicación de los activadores biológicos locales, sumado a un buen manejo y cuidados durante la descomposición, con volteos oportunos para lograr una buena aireación y un riego en cantidades adecuadas, garantizan la obtención de un compost de excelente calidad, listo para su uso directo en el mejoramiento de la fertilidad de los suelos, en la producción de cultivos y en la biorremediación de suelos contaminados (Cuadro I).

Se observó un efecto de “activación” de los activadores biológicos, sobre los microorganismos locales, lo que determinó una aceleración de la descomposición, comprobándose que a mayor contenido de proteína de la fuente del activador - caso de la chicha de quinua y

chicha de tarwi- mayor es su efectividad en la aceleración de la compostación (Fig. 1).

El comportamiento térmico y la dinámica del compostaje altoandino, se mostró diferente a los reportes de otros ensayos realizados en Yungas y valles (1, 2, 11, 13); las temperaturas del compost altoandino, se evaluaron durante todo el proceso de descomposición, mostrando curvas térmicas diferenciales, con un proceso de

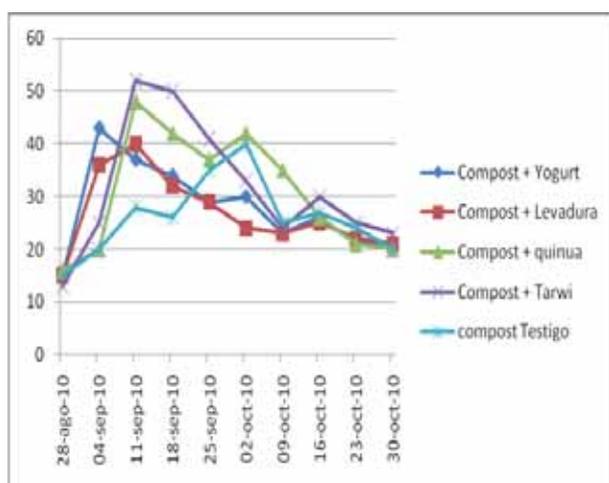
descomposición orgánica que se desarrolló en un rango promedio de 15°C a 50°C, verificándose las cuatro etapas térmicas de diferente duración y comportamiento, constatadas anteriormente (Chilón, E. 2010^a).

La 1° etapa inicial de corta duración, la 2° etapa térmica mayor que presenta los valores de temperatura más altos, la 3° etapa de maduración de mayor tiempo de duración, y la 4° etapa final de culminación del compostaje (Fig.2).

Cuadro 1. Resultados de la calidad de tratamientos de compost con el uso de activadores biológicos

N°	Parámetros	Compost + activador yogurt	Compost + activador levadura	Compost + activador fermento quinua	Compost + activador fermento tarwi	Compost Testigo
1*	pH agua (1:5)	8.03	8.08	8.04	7.79	7.92
2*	CE (dS/m)	2.85	3.06	3.55	2.81	2.96
3*	Carbono org. %	6.48	5.30	6.48	5.45	5.89
4*	Nitrógeno total %	1.12	1.08	0.92	0.98	1.03
5*	Fósforo %	0.36	0.35	0.31	0.28	0.28
6*	Potasio %	1.12	1.02	1.10	0.82	0.77
7*	Nitrato %	0.14	0.13	0.09	0.07	0.08
8*	Materia seca %	57.18	55.72	55.75	58.25	54.78
9*	Humedad %	42.82	44.28	44.25	41.75	45.22
1**	pH (solución salina)	5.5	5	5.5	5	5
2**	Recuento de colonias	150000	120000	200000	500000	80000
3**	Hongos	Abundantes	Escasos	---	---	Abundantes
4**	Bacterias	Coco bacilus Gram -, Diplococcus Gram +	Bacilus Gram -	Bacilos y Coco bacilos Gram +	Abundantes Coco bacilus Cram +	Cocos aislados Gram +

Figura 2: Comportamiento térmico promedio durante la compostación

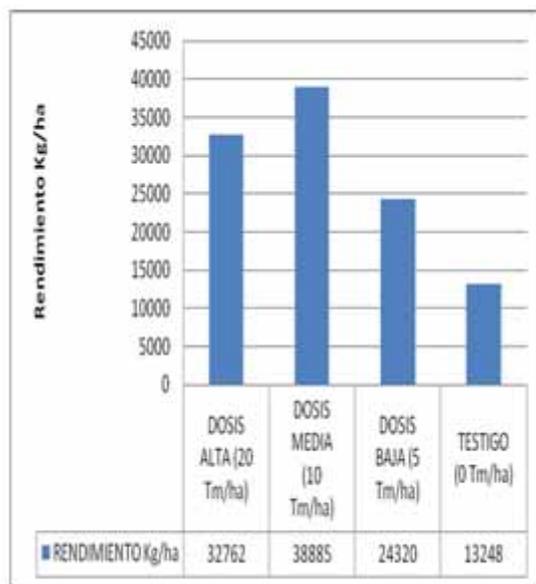


Durante la campaña agrícola 2009-2010, se evaluó el efecto del compost sobre las propiedades del suelo y sobre el rendimiento del cultivo de papa (variedad Huaycha), experimentándose una dosis alta (20 Tm/ha), dosis media (10 Tm/ha) y dosis baja (5 Tm/ha), comprobándose el efecto benéfico sobre las propiedades del suelo, principalmente en la densidad aparente, la porosidad, el almacenamiento del agua, reacción o pH, conductividad eléctrica y el % de nitrógeno del suelo. Estos resultados coinciden con aquellos reportados por otros ensayos realizados en la zona (Parra, N. 2009).

Se obtuvieron altos rendimientos de tubérculos, con 32,7 Tm/ha, 38,8 Tm/ha, 24,3 Tm/ha y 13,2 Tm/ha correspondientes a dosis alta, media y baja de compost. El mayor rendimiento obtenido con la dosis media (10 Tm compost/ha) se debería a una mayor mineralización y aporte de nutrientes, en tanto que una buena parte de la dosis alta se almacenó como abono residual para la próxima siembra. El mayor rendimiento obtenido con el

uso del compost, supera en 7 veces el promedio nacional, recomendándose la masificación del uso del compost en todas las comunidades rurales, por constituir una alternativa viable para garantizar la seguridad alimentaria frente a los riesgos del cambio climático. El experimento se replicó en el campus de Cota Cota, de la Facultad de Agronomía de la UMSA, con la misma tendencia en los resultados de la cosecha final. (Figura 3)

Figura 3. Efecto de tres dosis de compost sobre el rendimiento de cultivo de papa



Sobre el efecto del compost en la biorremediación de suelos contaminados con Diesel Oil, se realizó un experimento (2007) utilizando compost altoandino de la primera generación (CA-TB1g) y humus de lombriz, verificándose la potencialidad del compost y de sus

microorganismos en la recuperación de estos suelos, superando al humus de lombriz, en el período de evaluación de la disminución de los TPH. (Cuadro 2).

En la actualidad (2010-2011) se viene ejecutando otro experimento de biorremediación en suelos contaminados con aceites PBC (Policloruros de Benceno), ensayando el compost altoandino de la 2ª generación (CA-TB2g), humus de lombriz y estiércol fermentado, la evaluación de los tres primeros meses muestra una tendencia de mayor efectividad del compost, superando al humus de lombriz en número de UFC y en la disminución de los PBC, esperándose la conclusión del ensayo para la obtención de los resultados finales.

Los resultados obtenidos con el uso del compost altoandino CA-TB1g, en el mejoramiento de la fertilidad de los suelos agrícolas, en la producción de tubérculos y en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos, refuerzan la hipótesis que uno o varios microorganismos del compost altoandino, no identificados son los responsables de estos resultados.

Se requiere una cuidadosa investigación de laboratorio, para confirmar o descartar esta hipótesis; de confirmarse se tendría la posibilidad de aislarlo e industrializarlo y las comunidades altoandinas y de otras partes del mundo, contarían con un insumo biológico que facilitaría la obtención de un abono orgánico de alta calidad en el menor tiempo posible; este abono orgánico aplicado masivamente a los campos agrícolas garantizaría la seguridad alimentaria, frente a los riesgos del cambio climático. Asimismo se podría contar con un insumo biológico con alta potencialidad para la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.

Cuadro 2. Biorremediación de suelo contaminado con Diesel Oil, con uso del compost altoandino CA-TB1g, humus de lombriz y estiércol fermentado

N.	PARAMETRO	Suelo testigo (Ayo Ayo)	Suelo contaminado (Ayo Ayo)	Suelo contaminado + Compost CA-TB1g	Compost CA-TB1g	Suelo contaminado + humus lombriz	Humus de lombriz
1*	Microorganismos totales	7.2×10^4 cel/gr	1.3×10^4 cel/gr	8.3×10^4 cel/gr	$> 10^5$ cel/gr	1×10^5 cel/gr	$> 10^5$ cel/gr
2*	Pseudomonas	00	00	00	1.1×10^3 cel/gr	00	10
3*	Proteus ssp.	00	00	00	9.8×10^4 cel/gr	00	00
4**	TPH (mg/Kg suelo) (Hidrocarburos Totales de Petróleo)		11010	8523 (2meses) 7610 (3meses)		10989 (2 meses) 8590 (3 meses)	
				Estimación 1000 (8meses)			

CONCLUSIONES

De los cinco tratamientos de compost investigados en condiciones altoandinas, se verificó que los tratamientos de compost con activadores biológicos locales de fermentos de quinua y tarwi presentaron un menor tiempo de compostación y una alta calidad, superando a los otros tratamientos, evidenciándose que a mayor proteína presente en el activador local, se obtienen mejores resultados en el abono orgánico final.

Se comprobó el efecto benéfico de la aplicación del compost en el mejoramiento de la fertilidad física y química de los suelos agrícolas, y sobre la dinámica de la población microbiológica del suelo, que es la responsable de los procesos de síntesis, resíntesis, transformación y de los ciclos de liberación de los nutrientes para las plantas; con una excelente mejora de la capacidad de almacenamiento de agua por el suelo, contrarrestándose los efectos del cambio climático y en el incremento del rendimiento de los cultivos de seguridad alimentaria, sextuplicándose los rendimientos de tubérculos de papa por hectárea en relación al promedio nacional.

Se verificó el potencial de los microorganismos del compost en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos, mostrando cierta capacidad específica para desdoblar la cadena de hidrocarburos y generar condiciones para la recuperación de los microorganismos originarios, superando en efectividad al humus de lombriz.

RECOMENDACIONES

Se hace necesario identificar mediante análisis especializados de laboratorio los géneros y especies de microorganismos del compost altoandino, responsables de la descomposición orgánica, del mejoramiento de la fertilidad de los suelos y de la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.

Se debe continuar con los ensayos, con otros cultivos de seguridad alimentaria en diferentes pisos ecológicos, así mismo la experimentación en biorremediación de suelos contaminados con el uso de compost altoandino; también estudiar y caracterizar las propiedades biológicas de los activadores orgánicos locales caso de los fermentos de quinua y tarwi.

Al contarse con una técnica estandarizada de elaboración de compost en condiciones altoandinas con el uso de activadores biológicos locales (ABL), se recomienda continuar con la transferencia de esta técnica innovativa de compostaje a las comunidades altoandinas, para coadyuvar con la seguridad alimentaria frente a los riesgos del cambio climático.

BIBLIOGRAFÍA

COLQUE, R. (2003) “Evaluación y caracterización de tres modalidades de compost”, Tesis de Ingeniero Agrónomo, Carrera de Agronomía, Escuela Militar de Ingeniería E.M.I. La Paz, Bolivia.

CORTEZ, J. (1998) “Comportamiento Agronómico de cinco variedades de soya, con la aplicación de compost en la región de Pahuata Sud Yungas”. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía UMSA. La Paz, Bolivia.

CHILON, E. (1991) “Efectos de la incorporación de enmiendas orgánicas en el mejoramiento de algunas propiedades del suelo relacionadas con su resistencia a la erosión y el rendimiento de cultivos”. Memorias II Simposio de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto de Ecología UMSA. La Paz-Bolivia.

CHILON, E. (1997) “Fertilidad de suelos y nutrición de plantas”, 1º Edición, Ediciones CIDAT, La Paz-Bolivia.

CHILON, E. (2003) “Recuperación de suelos degradados con aplicación de compost”. Informe técnico, Municipio de Coripata, La Paz-Bolivia.

CHILON, E. (2009) “Tecnologías ancestrales y reducción de riesgos del cambio climático”. Ediciones CIDAT, La Paz-Bolivia.

CHILON, E., (2010)a “Compostaje altoandino, alimento al suelo vivo y cambio climático”. *CienciAgro* Vol.2, No.1 (2010) 221-227

CHILON, E. (2010)b “Tecnologías Ancestrales vigentes frente al cambio climático en la Región Andina”. Memorias del Taller Internacional “Experiencias y desafíos de adaptación al cambio climático en comunidades vulnerables de la región andina”. Soluciones Prácticas-Bolivia, AID, UNESCO, CARE, La Paz.

PARRA, N. (2003) “Efecto de aplicación de fuentes orgánicas sobre las propiedades del suelo y en rendimiento de papa (*Solanum tuberosum*) en Sukakollus”. Memoria de grado Técnico Superior Agropecuario, UAC Tiahuanaco, Universidad Católica Boliviana.

MITA, M. (2007) “Recuperación de Suelos Empetrolados mediante Bioaumentación bacteriana con Compost y Humus en Patacamaya, Provincia Aroma, Departamento de La Paz”, Tesis de Grado, Carrera de Agronomía, Escuela Militar de Ingeniería EMI, La Paz-Bolivia.

NORIEGA, Y. (2001) Evaluación de las propiedades de un suelo chaqueado comparado con otros con incorporación de su biomasa compostada en el cultivo de maíz (*Zea mays*). Tesis de Ingeniero Agrónomo, Carrera de Agronomía, Escuela Militar de Ingeniería E.M.I. La Paz, Bolivia.

SOLUCIONES PRACTICAS-BOLIVIA (2009) “Taller internacional Experiencias y Desafíos de adaptación al cambio climático en comunidades rurales vulnerables de la región andina” 21 -22 septiembre 2009, AID, UNESCO, CARE, AVINA, PLAN por la niñez, La Paz-Bolivia.

SOTOMAYOR, C. (2000) “Efecto del volumen de compost de pulpa de café en el desarrollo de plántulas, en vivero en la región de Sud Yungas”. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, UMSA, La Paz, Bolivia