



Efecto de activadores biológicos locales sobre la microbiota y la calidad del compost en el Centro Experimental de Cota Cota, periodo abril-junio 2018

Effect of local biological activators on the microbiota and the quality of the compost in the Cota Cota experimental station period April-June 2018

Eduardo Chilón Camacho

RESUMEN:

Se evaluó el efecto de activadores biológicos, sobre el compost elaborado con materiales estrictamente locales, verificándose un efecto benéfico en los compost tratados con activadores de fermentos de quinua, cañahua, tarwi y maíz, con un menor período de tiempo en la compostación, mayores temperaturas promedio, mejores condiciones físicas y químicas, y una mayor y mejor actividad de la microbiota del compost. Pero no basta con la obtención de un compost de aparente buen aspecto, sino que el reto es determinar su calidad, para descartar riesgos de patógenos y contaminantes. Los análisis químicos de laboratorio, resultan sólo parciales, porque se considera al compost, como algo inerte y solo como fuente de nutrientes inorgánicos, similar a un fertilizante químico, sin embargo el compost es un "ente vivo" igual que el suelo, y gracias a los microorganismos evoluciona, se desarrolla, transforma, madura y puede morir, siendo necesario ajustar y crear nuevos métodos de análisis de los abonos orgánicos. En este sentido la cromatografía de Pfeiffer y la caracterización general de la microbiota del compost, se constituyen en herramientas valiosas y accesibles para determinar la calidad del compost. En la presente investigación la evaluación cromatográfica, permitió caracterizar tres grupos de calidad, Compost de buena calidad y de desarrollo rápido con los tratamientos compost con activador fermento de quinua (C-Qa), compost con fermento de cañahua (C-Cñ) y compost con fermento de tarwi (C-Tw); Compost de calidad media, desarrollo moderado, que corresponde al compost con fermento de maíz (C-Mz); Compost de menor calidad e inmaduro con el tratamiento compost Testigo (C-TE). Por otro lado, la evaluación de la calidad del compost, con la caracterización de los microorganismos capturados "in situ", estableció una relación directa con el grupo de compost de buena calidad Compost C-Qa, Compost C-Cñ y Compost C-Tw, que presentan una microbiota compuesta por microorganismos benéficos bacterias, actinomicetos, trichoderma; el grupo de compost de calidad media con el compost C-Mz, que presentó un contenido medio de microorganismos benéficos, sin embargo también se observó trazas de hongos de fusarium; el grupo de compost de mala calidad con el tratamiento testigo, presentó trazas de hongos de rhizoctonia y fusarium, relacionado con el requerimiento de un mayor tiempo de compostación, y un mejor manejo. Estos resultados verifica la necesidad de un control de la calidad del compost para evitar riesgos de daños en el suelo y las plantas.

PALABRAS CLAVES:

Compost, abonamiento orgánico, microorganismos del suelo, agricultura orgánica, fertilidad de suelos, producción ecológica, Paradigma "suelo vivo", biorremediación de suelos.

ABSTRACT:

The effect of biological activators on the compost elaborated with strictly local materials was evaluated, verifying a beneficial effect in the compost treated with activators of ferments of quinoa, cañahua, tarwi and corn, with a shorter period of time in the compostation, higher temperatures average, better physical and chemical conditions, and a greater and better activity of the compost microbiota. But it is not enough to obtain an apparently good looking compost, but the challenge is to determine its quality, to rule out the risks of pathogens and contaminants. Laboratory chemical analyzes are only partial, because compost is considered as something inert and only as a source of inorganic nutrients, similar to a chemical fertilizer, however compost is a "living entity" just like the soil, and thanks to the microorganisms it evolves, it develops, it transforms, it matures and it can die, being necessary to adjust and create new methods of analysis of the organic fertilizers. In this sense, Pfeiffer chromatography and the general characterization of the compost microbiota, constitute valuable and accessible tools to determine the quality of the compost. In the present investigation the chromatographic evaluation allowed to characterize three groups of quality, Compost of good quality and of rapid development with the compost treatments with ferment activator of quinoa (C-Qa), compost with ferment of cañahua (C-Cñ) and compost with tarwi ferment (C-Tw); Medium quality compost, moderate development, corresponding to compost with corn ferment (C-Mz); Compost of lower quality and immature with the compost treatment Witness (C-TE). On the other hand, the evaluation of the quality of the compost, with the characterization of the microorganisms captured "in situ", established a direct relationship with the compost group of good quality Compost C-Qa, Compost C-Cñ and Compost C-Tw, which present a microbiota composed of microorganisms beneficial bacteria, actinomycetes, trichoderma; the compost group of medium quality with compost C-Mz, which presented a medium content of beneficial microorganisms, however traces of fusarium fungi were also observed; the compost group of poor quality with the control treatment, presented traces of fungi of rhizoctonia and fusarium, related to the requirement of a longer time of composting, and better management. These results verify the need for a quality control of the compost to avoid risks of damage to the soil and plants.

KEY WORDS:

Compost, organic fertilization, soil microorganisms, organic agriculture, soil fertility, organic production, Paradigm "living soil", soil bioremediation.

AUTOR:

Eduardo Chilón Camacho: Docente Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. Héroe del Acre N° 1850, La Paz Bolivia. eduardochilon@gmail.com

Recibido: 15/05/2018. **Aprobado:** 31/07/2018.



DOI: <https://doi.org/10.53287/tftz1598op62p>



ANTECEDENTES

La presente investigación, corresponde a una fase más de continuidad del Proyecto de largo aliento “Compostaje Alto andino, Soberanía Alimentaria y Adaptación al Cambio Climático”, que tiene por objetivo estratégico de alcance mundial, regional y nacional, la contribución de la adaptación al cambio climático, preservando la seguridad alimentaria de las comunidades vulnerables, mediante la recuperación y conservación de la fertilidad de los suelos, con el alimento al “suelo vivo” con el compost, elaborado con materiales estrictamente locales y la metodología denominada “compostaje altoandino”.

La primera experiencia de compostaje se realizó el año 1999 en el altiplano norte, en Comunidades Aymaras originarias del Municipio de Tiahuanaco, ensayando 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 familiar, fue disminuir el tiempo de compostación sin afectar la calidad del abono final.

En el período 2000-2004, se investigó la forma de acelerar el proceso de compostación para atender los requerimientos comunales, diseñándose una línea de investigación de activadores biológicos locales, observándose que los activadores de yogurt, suero de leche y levadura, presentaban efectos significativos en la activación biológica del compost, disminuyéndose el tiempo de compostación de 11 a 6 meses.

En el período 2005-2007, se estandarizó el método de “compostaje altoandino”, del proceso de elaboración y manejo del compost a campo abierto, lográndose obtener a 3.850 metros s.n.m. un compost de buena calidad, con el uso de fermentos ¹ de granos

originarios andinos de quinua y tarwi, con un excelente efecto, disminuyendo el tiempo de compostación de 6 a 2,5 meses. Con estos resultados se comenzó el trabajo de transferencia de la metodología a las Comunidades andinas.

En el período 2008-2011, bajo condiciones controladas a campo abierto y con participación de estudiantes universitarios de Agronomía, se realizó estudios sobre los efectos e influencia de los restos vegetales, tipos de estiércol, períodos de volteo y aireación, tipos y dosis de activadores locales, verificándose el rol importante y decisivo de los microorganismos autóctonos, en el proceso de la compostación altoandina. Además, se intensificó la transferencia de la metodología a los productores.

En el período 2012-2017, se continuó con la investigación científica del compost, ensayando la metodología en comunidades de altiplano, valles y Yungas de Bolivia, y paralelamente en los campos de experimentación de la Facultad de Agronomía de la UMSA, y en otras Universidades de la zona rural. Encontrándose algunas limitaciones en los análisis convencionales de laboratorio, para la determinación de la calidad del compost, por ello a partir del año 2018, la investigación se orienta a encontrar nuevas formas y modalidades complementarias de determinación de la calidad del compost, destinado a la producción agrícola, de la cual forma parte la presente investigación.

Meta-teoría y conceptos de agricultura orgánica y biofertilidad de suelos

El desarrollo y continuidad del proyecto de investigación-acción sobre el compostaje altoandino y sus variantes incluyendo el enriquecimiento con harina de rocas, y la obtención de abono orgánico líquido aeróbico, involucrando a los productores de las comunidades campesinas y a los recursos

¹ Las culturas ancestrales andinas y amazónicas de Bolivia, fueron las primeras en crear y practicar lo que ahora se denomina Trofobiós (trofo: alimento, biosis: vida), y fueron las pioneras en “alimentar” orgánicamente al suelo vivo, con abonos bien

preparados, y de alta calidad, utilizando los fermentos orgánicos o chicha en la elaboración de los abonos orgánicos; entendieron que las mayores cosechas dependen del vigor de las plantas, este vigor depende de la fertilidad del suelo y que la vida y la fertilidad del suelo dependen del alimento orgánico.

humanos en formación de la Facultad de Agronomía de la UMSA y otras universidades, ha posibilitado desarrollar una Metateoría relacionado con la agricultura orgánica y el compostaje andino. (Chilon, Eduardo 1997, 2010, 2011, 2013, 2014; Cortez, Julio 1998; Sotomayor, Carmen 2000; Noriega, Yumey 2001; Parra, Nicolasa 2003; Ramírez, Romer 2012; Ruiz, Marcelo 2012; Chilon, Jhoselyne 2014; Toro, Félix 2014; Romero, Víctor 2016).

Alimento orgánico del suelo: Es el suministro de abonos orgánicos de alta calidad previamente elaborados y tratados, en cantidades requeridas según el tipo de suelo y cultivo, practicándose desde épocas precolombinas, con un efecto benéfico en la mejora, formación y estabilización de los agregados del suelo, en el incremento de la capacidad retentiva de humedad, en el suministro de energía y nutrientes a los microorganismos, en la producción sostenible de alimentos de calidad y en la protección del suelo contra la erosión y los efectos del cambio climático global.

El Compost: El Compost es un abono orgánico pre-humificado, resultante de la descomposición y transformación biológica aeróbica, de los residuos orgánicos de origen vegetal (rastros de cosechas y malezas) y residuos de origen animal (estiércol fresco y/o almacenado), con la aplicación de ceniza y un manejo apropiado de la humedad y la aireación, con volteos adecuados para facilitar el trabajo de los microorganismos. El producto final es un compost rico en nutrientes, vitaminas, hormonas y sustancias mucilaginosas que son asimilados paulatinamente por las plantas, lo que garantiza buenas cosechas, y el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Compostaje altoandino: Es una técnica de elaboración de compost, en ambientes altoandinos cercanos a los 4.000 metros sobre nivel del mar, con la utilización de materiales locales rastros de cosecha, paja de cereales, estiércol de bovinos, ovinos y camélidos, ceniza de fogón, con el manejo adecuado de la humedad, aireación y la aplicación de

activadores biológicos locales como fermentos de quinua y tarwi, yogurt, levadura y agua, con la obtención del compost 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 período 2008-2012, 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.

Compost CA-ACC1g: Compost que corresponde a la primera generación de compostaje altoandino, realizado en la Estación Experimental Cota Cota de la Facultad de Agronomía-UMSA, período 2012-2017; CA-ACC1g significa Compost altoandino-Agronomía Cota Cota, 1° 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 nativos presentes en el material inicial, que son los responsables del proceso de descomposición y obtención del compost.

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.

Suelo vivo: Es un cuerpo natural e independiente, tridimensional y multifásico, complejo y dinámico, que está en perfecto equilibrio, que reacciona a los estímulos como un “ente vivo”, que nace crece,

desarrolla y puede morir, por su fragilidad merece respeto. El suelo que se origina de la roca “madre” que promueve el proceso geológico por acción de los agentes climáticos, y gracias a los microorganismos adquiere “vida” y llega a ser un cuerpo “vivo”. Por lo tanto el fundamento para recuperar los suelos productivos degradados y contaminados, consiste en regenerar la vida biológica del suelo. (Chilon, 1997, 2014)

Alimento al suelo vivo: Alimentar al “suelo vivo” es aplicar 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 abonos orgánicos previamente elaborados y bien “cocidos” o preparados y no con estiércol fresco, estiércol seco o materiales contaminados.

Alimento al suelo con harina de rocas:² La harina de rocas es un abono natural proveniente de las rocas, que convertidas en polvo y aplicado al suelo agrícola posibilita la reposición de nutrientes y por su variedad de componentes nutritivos, hacen surgir una amplia gama de diferentes microorganismos que vigorizan la “vida del suelo” y favorecen el crecimiento y desarrollo de las plantas. La harina de rocas, se elabora mediante un procedimiento que preserva las energías inherentes del polvo o harina natural nutritiva, a partir de la molienda de rocas ígneas graníticas, basaltos, andesitas, rocas sedimentarias y metamórficas. (Chilon, E. 2006)

MATERIALES Y METODOS

Localización del Área Experimental

La investigación se realizó a campo abierto, durante el período marzo-junio 2018, en el área experimental de la cátedra de Fertilidad de suelos, de la Facultad de Agronomía-UMSA, ubicada en la Estación

Experimental de Cota Cota, situada a 3293 metros snm, en las coordenadas GPS 8171619 – 599796, del Municipio de La Paz, Provincia Murillo, Departamento de La Paz.

La investigación se realizó durante el período frío que históricamente registra las temperaturas más bajas del año, con heladas y sequía, así el mes de junio 2018 se registró la temperatura ambiental mínima de -1°C, con una temperatura máxima de 26°C en el mes de diciembre 2017. (Fuente: Estación Meteorológica CotaCota, Facultad de Agronomía-UMSA).

Metodología

La metodología de investigación del compostaje altoandino, 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, y las propiedades físicas y químicas; la segunda es de tipo explicativa y descriptiva con sus respectivas categorías de calificación del olor, color, cromatografía y aspecto del compost, lo que permitió realizar comparaciones y contrastes del estado y calidad del compost.

Se utilizó el método técnico-científico de compostaje altoandino (Chilon, 2011), validado para condiciones del altiplano, valles y Yungas de Bolivia, caracterizado por el uso estricto de insumos y materiales locales. Todos los tratamientos de compost, se realizaron con materia prima local, malezas y rastrojo de cosecha, restos de frutas, hortalizas, estiércol de bovinos y ovinos, ceniza, agua y los activadores biológicos fermento de quinua, fermento tarwi, fermento de cañahua, fermento de maíz.

El diseño estadístico fue de bloques completos al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones, y se evaluó los cambios de temperatura, la duración de la

² Paralelamente a la investigación del compostaje altoandino, se llevan a cabo ensayos de abonamiento de suelos agrícolas con harina de rocas, evaluando sus efectos en el rendimiento de

cultivos y sobre las propiedades del suelo. Además se ha obtenido un compost altoandino enriquecido con harina de rocas, que está resultando muy efectivo en la producción de cultivos y en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.

compostación, el volumen inicial y volumen final, las características físicas y químicas, y la calidad del compost altoandino, mediante la técnica cromatográfica de Pfeiffer. La evaluación de la calidad del compost se realizó mediante el análisis cromatográfico de Pfeiffer, y la caracterización general de los microorganismos presentes en el compost, con su captura “in situ”. En la tabla 1 se presenta el detalle de los tratamientos de compost.

Tabla 1: Tratamientos de compost altoandino y período (abril-junio 2018)

LUGAR Y MODALIDAD DE COMPOSTACION	TRATAMIENTOS DE COMPOST
Lugar: Campus Fertilidad Cota-Cota, La Paz-Bolivia	T1: C-Tw (Compost con restos vegetales, estiércol, ceniza + activador fermento tarwi)
Altitud: 3293 msnm	T2: C-Qa (Compost con restos vegetales, estiércol, ceniza + activador fermento quinua)
Coordenadas GPS: 8171619 - 599796	T3: C-Cñ (Compost con restos vegetales, estiércol, ceniza + activador fermento cañahua)
Modalidad de la compostación: Alto relieve (Sobre la superficie suelo)	T4: C-M (Compost con restos vegetales, estiércol, ceniza + activador fermento maíz)
	T5: C-TE (Compost Testigo con restos vegetales, estiércol y ceniza)

compost, durante el período frío (abril-junio 2018); las propiedades físicas y químicas del compost obtenido, y la evaluación de su calidad mediante la cromatografía de Pfeiffer y la caracterización general de los microorganismos presentes en compost.

Efecto de activadores biológicos sobre el tiempo de duración del compostaje

Los resultados de la evaluación del efecto de los activadores biológicos, sobre el tiempo de duración de la compostación, durante el período abril-junio 2018, dio como resultado que los tratamientos de compost con activadores de fermentos de Tarwi (1,8 meses), Cañahua (1,9 meses) y quinua (2 meses), maíz (2,2 meses) presentaron el menor tiempo de compostación, superando al tratamiento de compost testigo (3 meses), que no alcanzó su completa maduración. Estos resultados establecen y refuerzan la efectividad del método de compostaje altoandino, y de su mecanismo de “activación biológica” con fermentos locales, que coadyuva en la intensificación de la actividad microbiológica en la aceleración del proceso de compostación; corroborándose que a mayor contenido proteínico del activador, mayor efectividad en la compostación, resultados que también se observaron en las otras investigaciones de compost altoandino, con el uso de los activadores biológicos de fermentos de tarwi, quinua, maíz, haba y cañahua (Chilon, 2011, 2013, 2014, 2016). Los detalles del tiempo de duración de la compostación por tratamientos, en meses se presentan en la Figura 1.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se evaluó la influencia de las condiciones ambientales, en el comportamiento térmico del

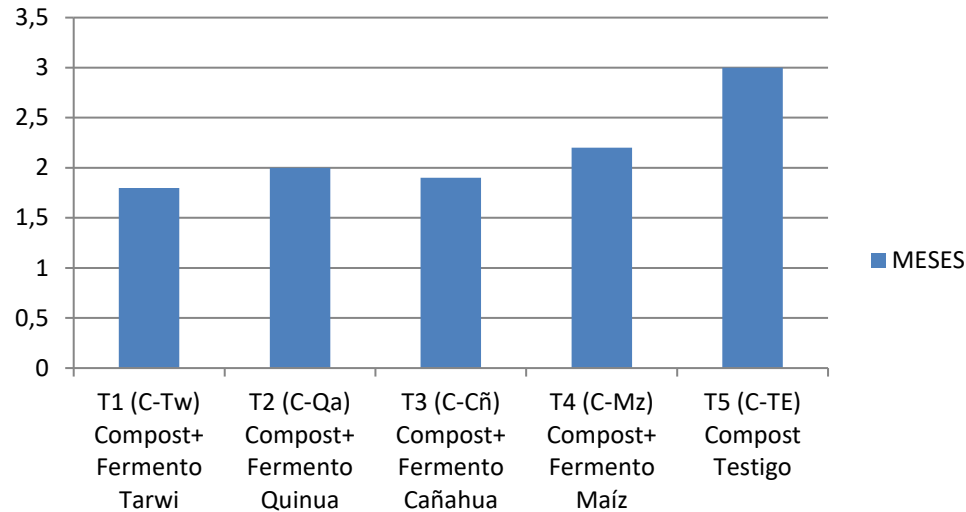


Figura 1. Tratamientos de Compost y Tiempo de Compostación.

Efecto de los Activadores Biológicos sobre la Temperatura del Compost

El comportamiento de la temperatura promedio durante el proceso de compostaje, en el período abril-junio 2018, fue similar en todos los tratamientos en los que se ensayaron los activadores biológicos, sin embargo el tratamiento testigo presentó un comportamiento diferenciado. Durante el proceso de compostación, se verificaron las cuatro fases térmicas de diferente duración y comportamiento, corroborando los hallazgos de investigaciones anteriormente (Chilon, 2011, 2013, 2014. 2016); una 1° fase inicial de corta duración, la 2° fase térmica que presenta los mayores valores de temperatura, la 3° fase de maduración con una disminución gradual de la temperatura, siendo de mayor tiempo, y 4° fase que corresponde a la estabilización de la compostación.

La mayor temperatura promedio se presentó en el tratamiento de compost con fermento de Tarwi (C-Tw) con 48°C, seguido del compost con fermento de Cañahua (C-Cñ) con una temperatura promedio de 46°C; luego con una temperatura de 45°C se ubicó el tratamiento de compost con fermento de quinua (C-Qa), el tratamiento de compost con fermento de maíz (C-Mz) presentó una temperatura de 42°C, finalmente el tratamiento testigo (C-TE) que presentó la menor

temperatura promedio máxima de 37°C, con un comportamiento térmico diferente, con una mayor duración de sus fases térmicas que no guardaron correspondencia con los tratamientos de compost con fermentos.

Los mayores valores de temperaturas promedio, de los tratamientos de compost con activadores biológicos, y su comportamiento térmico, están relacionados con el rol de los componentes biológicos (microorganismos y enzimas) sobre la intensificación de la compostación, con un trabajo de reforzamiento de la actividad de los microorganismos locales. Además, los microorganismos han desarrollado una mayor actividad biológica para contrarrestar los factores adversos del período frío, y las lluvias irregulares por el cambio climático, que se presentaron durante el período de ensayo.

Estas diferencias de temperatura y del comportamiento térmico, también fueron observadas en otros ensayos de compostaje con activadores biológicos, realizados en la región del Altiplano, Valles y Yungas de Bolivia (Cortez, 1998; Noriega, 2001; Sotomayor, 2000; Chilon, 2011, 2013, 2014, 2016; Ramírez, 2012; Toro, 2014; Romero, 2016). El detalle del comportamiento térmico por tratamientos de compost, se presenta en la figura 2.

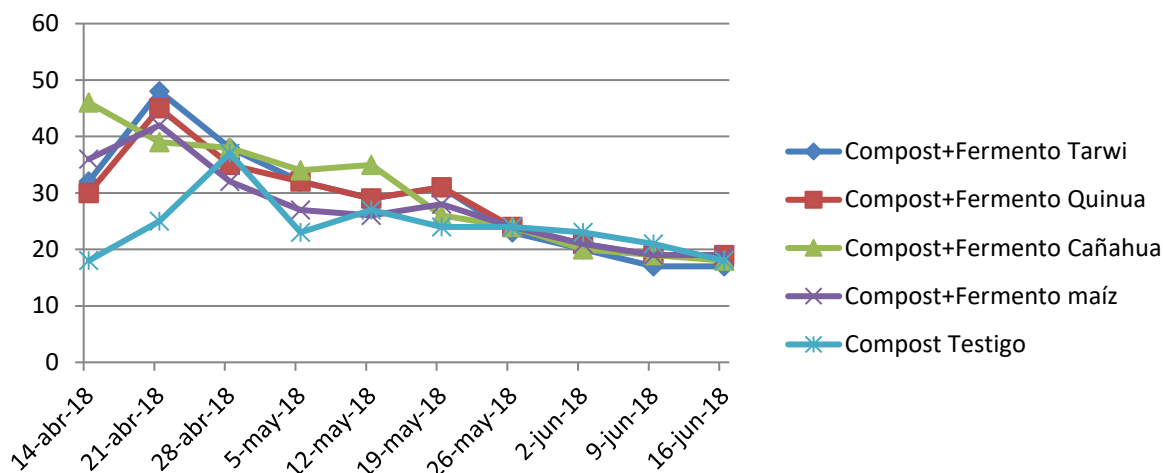


Figura 2. Temperaturas Promedio Tratamientos de Compost (abril-junio 2018).

Evaluación de las Características Físico - Químicas del Compost

Las características físico-químicas de los tratamientos de compost, se presenta en el cuadro 2, observándose que los tratamientos de compost con fermento de tarwi (C-Tw) y compost con fermento de quinua (C-Qa) presentan los mayores valores de porosidad con 73%, seguidos del compost con fermento de cañahua (C-Cñ) con una porosidad de 71%, luego el compost con fermento de maíz (C-Mz) con 69%, y el menor valor de porosidad se presenta en el compost testigo (C-TE) con 62% de porosidad, lo que evidencia el efecto benéfico de los microorganismos presentes en el compost.

Los contenidos de Carbón orgánico y de nitrógeno es superior en los tratamientos de compost con tarwi (C-Tw), compost con quinua (C-Qa), compost con cañahua (C-Cñ), y compost con activador de maíz (C-Mz), todos ellos superan al compost testigo (C-TE). Respecto a la relación Carbono/Nitrógeno los tratamientos de compost con activadores biológicos presentan valores de 12.7, 12.7, 12.3 y 14.3 respectivamente, lo que indica una buena humificación, en relación al tratamiento testigo que presenta 17.7 lo que indicaría un compost inmaduro. La reacción o pH en todos los tratamientos varía de ligeramente alcalina a alcalina, y la Conductividad

eléctrica presenta valores de 3345 a 5226 uS/cm, lo que indica de una ligera a una moderada salinidad; estos valores se deberían entre otros factores a la influencia de la ceniza utilizada como regulador del compost.

Sobre los resultados de los análisis químicos de laboratorio, es necesario tomar en cuenta que la caracterización del compost y de la materia orgánica del suelo, en base a estas determinaciones químicas, es solo parcial porque se coincide al compost y a la materia orgánica del suelo, como algo inerte y solo como una fuente de nutrientes inorgánicos, similar a un fertilizante químico; todo lo contrario, porque el compost es un “ente vivo” igual que el suelo, y gracias a la actividad de los microorganismos evoluciona, se desarrolla, transforma, madura y puede morir junto con el suelo.

Como una alternativa, frente a las limitaciones del análisis del laboratorio químico convencional, para determinar la calidad del compost, se cuenta con la evaluación cromatográfica, y la caracterización general de microorganismos del compost “in situ”, siendo métodos que nos acerca más a la realidad, porque permite el seguimiento de la evolución del compost, de la desintegración y descomposición de la materia orgánica, en sus diferentes componentes y la detección de diferentes sustancias intermedias.



Tabla 2. Resultados de Análisis Físico y Químico de Tratamientos de Compost.

N°	PARAMETRO	TRATAMIENTOS				
		T1 (C-Tw) Compost + Fermento Tarwi	T2 (C-Qa) Compost + Fermento Quinua	T3 (C-Cñ) Compost + Fermento Cañahua	T4 (C-Mz) Compost + Fermento Maíz	T5 (C-TE) Compost Testigo
1 *	Densidad Aparente (gr/cc)	0.55	0.58	0.60	0.63	0.72
2 *	Densidad Real (gr/cc)	1.98	2.1	2.09	2.0	1.9
3 *	% Porosidad	73%	73%	71%	69%	62%
4 *	% Materia orgánica	42.3%	39.1%	40.0%	46.4%	44.3%
5 **	% Carbono Orgánica	24.16	22.67	23.20	26.91	26.69
6 **	% Nitrógeno Total	1.89	1.78	1.88	1.88	1.45
7 *	Relación C/N	12.7	12.7	12.3	14.3	18.4
8 *	pH agua (1:5)	7.9	7.8	7.2	8.2	7.7
9 *	C.E. (1:5) (uS/cm)	3492	4140	3345	4825	5226

(*) Laboratorio de Biofertilidad de Suelos, Carrera de Agronomía-UMSA (2018).

(**) Laboratorio de Calidad Ambiental, Instituto de Ecología-UMSA, La Paz. (2018).

Evaluación de la Calidad del Compost

La evaluación de la calidad del compost, se realizó mediante el análisis cromatográfico de Pfeifer, y la caracterización general de los microorganismos, mediante la captura “in situ”. Reconociéndose tres grupos: compost de alta calidad, compost de mediana calidad, y compost de baja calidad. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

Evaluación Cromatográfica³ del compost

- **Compost de buena calidad:** Comprende los tratamientos de compost con fermento de quinua (C-Qa), compost con fermento de Cañahua (C-Cñ) y compost con fermento de tarwi (C-Tw); el análisis cromatográfico establece una intensa actividad microbiológica, posiblemente para contrarrestar los factores adversos del período frío y la lluvia irregular ocurrida, con una integración orgánica y mineral, con buen contenido de compuestos orgánicos. Se verificó el efecto benéfico de los fermentos de quinua,

cañahua y tarwi en la descomposición y humificación. La correlación de los parámetros de laboratorio y de la evaluación cromatográfica, establece que los compost de este grupo, son abonos orgánicos de buena calidad, caracterizados por una relación Carbono/Nitrógeno < 13.

- **Compost de mediana calidad:** Corresponde al tratamiento de compost con fermento de maíz (C-Mz), su cromatograma verifica la actividad de los microorganismos, para sobreponerse a las condiciones adversas del período frío y de las lluvias irregulares, con una limitada a moderada integración entre compuestos orgánicos y minerales; resultados que evidencian un compost de desarrollo moderado. La correlación de los parámetros de laboratorio y de la evaluación cromatográfica, establece que este compost es de calidad media, presentando una relación Carbono/Nitrógeno de 14.3.

³ La Materia de Fertilidad de Suelos de la Carrera de Agronomía de la UMSA, como parte de su programa de enseñanza e

investigación universitaria, desarrolla la práctica de “Biofertilidad y Cromatografía de suelos y abonos orgánicos”, que se viene aplicando en investigaciones y tesis.

- **Compost de baja calidad:** Comprende el Compost Testigo sin activador (C-TE), la evaluación de su Cromatograma, verifica un moderado trabajo por parte de los microorganismos, para sobreponerse a la influencia de los factores ambientales adversos, con poca integración entre los componentes minerales y orgánicos, señal de una

descomposición y compostación incompleta; se verifica una lenta descomposición y poco desarrollo. La correlación con los parámetros de laboratorio y de la evaluación cromatográfica, establece que este compost testigo corresponde a un abono orgánico inmaduro y poco desarrollado, con una relación Carbono/Nitrógeno de 18,4.



Cromatograma 1: Tratamiento C-Tw (compost+ fermento de Tarwi)



Cromatograma 2: Tratamiento C-Qa (compost+ fermento de Quinua)



Cromatograma 3: Tratamiento C-Cñ (compost+ fermento de Cañahua)



Cromatograma 4: Tratamiento C-Mz (compost + Fermento Maíz)

Figura 3. Cromatogramas de los tratamientos de compost.

Caracterización general de los Microorganismos del compost mediante la técnica de captura “in situ”⁴ y descripción con microscopía óptica

La evaluación de la calidad del compost, mediante la caracterización general de los microorganismos presentes en el compost, se realizó mediante la captura “in situ” de los microorganismos, y con

⁴ La evaluación de la calidad del compost, mediante la caracterización general de los microorganismos del compost, se realizó con participación de los estudiantes del Módulo de

Agricultura Orgánica, de la Maestría en Producción Vegetal, de la Facultad de Agronomía-UMSA.

observación mediante microscopía óptica en laboratorio.

Las características visuales observadas en los vasos colectores, de la Unidades de formación de colonias de microorganismos, su color, densidad, estructuras, aspecto y formas permitió una primera aproximación a la actividad y presencia de microorganismos benéficos y maléficos en los tratamientos de compost. Además de establecer las condiciones del manejo con volteos adecuados para la aireación, humedad adecuada, control de pH y las medidas de protección de la pila de compost ante las lluvias irregulares e impredecibles provocadas por el cambio climático.

La caracterización general de los microorganismos mediante microscopía óptica, arrojó los siguientes resultados: Compost con activador fermento de tarwi (C-Tw), alta actividad de la microbiota, con presencia de microorganismos benéficos bacterias, diplococus y actinomicetos (coloración blanquesina), también trichoderma, correspondiendo a un compost de buena calidad. Compost con activador fermento cañahua (C-Cñ), presencia de microorganismos benéficos, trichoderma y diplococus de bacterias, correspondiendo a un compost de buena calidad. Compost con activador fermento de Quinoa (C-Qa), presencia de microorganismos benéficos, también corresponde a un compost de buena calidad. Compost con activador fermento de maíz (C-Mz), presencia de microorganismos benéficos, pero también presencia de trazas de fusarium (coloraciones rojizas), que indicó el requerimiento de un mayor cuidado en el manejo y mayor tiempo de compostación, correspondiendo a un compost de mediana calidad. Compost testigo (C-TE), regular presencia de microorganismos benéficos, con presencia de trazas de rhizoctonia (coloraciones oscuras) y fusarium (coloraciones rojizas), correspondiendo a un compost de mala calidad.

Estos resultados establecen que la calidad del compost, está relacionada entre otros factores con el estado y actividad de la microbiota y la presencia de microorganismos benéficos, con el tipo de material

orgánico utilizado, con el tipo de activadores biológicos locales, con una frecuencia adecuada de volteos, con la regulación del pH, el control riguroso de la humedad. Los hallazgos obtenidos con la investigación verifican la necesidad de una determinación estricta de la calidad del compost, para evitar riesgos de daños a los suelos agrícolas y los de la soberanía alimentaria.

CONCLUSIONES

La evaluación del tiempo de duración de la compostación, durante el período abril-junio 2018, verifica que los tratamientos de compost con activadores biológicos locales, fermento de tarwi (C-Tw), fermento de quinua (C-Qa), fermento de cañahua (C-Cñ) y fermento de maíz (C-Mz), presentaron un menor tiempo de compostación, en relación al tratamiento testigo, comprobándose la efectividad del método de compostaje altoandino, y de su mecanismo de “activación biológica”, que intensificó el proceso microbiológico de compostación.

La evaluación del comportamiento térmico durante el proceso de compostaje altoandino, estableció que las condiciones ambientales del período abril-junio 2018, influyeron sobre el comportamiento térmico de los tratamientos, presentando una relación térmica directa con mayores temperaturas promedios en los tratamientos de compost con fermentos de quinua, cañahua, tarwi y maíz, y menores temperaturas en el tratamiento testigo.

La evaluación del efecto de los activadores biológicos locales, sobre las características físicas y químicas del compost, establecen mejores características en relación al tratamiento testigo. Pero se observó que la caracterización del compost, en base a las determinaciones químicas de laboratorio, son solo parciales porque consideran al compost y a la materia orgánica del suelo, como algo inerte y solo como una fuente de nutrientes inorgánicos, similar a un fertilizante químico; sin embargo el compost es un “ente vivo” igual que el suelo, y gracias a la

microbiota evoluciona, se desarrolla, transforma, madura y puede morir, por lo que se hace necesario ajustar y adecuar los métodos de análisis de laboratorio, o crear nuevos métodos de análisis de los abonos orgánicos.

La evaluación cromatográfica de la calidad del compost, y su relación con los análisis físicos y químicos permitió caracterizar y definir tres grupos de comportamiento y características similares: Grupo Compost de buena calidad y de desarrollo rápido que comprende los tratamientos compost con activador fermento de quinoa (C-Qa), compost con fermento de cañahua (C-Cñ) y compost con fermento de tarwi (C-Tw). Grupo Compost de desarrollo moderado y de calidad regular que incluye al tratamiento compost con fermento de maíz (C-Mz). El grupo de Compost inmaduro y de menor calidad corresponde al tratamiento compost Testigo (C-TE), verificándose la influencia positiva de los activadores biológicos locales, sobre la actividad de la microbiota y la calidad del compost.

La evaluación de la calidad del compost, con la caracterización de los microorganismos capturados “in situ”, en los tratamientos de compost, estableció una relación directa entre el grupo de compost de buena calidad (C-Qa, C-Cñ, C-Tw) y la actividad y estado de la microbiota, compuesta por microorganismos benéficos bacterias, actinomicetos, trichoderma; en el grupo de compost de calidad media (C-Mz) se presentaron trazas de fusarium, y el compost testigo se presentaron trazas de rhizoctonia y fusarium, posiblemente debido a un mal manejo de la humedad, lo que verifica la necesidad de un buen manejo durante el proceso de compostación.

RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta la necesidad de verificar la calidad y estado del compost, se recomienda utilizar la cromatografía Pfeiffer, y la caracterización general de microorganismos mediante microscopía óptica, por ser métodos que son accesibles a los investigadores.

Se recomienda el control de la calidad del compost, para garantizar el uso de un abono orgánico libre de patógenos, y posibilitar la recuperación y conservación de la fertilidad de los suelos, y que las plantas puedan aprovechar las sustancias alimenticias biosintetizadas, y los nutrientes disponibles.

Para obtener un compost de buena calidad, se recomienda utilizar materia prima y sustratos orgánicos libres de contaminantes, garantizando que el abono orgánico resultante presente una mayor riqueza en sustancias biosintetizadas y microorganismos, con potencialidades para mejorar y conservar la fertilidad de los suelos y biorrecuperar suelos contaminados por hidrocarburos.

El inconveniente de utilizar materia prima orgánica con presencia de contaminantes, caso los desechos de la agroindustria y desechos orgánicos urbanos, es que se genera un compost de mala calidad, pobre en sustancias biosintetizadas, y en este caso el compost sirve solo para el manejo de residuos sólidos y no para la recuperación de la fertilidad de suelos agrícolas.

Se recomienda continuar con el estudio del efecto de activadores biológicos locales sobre las características del compost, en cada región y ecosistema del país, prescindiéndose de productos químicos y activadores sintéticos, porque en algunos casos se ha intentado activar el proceso de compostaje añadiendo fertilizantes químicos, como la urea y el nitrato de amonio, con resultados desastrosos, porque los fertilizantes sintéticos son sales químicas, que al disolverse incrementan la conductividad eléctrica, con el efecto inmediato de incremento de la presión osmótica, plasmólisis y muerte de los microorganismos.

Se recomienda fortalecer al “Centro de Biofertilidad y Agricultura Orgánica” de la Carrera de Agronomía de la UMSA, que posibilite la formación de recursos humanos especialistas en la elaboración, uso y control de la calidad de los abonos orgánicos.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación, se realizó con la participación de los estudiantes de la materia de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal, Semestre 1º/2018, de la Carrera de Agronomía, de la Universidad Mayor de San Andrés. A quienes se agradece su participación comprometida con los objetivos del trabajo de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cortez, Julio. (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, Eduardo. (2010). *Compostaje altoandino, alimento al suelo vivo y cambio climático*, reporte investigación publicado en CienciAgro Vol.2, No. 1(2010) 221-227, Junio 2010. www.ibepa.org.
- Chilon, Eduardo. (2011). *Compostaje altoandino, seguridad alimentaria y cambio climático*. reporte investigación publicado en CienciAgro Vol.2, No. 2(2011) 261-268, Julio 2011. www.ibepa.org.
- Chilon, Eduardo. (2013). *El Compost altoandino como sustento de la Fertilidad del suelo frente al cambio climático*. reporte investigación publicado en CienciAgro (2013) 2(4): 456-468, Agosto 2013. www.ibepa.org.
- Chilon, Eduardo. (2013). "Cromatografía aplicada a la evaluación del estado de salud del suelo y calidad de abonos orgánicos", Guía de prácticas, cátedra Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal. Facultad de Agronomía UMSA, La Paz-Bolivia
- Chilon, Jhoselyne. (2014) "Determinación cromatográfica, de la actividad microbiana del compost altoandino CA-TB2g y de suelos contaminados con hidrocarburos". Informe de investigación, BIORECSA, La Paz-Bolivia.
- Martínez-Nieto, P. (2004). "Evaluación de un inóculo microbiano en un proceso de compostaje con *Eichhornia crassipes* y *Eigeria densa*, presentes en la laguna de Fúquene". Informe final, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, Bogotá Colombia.
- Noriega, Yumey. (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.
- Primavesi, Ana (1984) "Manejo Ecológico del suelo". Quinta edición, Edit. El Ateneo, Buenos Aires, Argentina.
- Ramírez, Romer (2012) "Evaluación de dos tipos de material vegetal, con el uso de bioactivadores sobre la calidad del compost", Tesis de Ingeniero Agrónomo, Carrera de Agronomía, Universidad Católica Boliviana, UAC Tiahuanaco. La Paz-Bolivia.
- Romero, Víctor (2017) "Evaluación de las propiedades del compost elaborado en base al uso de activadores biológicos locales en los Yungas de La Paz", Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, UMSA, La Paz, Bolivia.
- Sotomayor, Carmen. (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.
- Torres, Dulio (2003) "El papel de los microorganismos en la biodegradación de compuestos tóxicos". Facultad de Agronomía, Postgrado Ciencias del Suelo. Universidad Central de Venezuela, Maracay (Aragua), Venezuela.

Efecto de activadores biológicos locales sobre la microbiota y la calidad del compost en el Centro Experimental de Cota Cota, periodo abril-junio 2018.

Toro, Félix. (2014) “Efecto de cuatro tipos de activadores biológicos locales en la calidad de compost en la Comunidad de Corpa Municipio

Tiahuanaco provincia Ingavi Departamento de La Paz”. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, UMSA, La Paz, Bolivia.

ANEXOS



Figura 4. Estudiantes de la Materia de Fertilidad de Suelos de la Carrera de Agronomía UMSA, preparando los sustratos orgánicos para la elaboración del compost (2018).



Figura 5. Establecimiento de la Pila de compost elaborado con materiales locales.



Figura 6. Pila de Compost y su protección para evitar exceso de humedad por lluvias.



Figura 7. El manejo adecuado es importante para la obtención de un compost de calidad, con volteos oportunos, control de la humedad y la regulación del pH.



Figura 8. Proceso de cosecha del compost, mediante el tamizado, embolsado y pesado del abono orgánico.



Figura 9. Estudiantes Universitarios de la Materia de Fertilidad del suelo, con el método de “aprender-haciendo”, culminando la cosecha del abono orgánico compost.



Figura 10. Maestranes del Módulo de Agricultura orgánica, de la Maestría en Producción Vegetal de la Facultad de Agronomía UMSA, proceden a la captura “in situ” de los microorganismos del compost



Figura 11. Maestranes en el laboratorio, realizan la caracterización y reconocimiento general de los microorganismos presentes en los diferentes tratamientos del compost