



Heurística del compost Altoandino, hallazgos científicos y su contribución al paradigma “Suelo Vivo”

Heuristic of Altoandino compost, scientific findings and its contribution to the "Living Soil" paradigm

Eduardo Chilon Camacho

RESUMEN:

El compost y el suelo, como “entes vivos”, manifiestan y expresan su actividad vital a través de varios procesos, destacando la homeostasis, autopoiesis, manifestación consciential, su metabolismo y biosíntesis microbial, y sus requerimientos de “alimento”. Estos hallazgos científicos, han sido posible gracias a la heuristic del compost altoandino, análoga al “suelo vivo”, que contribuye y fundamenta al Paradigma “Suelo Vivo”, verificando que los grupos y consorcios de la microbiota, que son el suelo mismo, actúan como parte de una inmensa y ordenada factoría biológica, llevando a cabo actividades específicas, secuenciales complementarias, sinérgicas y simbióticas, que permiten el mantenimiento y reproducción de la vida, requiriendo de “alimentos” de buena calidad y libre de contaminantes. Por sus características el compost altoandino y sus derivados caso del abono orgánico líquido aeróbico AOL, ofrecen un alto potencial para la agricultura, la biotecnología, la salud y la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos. Además los resultados del compost altoandino, con una investigación continua de dos décadas, confirman que se puede hacer ciencia en la adversidad, y con pocos recursos, teniendo a la comunidad rural y al campo a cielo abierto como el laboratorio natural de estudio, y que con el uso de medios accesibles, se puede superar las limitaciones, frente a las presuntas ventajas que ofrecen los métodos y laboratorios científicos de última generación, que son costosos y difíciles de acceder.

PALABRAS CLAVES:

Agricultura orgánica, compost, abonos orgánicos, recuperación de suelos degradados, microorganismos del suelo, fertilidad de suelos agrícolas, producción ecológica, Paradigma “suelo “vivo”, biorremediación de suelos, adaptación al cambio climático en la agricultura.

ABSTRACT:

Compost and soil, as "living entities", manifest and express their vital activity through various processes, highlighting homeostasis, autopoiesis, consciousness, metabolism and microbial biosynthesis, and their "food" requirements. These scientific findings have been possible thanks to the heuristic of the high Andean compost, analogous to the "living soil", which contributes and bases the Paradigm "Living Soil", verifying that the groups and consortiums of the microbiota, which are the soil itself, act as part of an immense and orderly biological factory, carrying out specific activities, sequential complementary, synergistic and symbiotic, allowing the maintenance and reproduction of life, requiring good quality "food" and free of contaminants. Due to its characteristics, the high-andean compost and its derivatives, in the case of the AOL liquid organic fertilizer, offer a high potential for agriculture, biotechnology, health and the bioremediation of soils contaminated with hydrocarbons. In addition, the results of high Andean compost, with a continuous research of two decades, confirm that science can be done in adversity, and with few resources, having the rural community and the open field as the natural laboratory of study, and that With the use of accessible means, limitations can be overcome, given the supposed advantages offered by the latest-generation scientific methods and laboratories, which are expensive and difficult to access.

KEYWORDS:

Organic agriculture, compost, organic fertilizers, recovery of degraded soils, soil microorganisms, fertility of agricultural soils, ecological production, living "soil" paradigm, soil bioremediation, adaptation to climate change in agriculture.

AUTOR:

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

Recibido 15/06/2018. Aprobado: 31/07/2018.



DOI: <https://doi.org/10.53287/erpb8672kp61x>

INTRODUCCIÓN

¿Qué alternativas se tiene frente a los daños de la revolución verde?, ¿Cómo recuperar la fertilidad y la capacidad productiva de los suelos agrícolas?, ¿Qué representa los abonos orgánicos para la vida del suelo?, ¿Cuáles son las diferencias entre el compost para la agricultura y el compost del manejo de

residuos sólidos?, ¿Por qué es importante conocer la calidad de los abonos orgánicos? Ensayar una respuesta a esta y otras interrogantes en el contexto actual de un modelo agrario y económico hegemónico mundial, de severos efectos del cambio climático sobre la agricultura, de los intereses de la agroexportación, y de los procesos político que vive los países andinos y particularmente Bolivia, resulta

complicado porque la influencia de las tensiones que ha generado la globalización mundial, han determinado el posicionamiento de tendencias que son el reflejo del debate y la lucha de los países en vías de desarrollo frente a la posición hegemónica de los países capitalistas desarrollados. La Heurística¹ del compost altoandino, sus hallazgos científicos y su contribución a un nuevo paradigma, ofrece la posibilidad de ensayar respuestas a las interrogantes propuestas.

Línea Tiempo-Espacio de la Investigación-acción del Compost Altoandino Análoga al “Suelo vivo”

La *epistemología* histórica de la experimentación del compost altoandino, verifica que el compost y el compostaje no son una técnica nueva de elaboración de abonos orgánicos, se práctica desde hace mucho tiempo en diversos lugares del mundo, pero en el caso de la zona altoandina de Bolivia, se presentan cuestiones que no están definitivamente resueltas que tienen que ver con el excesivo tiempo de obtención del compost, con su calidad y efectividad como abono orgánico.

A pesar de las numerosas y variadas experiencias, a nivel nacional, regional y mundial, también se presentan cuestiones hasta ahora no resueltas por los científicos e investigadores del mundo moderno; se hace referencia a la preocupación (citado en Sciences and Engineering of Composting 1992) del profesor Stentiford de la Universidad de Leeds, Reino Unido, que señala “... *Lo asombroso en relación con los sistemas de compostaje, es que después de 60 años de investigación sobre este proceso, somos todavía incapaces de especificar las condiciones de operación de la planta que conduzcan al producto final deseado...*”. Más de 20 años después el problema central sigue siendo el mismo.

En un contexto caracterizado por el complejo problema del cambio climático global, de la crisis

económica mundial, de la afectación de la agricultura por la “revolución verde”, por la agroexportación y el comercio mundial de alimentos a manos de las transnacionales, como una contribución al conocimiento sobre el suelo como “ente vivo”, y encontrar respuestas a las interrogantes sobre el compost, se diseñó y llevó a cabo la investigación-acción sobre el compost altoandino, planteando como objetivo estratégico de alcance nacional, regional y mundial, la alternativa de elaboración del compost altoandino y su aplicación a los suelos agrícolas, como una medida de recuperación y conservación de la fertilidad de los suelos agrícolas, y de adaptación frente al cambio climático global.

La investigación del compost altoandino se inició el año 1997, en Comunidades originarias andinas del altiplano boliviano, dedicadas a la crianza de camélidos, bovinos, ovinos, la producción de forrajes de avena y cebada, y una producción agrícola tradicional de tubérculos y granos andinos, correspondientes al Municipio de Tiwanaku, ubicadas a altitudes entre 3.800 y 4.200 metros s.n.m. que en condiciones normales presentan temperaturas promedio de 8°C, máximas de 18°C y mínimas de -10°C; una precipitación promedio de 350 a 500 mm/año. Estos valores climáticos han variado significativamente, como consecuencia de los efectos del cambio climático.

La investigación-acción se centralizó en la Comunidad Achuta Grande del Municipio de Tiwanaku, sede de la Unidad Académica Campesina Tiwanaku (UAC-Tiwanaku), ensayándose una modalidad de compostaje similar al método clásico Indore (citado por Felipe Morales, 1985), requiriéndose más de 11 meses para la obtención del compost en el altiplano boliviano; si bien este abono orgánico aplicado al suelo permitió buenas cosechas en los cultivos ensayados, y en el mejoramiento de las propiedades del suelo. Sin embargo, el reto y

encontrar respuestas a las interrogantes sobre sus procesos vitales, mediante la investigación-acción del compost altoandino, y a partir de ello la invención de nuevos abonos orgánicos caso del AOL (abono orgánico líquido aeróbico).

¹ La Heurística como metodología científica, a través de sus principios de analogía y modelización, de sus reglas de separar lo dado de lo buscado, y de sus estrategias científica, facilita la búsqueda de soluciones de problemas complejos (Beuchot, M. 1999). En el caso del “suelo vivo”, la heurística analógica facilitó

exigencias que plantearon las familias campesinas de la zona, por factores de optimización de tiempo y economía familiar, fue disminuir el tiempo de compostación sin afectar la calidad del abono final.

Para cumplir con este propósito, en el período 1998-1999, se estudió y comparó diversas fuentes de investigación, los aportes de los métodos convencionales (conocimiento occidental) y aquellos de la tradición milenaria de los pueblos altoandinos de América del sur (conocimiento no occidental andino), y se experimentó diversas modalidades de compostaje, extendiendo la investigación a otras comunidades. En el segundo período 2000-2004, se experimentó la forma de acelerar el tiempo de compostación, sin perder la calidad del mismo, estudiando el efecto de diversos activadores biológicos locales, inicialmente con yogurt y levadura, disminuyendo el tiempo de compostación de 11 meses a 6 meses; posteriormente ajustando y estandarizando el método de compostaje altoandino, a campo abierto, incluyendo los fermentos de granos locales andinos tarwi, quinua y cañahua, para lo cual se tomó en cuenta antecedentes históricos de la Etnobiotecnología andina², se logró un compost de buena calidad, a campo abierto en un tiempo menor a los 2 meses, bajo las condiciones agroclimáticas rigurosas y contrastantes del altiplano.

Con estos resultados, en el tercer período 2005-2008, se replicó la experiencia en Comunidades de Valle y Yungas, y además se dio inició la transferencia de la metodología del compostaje altoandino, en alianza con el proyecto PROMARENA, a las comunidades campesinas de intervención del proyecto en Municipios rurales de La Paz, continuándose la investigación, sobre el efecto de materiales locales, activadores biológicos y prácticas de manejo del compost, con la participación de las familias campesinas de las comunidades andinas.

En el período 2009-2011, bajo condiciones controladas a campo abierto, y con la participación de estudiantes universitarios de la Carrera de Agronomía de la UMSA, y de la UAC-Tiwanaku, mediante estudios de tesis se investigaron los efectos e influencia de la materia prima vegetal, tipos de estiércoles, período de volteo y aireación, tipo y dosis de activadores locales, cantidad de agua, y dosis de reguladores naturales, evaluándose el comportamiento térmico del compost, el tiempo de compostación, población de microorganismos, características físicas y químicas del compost final, y sus efectos sobre el rendimiento y calidad de cultivos alimenticios y sobre la recuperación de la fertilidad de los suelos.

En el período 2012 a 2014, se continuó con la investigación científica del compost, evaluando la evolución, la actividad microbiológica y el proceso metabólico de la compostación, tanto en comunidades campesinas del altiplano, valles y yungas de Bolivia, y en los campus de experimentación de las Universidades UAC-Tiwanaku, Carrera Agronomía UMSA, y la incorporación de la Universidad Indígena Boliviana Aymara Tupak Katari, con sede en Cuyahuani, con trabajos de investigación y tesis, probando los activadores biológicos elaborados con productos locales, y el enriquecimiento del compost con harina de rocas, caldo de humus de lombriz y efluentes líquidos orgánicos; también los efectos del compost sobre el rendimiento de cultivos y sobre las propiedades del suelo.

En el período 2015 a 2016, se continuó con la investigación, dando énfasis a la evaluación del grado de efectividad del método de compostaje altoandino, comparando las condiciones de los períodos frío y cálido del altiplano, versus las condiciones de valle y yungas, y el estudio de la calidad del compost, aplicando la técnica de la cromatografía de Pfeiffer, y la caracterización general de la microbiota mediante la captura “in situ” de microorganismos. Además se

² La propuesta de la Etnobiotecnología Andina, se basa en los saberes ancestrales, principalmente de los pueblos originarios, que utilizaron procesos biotecnológicos microbianos, para la

obtención de bebidas, fermentos o chicha, alimentos, biocidas naturales y abonos orgánicos (Chilon, 2016).

dio inició a la investigación sobre las potencialidades del compost como insumo biológico en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos y la obtención del abono orgánico líquido aeróbico (AOLA).

A finales del año 2016, se sentaron las bases para el estudio de las etapas más delicadas de la investigación y de largo aliento, que corresponde a la identificación y análisis genómico de los microorganismos y la caracterización de las sustancias intermedias biosintetizadas, presentes en el compost altoandino. A estas alturas del proceso de la investigación, se establece que el compost altoandino ofrece un alto potencial para la agricultura, la biotecnología, la agropecuaria, la salud y la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.

La investigación-acción sobre el compost altoandino, lleva dos décadas de trabajo continuo, sus hallazgos y resultados, confirman que se puede hacer ciencia en la adversidad, y con pocos recursos, teniendo a la comunidad rural y al campo a cielo abierto como el laboratorio natural de estudio³, y con el uso de medios e instrumentos accesibles como biotermómetros, microscopios, procesador estadístico, reactivos bioquímicos y otros medios, se puede superar las limitaciones, frente a las presuntas ventajas que ofrecen los métodos y laboratorios de última generación y las tecnologías “modernas” como la nanobiotecnología y la genómica, que son costosas y difíciles de acceder.

Los hallazgos científicos y empíricos de la investigación-acción del compost altoandino, fundamentan la Teoría de nuestro nuevo Paradigma “suelo vivo”, y establecen el sustento de la metateoría del “alimento al suelo vivo”.

Principales Resultados y Hallazgos de la Investigación-acción del Compost Altoandino Análoga al “Suelo vivo”

³ El proyecto de investigación-acción del Compost Altoandino, se presentó a varios Organismos de Cooperación y Financiamiento, en todas fue rechazado, posiblemente porque no responde al enfoque occidental de la “revolución verde”.

La investigación-acción del compost altoandino, por su analogía y similitud con el suelo, ha permitido bajo las condiciones climáticas rigurosas del altiplano, el estudio de los procesos de descomposición y transformación de la materia orgánica, la evaluación de la transformación de diferentes sustratos orgánicos, diversas modalidades de compostación y el efecto de fermentos o activadores biológicos locales, además de lograr y validar un método estandarizado de compostación denominado “compostaje altoandino”, la obtención de diversos tipos de compost, como el compost enriquecido con harina de rocas, el compost fortalecido con caldo de humus de lombriz, y el abono orgánico líquido aeróbico AOLA.

La experimentación del compost altoandino permitió constatar empíricamente, que el suelo como “sistema vivo”, es un sistema abierto y requiere “alimentarse” con alimentos orgánicos adecuados, para asegurar un flujo continuo de energía y materia, y seguir vivo, a diferencia de un sistema cerrado que se encuentra lejos de un equilibrio. Por lo tanto el “suelo vivo” no es una suma de sólidos, líquidos y materia orgánica, sino que es todo un organismo y una comunidad, que conserva su balance térmico y dinámico en un estado estable.

Con la heurística del compost, análoga al “suelo vivo”, se verifica y demuestra que el “Suelo vivo”, manifiesta y expresa su actividad vital a través de varios procesos, destacando los procesos de homeostasis, autopoiesis, manifestación consciential, su metabolismo y biosíntesis microbial, y sus requerimientos de “alimento”, que a continuación se explican.

- **La Autorregulación Térmica como manifestación de la Homeostasis⁴ del compost análoga al “Suelo vivo”**

⁴ La Homeostasis es la capacidad de un organismo de mantener una condición interna en equilibrio y estable; el “suelo vivo” siendo un organismo complejo y dinámico a través de su homeostasis, se

Desde el inicio del proceso de compostaje, se intensifica la actividad de su microbiota, se incrementa la temperatura, y se observan diversas etapas de transformación y cambio, generadas por la actividad de numerosos consorcios de microorganismos, verificándose cuatro fases térmicas de diferente duración y comportamiento, una 1° fase inicial de corta duración, una 2° fase térmica que presenta los mayores valores de temperatura, la 3° fase de maduración de mayor tiempo que manifiesta una disminución gradual de la temperatura, y la 4° fase terminal que corresponde a la estabilización del proceso de compostación. Se evidencia que en cada fase del proceso microbiológico de descomposición y transformación de la materia orgánica, análoga al proceso de descomposición de la materia orgánica en el suelo, la temperatura se autorregula por *homeostasis*, y puede variar en función de la actividad de los diversos microorganismos.

Estas fases del proceso de descomposición y transformación microbiológica del compost, análoga al “suelo vivo”, son autorregulados, y pueden ser intensos, lentos o interrumpirse por *homeostasis*, dependiendo de las condiciones ambientales, físicas y bioquímicas al momento de la compostación. La influencia de las condiciones ambientales de los períodos frío y cálido del altiplano, son notorios sobre los tratamientos testigo, que presentan un mayor tiempo de duración de la compostación en comparación con los tratamientos de compost con activadores biológicos locales, lo que establece el rol benéfico de los fermentos elaborados con granos andinos⁵ de tarwi, quinua, cañahua, maíz, en la activación microbiológica del compost.

Durante las cuatro fases del compostaje altoandino se biosintetizan varias sustancias intermedias, tales como compuestos complejos, enzimas, proteínas,

mantiene en perfecto equilibrio, mediante el intercambio regulado de energía y materia y de otros mecanismos de autorregulación. El término Homeostasis fue propuesto en 1929, por el fisiólogo estadounidense Walter Bradford Cannon.

⁵ La orientación y filosofía del compost altoandino, es utilizar estrictamente insumos y materiales locales, por esta razón en la región sub tropical de los Yungas, se utiliza como activadores

ácidos húmicos, fenoles, alcoholes, hormonas, vitaminas, sustancias mucilaginosas, productos intermedios como ácidos poliurónicos y otras sustancias que influyen en las propiedades y la fertilidad del suelo, en la nutrición vegetal y sobre la vida misma del planeta tierra.

- **Expresión de la *Autopoiesis*⁶ del compost análogo al “Suelo vivo”**

El “suelo vivo” es una red de micro ecosistemas, una construcción biológica cuya atmósfera ha sido producida, mantenida, equilibrada y transformada por los procesos metabólicos del suelo, y en este universo de conexiones los microorganismos juegan un rol fundamental, al constituirse no sólo en parte del mismo, sino que son el suelo mismo. En las diversas etapas de la compostación, se observan cambios dinámicos, tanto en el “metabolismo microbial” del alimento orgánico, como en la *autopoiesis* que se refleja en la actividad de los numerosos consorcios de microorganismos, que trabajan en equipo como en una línea de montaje de una fábrica, y que llevan a cabo diversas etapas del proceso de transformación biológica, de la materia orgánica.

Son necesarias condiciones favorables de humedad, oxígeno, ausencia de venenos y contaminantes, y la provisión adecuada de “alimentos orgánicos”, para permitir la reproducción y regeneración equilibrada de los microorganismos; estableciéndose que sin “alimento orgánico” disponible en calidad y cantidad suficientes, no hay *autopoiesis* en el suelo. Por lo tanto, la provisión adecuada de “alimento orgánico” al suelo, determina la tasa y equilibrio de reproducción de los microorganismos, conociéndose que en un período de 30 minutos a dos horas se forma una nueva generación de microorganismos, y en un día pueden originarse de 12 a 48 nuevas generaciones

biológicos en la elaboración del compost fermentos de mango, plátano, cítricos o yuca.

⁶ La *Autopoiesis*, es la capacidad de los sistemas vivos de reproducirse y regenerarse continuamente, y mantenerse por sí mismo; es una palabra que proviene de dos términos griegos *auto*: mismo, y *poiein*: hacer, y es un término acuñado por los biólogos chilenos Humberto Maturana y Francisco Varela (1973).

de microorganismos; por lo que se establece que estos microrganismos no son parte del suelo, sino que son el suelo mismo.

El proceso de compostación, análogo al “Suelo vivo”, refleja los procesos de cambio y transformación biológica que ocurren en el “suelo vivo”, además se verifica que el compost final, es similar a un “alimento orgánico”, bien “cocinado” y preparado, que va a ser aprovechado biológicamente por el suelo, que a su vez le permite mantenerse por sí mismo. Pero además, una vez satisfecha sus necesidades, el suelo, por su manifestación *consciencial*, guarda como reserva parte del abono orgánico, para ser aprovechado en el futuro. El aprovechamiento de esta reserva orgánica en la siguiente campaña agrícola, en términos agronómicos se conoce como efecto residual del abonamiento orgánico.

- **Manifestación *Consciencial*⁷ del compost análoga al “Suelo Vivo”**

La manifestación *consciencial* del “Suelo vivo”, se hace ostensible en la reacción y comportamiento de los microorganismos del suelo -que son el suelo mismo-, que manifiestan cierta “*consciencia*” de lo que ocurre a su alrededor, de los peligros que los amenaza y de la activación de sus mecanismos de defensa para contrarrestarlos, respondiendo y defendiéndose hasta donde su capacidad y resistencia lo permitan.

Los hallazgos de la experimentación del compost altoandino, análoga al “Suelo vivo”, evidencian esta capacidad *consciencial*, por ejemplo, cuando se añadió intencionalmente una cantidad apreciable del fertilizante urea (sal química) a las pilas de compost, se esperaba su disolución y mezcla con la masa del compost, sin embargo lo que se observó es la concentración de la urea en la superficie del compost,

como si una fuerza lo mantuviera como una costra sólida impidiendo su disolución.

Con lo que se intuye que la población de microorganismos toma “*consciencia*”, del peligro del efecto de las sales y mediante la activación de sus mecanismos de autodefensa, como la quelación biológica, lo encapsulan y lo convierten en una costra insoluble, neutralizando el efecto de plasmólisis de las sales. Lo mismo ocurrió cuando se aplicó una sal más concentrada como el caso del ClNa (Sal común), al compost que fue insolabilizada y transformada en una costra blanquecina insoluble, no permitiendo su disolución.

Otra evidencia empírica, de la manifestación de la “*consciencia*” del “Suelo vivo”, ocurre en los suelos muy ácidos, donde hay un alto peligro de toxicidad del aluminio, los microorganismos (caso del *Bacillus subtilis*), biosintetiza una enzima específica que permite un “encalamiento biológico”, a nivel de rizósfera, neutralizando la acción tóxica del aluminio; esto entre otros factores, explicaría la exuberante vegetación presente en suelos extremadamente ácidos de las zonas húmedas tropicales.

En el caso de los suelos tropicales extremadamente ácidos, donde crecen y se desarrollan plantas como la coca (*Erythroxylum coca*), caracterizados por ser suelos de baja fertilidad y con problemas de aluminio intercambiable, que es tóxico para la mayoría de los cultivos; este elemento es neutralizado por la manifestación *consciencial* del suelo que activa sus mecanismos de autodefensa, como la micorrización hongo-raíz (Salm, 1990), el bioencalamiento y la biosíntesis de sustancias orgánicas como enzimas y hormonas, que neutralizan al aluminio y protegen a la planta.

Otro caso, es el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa wild*) de la zona andina, que crece y prospera

⁷ La *Consciencia* del “suelo vivo”, se entiende como la “*consciencia*” de los microorganismos que son el suelo mismo, y que se manifiesta como la capacidad del “suelo vivo”, de reconocer lo que ocurre a su alrededor, y de ser “*conscientes*” de los peligros (agrotóxicos, venenos y contaminantes) y activar sus mecanismos

de autodefensa, contrarrestándolos hasta donde su capacidad y resistencia lo permitan (Chilon, 2016). La “*consciencia*” se diferencia del término “Conciencia”, porque esta última palabra, hace referencia a la ética, la moral y las virtudes humanas.

en suelos arenosos, salinos, de baja fertilidad, y en condiciones áridas; gracias a su manifestación “*consciencial*” el suelo activa sus mecanismos de autodefensa, que neutralizan el efecto de las sales solubles, por la activación de la micorrización en el suelo (Ortuño, N. 2009). También se conoce que las bacterias halófilas *Vibrio alginolyticus* y *Vibrio metschekovii*, biosintetizan enzimas que permiten la neutralización de las sales, y la recuperación de suelos salino-sódicos y muy alcalinos, lo que explicaría el crecimiento y desarrollo de plantas en los suelos salinos.

Un caso emblemático de manifestación de la *consciencia* del “Suelo vivo”, está representado por el rol que cumple la bacteria *Bacillus subtilis*⁸, que ante los peligros de patógenos, biosintetizan numerosas sustancias en el suelo que posibilitan el control de enfermedades caso de la sigatoka en el banano, la pudrición bacteriana en hortalizas, la mancha negra en tomate y pimentón, y el control de *Phytophthora infestans* en la papa, además coadyuvan en la biorrecuperación de suelos contaminados.

También se tiene, la fijación biológica del nitrógeno gaseoso, que se pensaba como un proceso exclusivo de las plantas leguminosas, ahora se conoce que gracias a la manifestación *consciencial* de los microrganismos del suelo, ante la necesidad de este nutriente, las plantas leguminosas y no leguminosas, principalmente tropicales, fijan nitrógeno en cantidades adecuadas.

El caso del comportamiento del suelo fértil de las terrazas agrícolas andinas, es un ejemplo ilustrativo de la manifestación *consciencial* del “Suelo vivo”, expresada en la regulación térmica que realizan los microorganismos del suelo, que durante el día acumulan el calor de la radiación solar y por la noche emiten este calor como una defensa ante las heladas

⁸ El *Bacillus subtilis* es un microorganismo, que está siendo estudiado profusamente por la Ingeniería genética y la Biotecnología, y se lo está utilizando en la agricultura, la medicina humana y en Ingeniería Ambiental; está presente en grandes cantidades en el compost altandino, y en aquellos suelos agrícolas abonados con el compost.

que se presentan en las madrugadas, este fenómeno ha sido estudiando en las terrazas agrícolas ancestrales de Charazani (Chilon, 2009). Además los cultivos andinos que crecen y desarrollan en las terrazas andinas de suelos bien alimentados orgánicamente con una microbiota abundante y activa, no presentan ataque de plagas y enfermedades, y las cosechas presentan buenos rendimientos.

- **Metabolismo y Biosíntesis Microbial⁹ del compost análogo al “Suelo Vivo”**

La transformación metabólica de la materia orgánica, que realiza la microbiota en el seno del organismo “suelo vivo”, y la biosíntesis microbial generan enzimas, hormonas, vitaminas, ácidos orgánicos, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, ácidos himatomelánicos, ácidos poliurónicos, fenoles, alcoholes, sustancias mucilaginosas y otras sustancias todavía desconocidas, que son fundamentales para la catalización de las reacciones claves, como la óxido-reducción y otras reacciones para la obtención de energía, mediante las cuales las células capturan energía y electrones que invierten en crear y mantener nuevas células en el suelo. (Rittman y Mc Carty Bruce, 2001).

Las sustancias biosintetizadas en el suelo, favorecen la actividad de la microbiota y de los microorganismos especializados, responsables de la transformación de sustancias orgánicas, de la fijación biológica de nutrientes como nitrógeno y azufre, de la formación de micorrizas, de la síntesis de ácido indol acético y triptófano que son hormonas que favorecen la división celular de las raíces y el crecimiento de las plantas. También de la biosíntesis de la *glomelina*, que da estabilidad y resistencia a los agregados, que forman la bioestructura del suelo, que también es

⁹ Los procesos de las diversas reacciones metabólicas y de la biosíntesis microbial, relacionados con la descomposición y transformación de la materia orgánica en el suelo, son reportados por varios investigadores (Primavesi, 1984; Alexander, 1994; Halden, et al, 1999; Boldu, et al 2002; Torrez, 2011; Martínez, et al 2011; Ortuño, et al, 2009; Chilon, 2011, 2014, 2015).

favorecida por los ácidos poliurónicos, sintetizadas por las bacterias celulolíticas *Cytophagás* del suelo.

Los ácidos orgánicos y enzimas, generadas por la biosíntesis microbial, favorece el trabajo de los microorganismos responsables de la desintegración y mineralización de compuestos orgánicos y complejos minerales, liberando nutrientes como K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Mn, Bo, volviéndolos disponibles para las plantas.

Los microorganismos especializados que solubilizan los fosfatos, utilizan la enzima fosfatasa para solubilizar el fósforo inorgánico; esta enzima es sintetizada por bacterias y hongos *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Pennicillium*, *Sclerotium*, *Fusarium*, *Aspergillus*. Otras sustancias intermedias que oxidan el azufre, son generadas por bacterias del género *Thiobacillus ferrooxidans*.

La biosíntesis microbial de ácidos húmicos, ácidos fulvicos y ácidos himatomelánicos, favorecen la acción de los microorganismos humificadores responsables de la formación de coloides orgánicos, y de la asociación del complejo arcillo-húmico, lo que establece el mejoramiento e incremento del almacenamiento de agua del suelo, una mayor capacidad de intercambio catiónico y una mayor resistencia a los cambios bruscos de pH.

Muchas sustancias utilizadas como medicamentos¹⁰ y que salvaron a la humanidad de catástrofes sanitarias,

¹⁰ Sobre la importancia de los antibióticos generados por la biosíntesis microbial, el Dr. Rothschild refiere que en 1941, durante la 2da. Guerra Mundial, en el norte de África, los soldados alemanes sucumbían no por las fuerzas inglesas, sino por incontenibles diarreas que sufrían en el desierto. Esta enfermedad era provocada por una bacteria patogénica que incubaba en alimentos y el agua, los científicos alemanes se movilizaron para solucionar el problema, y observaron que miles de nativos árabes convivían con la enfermedad sin padecerla, porque al primer síntoma hacían algo increíble, buscaban rápidamente estiércol fresco y caliente de camello e ingerían un poco de ello, con lo que controlaban y eliminaban la diarrea de un día para otro. Se encontró que en el estiércol existía una poderosa bacteria el *Bacillus subtilis*, que sintetizaba un antibiótico muy fuerte, fue aislada y en poco tiempo se controló la enfermedad. (Restrepo, 2009)

¹¹ El proceso de la investigación-acción del compost altoandino, ha permitido obtener un excelente tipo de compost CA-TB 3g

fueron obtenidas de la biosíntesis microbial de la materia orgánica en descomposición del suelo, es el caso del antibiótico estreptomicina que controló la tuberculosis, que fue descubierta y aislada de la materia orgánica en putrefacción, por el doctor Selman Waksman (Premio Nobel 1952).

En los últimos años se ha evidenciado el potencial de la biosíntesis microbial para la generación de enzimas, ácidos y otras sustancias, efectivas en la biorrecuperación de suelos contaminados con hidrocarburos y plaguicidas, por su capacidad para romper los anillos bencénicos, y desintegrar compuestos complejos alifáticos y aromáticos de hidrocarburos y plaguicidas¹¹. Experimentalmente se ha observado que las enzimas sintetizadas por las bacterias del género *Pseudomonas* degradan al ácido 3-phenoxy benzoico, la enzima alcano hidroxilasa es clave para la degradación de los alcanos, y las enzimas monooxigenasas biosintetizadas por el hongo *Cladophialophora sp*, descomponen a los compuestos alcalinizados tolueno, etilbenzeno y xileno (Halden, 1999; Boldu, 2002). Además una misma enzima puede degradar distintos compuestos (cometabolismo), y también ocurrir el ataque concertado de diferentes microorganismos, sobre un sustrato (sintrofía) lo que facilita su degradación (Martínez, et al; 2011).

- **Requerimiento de “Alimentos”¹² de calidad por el compost y el “Suelo Vivo”**

(compost altoandino, Tiwanaku Bolivia 3º generación), que además de recuperar la fertilidad de los suelos agrícolas, presenta una alta capacidad para biorrecuperar suelos contaminados. Estudios recientes (Chilon, Jhoselyne 2014, 2016), han verificado el potencial del compost altoandino, en la biorrecuperación de suelos contaminados con hidrocarburos, superando al humus de lombriz y otros productos humificados, que son bastante limitados en su acción.

¹² Un aspecto notorio de la vida, es la capacidad de las células vivientes (microbiota del suelo) de utilizar y absorber “alimentos” del medio que los rodea, y convertirlos mediante procesos metabólicos y de biosíntesis en fuentes de energía, en sus propios componentes celulares y en otros compuestos. Por lo tanto el suelo, como una condición imprescindible para mantenerse “vivo” tiene que “alimentarse”, con un alimento bien “cocinado” (compostado), libre de venenos y contaminantes, siendo imprescindible determinar la calidad del “alimento orgánico” para los suelos agrícolas.

El “Suelo Vivo”, a semejanza que cualquier organismo vivo, requiere de alimentos sanos, inocuos, libre de contaminantes y de excelente calidad para mantener su vitalidad, en el caso del compost y de otros abonos orgánicos, es necesario un control de calidad. Específicamente un compost de alta calidad para un “suelo vivo” agrícola, es un compost elaborado con materiales vegetales e insumos orgánicos y naturales no contaminados y libres de venenos, y con una metodología adecuada que garantice una buena oxigenación, una humedad adecuada, y el equilibrio de su reacción o pH. Por lo tanto, no toda fuente orgánica es un buen alimento para el “Suelo vivo agrícola”, siendo necesario verificar su estado de descomposición, su pureza y calidad, sin embargo la evaluación de su calidad y utilización es un campo de investigación de la Agricultura orgánica que está en sus inicios.

La actividad de los microorganismos, y la naturaleza de los sustratos orgánicos, determinan la calidad del compost; un abono orgánico o compost de buena calidad, aplicado al suelo tiene un efecto benéfico sobre sus propiedades físicas, químicas y biológicas, principalmente sobre el mejoramiento de su densidad aparente, porosidad, estabilidad estructural, disponibilidad de nutrientes, capacidad de intercambio iónico, por la acción de las sustancias biosintetizadas por los microorganismos del suelo. Así por ejemplo las sustancias mucilaginosas, floculantes y agregantes, facilitan la formación de agregados, que son más estables y resistentes a la acción antrópica y a la erosión de la lluvia.

La alimentación orgánica del “Suelo vivo”, se reflejan en mejores y mayores cosechas agrícolas, como es el caso de la experimentación realizada en el altiplano (Comunidad Achuta Grande del Municipio Tiwanaku), del efecto del compost sobre las características del suelo y sobre el rendimiento del cultivo de papa o patata (*Solanum tuberosum*) variedad waicha, cultivo muy importante de la soberanía y seguridad alimentaria de gran parte de la población rural andina. Se obtuvieron rendimientos que superaron 4 a 5 veces el rendimiento promedio

nacional de papa. Además se verificó el mejoramiento de la porosidad del suelo, de la capacidad de almacenamiento de humedad, el incremento de los nutrientes disponibles y del contenido de materia orgánica en el suelo, y el aumento de las unidades de formación de colonias (UFC) de la microbiota del suelo.

Si se pudiera regresar a los suelos agrícolas, la materia orgánica perdida a causa de la agricultura industrial, se podría capturar al menos un 1/3 del exceso de CO₂ que actualmente se halla en la atmósfera (GRAIN, 2008). Por lo tanto si durante los próximos 50 años, se alimentaría con compost a los suelos agrícolas tal como lo propone nuestro Paradigma “Suelo Vivo”, las 2/3 de todo el actual exceso de CO₂ podría ser capturado e incorporado a los suelos del mundo. Con lo que gradualmente se podría rehabilitar y lograr suelos sanos y productivos, y se abandonaría el uso de fertilizantes y agrotóxicos, que se constituyen en otro potente productor de gases, y generador del cambio climático global.

Es importante señalar, que el compost para el “suelo Vivo” agrícola, tiene que diferenciarse y separarse de la compostación que realiza la Ingeniería Ambiental, que utiliza la técnica de la compostación para el manejo de residuos sólidos contaminados, por la facilidad que ofrece para su almacenamiento en minas abandonadas y otros depósitos; este compost de residuos contaminados no sirve para la agricultura, porque se constituye en un riesgo para el “Suelo vivo”.

Complejidad del compost y del “Suelo Vivo”, Limitaciones de los Métodos Científicos Convencionales de estudio

La experimentación del compost altoandino, análoga al “Suelo vivo”, verificó serias limitaciones de los métodos científicos convencionales de análisis químico de laboratorio y de los métodos de matematización estadística. Los datos físico-químicos de laboratorio, correspondientes a los compost obtenidos, muestra algunos datos que son contradictorios y poco coherentes, posiblemente

porque la caracterización convencional que se realiza en base a determinaciones químicas de laboratorio, son solo parciales y poco adecuadas¹³, porque consideran al compost (y al “suelo vivo”) como un cuerpo inerte y sólo como una fuente de nutrientes inorgánicos, similar a un fertilizante químico de la “revolución verde”, sin embargo el compost es un ente vivo, igual que el “suelo vivo”, y gracias a la actividad de los microorganismos evoluciona, es dinámico y se transforma.

Por otro lado, los hallazgos de la investigación-acción del compost altoandino, análoga al “suelo vivo” y la teoría del paradigma “Suelo vivo”, verifican la necesidad, de contar con nuevos métodos de análisis de laboratorio, la creación de una nueva matematización, y nuevas metodologías de análisis estadístico para el estudio del “suelo vivo”, porque las matemáticas actuales y la estadística Keynesiana son de dudosa utilidad para estudiar al “Suelo vivo” y a la microbiota del suelo.

Por ejemplo en matemáticas y estadística $1+1=2$, pero en el Paradigma “Suelo vivo”, $1+1=3$ o $1+1=1$ o $1+0=10$; porque los microorganismos se pueden reproducir por gemación o fisión, en el caso de la unión de dos animales de distinto sexo, después de un tiempo pueden resultar, tres o más seres. También se tiene la falacia del promedio de la estadística keynesiana, por ejemplo si de 3 organismos vivos, el organismo A come 2 porciones de alimento, el organismo B come 1 porción, y el organismo C no come nada, estadísticamente todos los organismos comieron una porción, sin embargo el organismo C va a morir por inanición.

Alternativas tecnológicas para el estudio del compost y del “suelo vivo”

Frente a las limitaciones que presentan los análisis de laboratorio convencionales, se hace necesario utilizar y/o crear nuevos métodos de análisis y de evaluación

de la calidad de los abonos orgánicos y del estado de la salud del suelo. Entre las alternativas viables, surge la evaluación cromatográfica de Pfeiffer, y la caracterización general de los microorganismos capturados “in situ” en el suelo y en el compost. Los análisis convencionales de laboratorio de los suelos agrícolas y de los abonos orgánicos, nos dice poco o nada de la vida del suelo y del compost, y de la vida en el suelo y en el compost, menos de su actividad microbiológica; si bien nos proporciona datos relativos de su composición química y física, sobre todo de las cantidades relativas de nitrógeno, fósforo y potasio químico, es necesario complementar esta información con otros métodos que permitan conocer el estado de la “salud” del suelo y del compost.

Como un apoyo fundamental, se tiene a la Cromatografía de suelos agrícolas y de abonos orgánicos, como una técnica de análisis cualitativo, que ayuda a estimar y conocer el estado de salud de un suelo y poder reconocer si el “suelo vivo” y el compost, está en buenas condiciones de salud, si está bien estructurado, si no hay riegos de patógenos y contaminantes, si los nutrientes presentes están disponibles para las plantas y si existe una buena integración entre las diferentes fases sólido, líquido y gaseoso, que determinan la fertilidad del suelo y la calidad del compost. Integrando la información de la Cromatografía con las técnicas clásicas de análisis físico-químico de laboratorio, es posible conocer con mayor aproximación las características del suelo agrícola y obtener una imagen más completa de la salud del suelo, y de la calidad de los abonos orgánicos.

La Cromatografía circular o “Chroma Test”, es un ensayo cualitativo que brinda una descripción general de la actividad y dirección biológica del suelo o de los abonos orgánicos; la Cromatografía del suelo y del compost, permite obtener un cromatograma que puede compararse a un microscopio preciso, al

¹³ Las limitaciones de los métodos químicos convencionales de laboratorio, se constatan en la determinación del contenido de nutrientes, por ejemplo el compost presenta contenidos iguales o menores a 2% nitrógeno total, en cambio la turba (material descompuesto irregularmente en condiciones de alta humedad y

bajas temperaturas), presenta contenidos de 5 a 6% nitrógeno; esta tendencia se repite en otros nutrientes. En los hechos la turba, no es igual en calidad al compost como abono orgánico, tan solo se usa como acondicionador de suelos muy arcillosos.

alcance del bolsillo del Ingeniero Agrónomo y del Productor Agropecuario, para determinar la salud del suelo. Con esta información se tendrá un diagnóstico real del suelo, a partir del cual se tendrá mayor certeza en las alternativas de solución, frente a desajustes y problemas, y consecuentemente mejorar la salud y fertilidad del suelo. El ensayo cromatográfico, se basa en el hecho que el humus que se forma durante el compostaje o génesis del suelo, a medida que el proceso avanza, las sustancias húmicas de peso molecular relativamente bajo, producidas inicialmente, se polimerizan y convierten en humus maduro menos soluble y macromolecular.

Pfeiffer (1961), fue uno de los investigadores pioneros que utilizó y desarrolló la Cromatografía de suelos, adaptándola de la medicina biodinámica a la agricultura. Señalando que la cromatografía se constituía es un método para hacer análisis cualitativo de suelos agrícolas y de abonos orgánicos.

Por otro lado, la caracterización general de la microbiota presente en el compost y el suelo, mediante la captura “in situ” de los microorganismos, y con observación mediante microscopía óptica en laboratorio, también permite la evaluación del estado de salud del suelo y de la calidad del compost. Inicialmente las características de color, aspecto, estructuras o hifas y forma que presentan las colonias presentes en los vasos colectores, son la primera aproximación a la actividad y presencia de microorganismos benéficos y maléficos en el compost y los suelos. Luego con apoyo de la microscopía óptica, es posible identificar hongos, y formas de actinomicetos y colonias de bacterias.

La cromatografía de Pfeiffer y la caracterización general de la microbiota del suelo y el compost, verifican el estado de la salud del suelo, y la calidad del compost, que a su vez 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, con el tipo de activadores biológicos, con una frecuencia adecuada de riego. Los hallazgos obtenidos con la investigación del compost altoandino, verifican la necesidad de una

determinación estricta de la calidad del compost, para evitar riesgos de daños a los suelos agrícolas y a los cultivos de la soberanía alimentaria.

La fertilidad del suelo y la calidad del compost, es proporcional a la densidad poblacional, la biodiversidad de la microflora y a la sincronización evolutiva del proceso (Pfeiffer, 1961), por lo tanto la fertilidad de un suelo, y la calidad del compost será mayor, mientras mayor sea la diversidad de vida que crece y se alimenta sobre y dentro del suelo y del compost.

CONCLUSIONES

El compost y por analogía el “Suelo vivo”, manifiestan y expresan sus actividades vitales a través de varios procesos, destacando la homeostasis, autopoiesis, su manifestación consciential, su metabolismo y biosíntesis microbial, y sus requerimientos de “alimento”. Estos hallazgos científicos, han sido posible gracias a la heurística del compost altoandino, análoga al “suelo vivo”, que contribuye y fundamenta al Paradigma “Suelo Vivo”, verificando que los grupos y consorcios de la microbiota, que son el suelo mismo, actúan como parte de una inmensa y ordenada factoría biológica, llevando a cabo actividades específicas, secuenciales complementarias, sinérgicas y simbióticas, que permiten el mantenimiento y reproducción de la vida.

Los resultados logrados con la investigación del compost altoandino, a lo largo de dos décadas, confirman que se puede hacer ciencia en la adversidad, y con pocos recursos, teniendo a la comunidad rural y al campo a cielo abierto como el laboratorio natural de estudio, y que con el uso de medios accesibles, se puede superar las limitaciones, frente a las presuntas ventajas que ofrecen los métodos y laboratorios científicos de última generación, que son costosos y difíciles de acceder.

Además de contribuir al Paradigma “Suelo Vivo”, el compost altoandino y sus derivados caso del abono orgánico líquido aeróbico AOL, ofrecen un alto potencial para la agricultura, la biotecnología, la salud

y la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos y agrotóxicos.

Los hallazgos de la investigación-acción del compost altoandino, análogo al “Suelo vivo”, llevan a plantear que los grupos y consorcios de microrganismos, que constituyen el suelo mismo, actúan como parte de una inmensa y ordenada factoría biológica, llevando a cabo actividades específicas, secuenciales complementarias, sinérgicas y simbióticas. Existen microorganismos especializados, como los promotores del crecimiento, microorganismos constructores de agregados y poros, conformadores de micorrizas, microorganismos formadores de humus, microorganismos transformadores de la celulosa y la lignina, microorganismos solubilizadores de fósforo, potasio, calcio, magnesio y del azufre, y microrganismos “quelatadores” de nutrientes de alto peso molecular (Fe y Cu).

Estos hallazgos, también nos llevan a plantear que ciertos “conjuntos especializados de microorganismos del suelo”, que constituyen el suelo mismo, por analogía, actúan y cumplirían funciones de hígado, riñones, pulmones y corazón del suelo, y aquel conjunto de microorganismos que rigen el funcionamiento homeostático, de autopoiesis, y de la manifestación “consciencial” de todo el sistema, vendrían a ser el “cerebro” del suelo. Al margen de los cuestionamientos, lo importante de estos planteamientos, es entender que al igual que cualquier sistema vivo, entre ellos los animales y los seres humanos, el “suelo vivo” y el compost requieren una “alimentación” adecuada, buenas condiciones ambientales y la eliminación de riesgos de sustancias contaminantes, agrotóxicos y venenos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alexander, Martín. (1994). *Introducción a la Microbiología de Suelos*. 2º Edición, Libros y Editoriales S.A., Progreso 202-Planta Alta, Col. Escandón, México 11800 D.F.

Altieri, Miguel. (1983). *Las bases teóricas de la Agroecología*. En: *Bases científicas de la agricultura alternativa*. Berkeley, California. Pp 21-36.

Beuchot, Mauricio. (1999). *Heurística y Hermenéutica*. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria 04510, México D.F.

Boldu, F; Vervoot, J. et al. (2002). *Sunstrate interactions during the biodegradation of Benzene, Toluene Ethylbenzene and Xylene (BTEX) Hidrocarbons by the funfus Cladophialophora sp strains T1*. Applied and Environmental Microbiology 68:2660-2665.

Callizaya, Beatriz. (1999). *Efecto de la aplicación de compost sobre el rendimiento en asociación maíz caupí y sobre las propiedades del suelo en Pahuata subtrópico de La Paz*. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, UMSA, La Paz, Bolivia.

Castillo, Rubén. (2015). *La Paz MarkaOmasuyos Suyu Cuyahuani Ayllu Yant'aña Uraquina Qullawanuna Askipxata Aka Pachpana Lurt'ata Kimsa Jaka Aqantayirita (Millk'i jupha ukata tarwi k'usa) Yant'awi*. [Evaluación de tres activadores biológicos locales (yogurt, chicha de tarwi y quinua), sobre la calidad del compost en la Estación Experimental Cuyahuani Provincia Omasuyos La Paz]. Tesina de Grado en idioma aymara, Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Indígena Boliviana Aymara Tupak Katari. La Paz.

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. (2009). *Tecnologías Ancestrales y reducción de riesgo del Cambio Climático*, 1º edición Arte Imagen Impresores, Ministerio de Planificación del Desarrollo, PROMARENA, La Paz, Bolivia. Pp. 324.
- Chilon, Eduardo. (2010). *Compostaje altoandino, alimento al suelo vivo y cambio climático*. Artículo de investigación científica, 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 de 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 de investigación publicado en CienciAgro (2013) 2(4): 456-468, Agosto 2013. www.ibepa.org.
- Chilon, Eduardo. (2014). *Compost altoandino e interacción con harina de rocas y su efecto en las plantas y la fertilidad de suelos*. Reporte de investigación publicado en CienciAgro (2014) 3(1): 21-38, noviembre 2014. www.ibepa.org.
- Chilon, Eduardo y Chilon, Jhoselyne. (2015). *Compostaje altoandino, seguridad alimentaria, cambio climático y biorremediación de suelos*. Artículo de investigación científica, publicado en CienciAgro (2015) 1: 43-56, noviembre 2015. www.ibepa.org.
- Chilon, Eduardo y Chilon, Jhoselyne. (2015). *Potencialidades para la agricultura y la preservación del medio ambiente del abono orgánico líquido aeróbico AOLA*. Artículo de investigación científica, publicado en CienciAgro (2015) 1: 35-42, noviembre 2015. www.ibepa.org
- Chilon, Eduardo. (2016). *Conocimiento Occidental y no Occidental de los Suelos Agrícolas y Complejidad Plurinacional*. Revista Apthapi 3(1):104-114 Enero-Abril 2017, ISSN: 2519-9382. Carrera de Ingeniería Agronómica-UMSA. La Paz, Bolivia.
- Chilon, Eduardo. (2017). *Cambio climático y afectación a la agricultura, alternativas sistémico-sinérgicas*. Revista Apthapi 3(2):562-578 Mayo-Agosto 2017, ISSN: 2519-9382. Carrera de Ingeniería Agronómica-UMSA. La Paz, Bolivia.
- Chilon, Eduardo. (2017). *Revolución Verde, Agricultura y Suelos, Aportes y Controversias*. Revista Apthapi 3(3):844-859 Sept.-Diciembre 2017, ISSN: 2519-9382. Carrera de Ingeniería Agronómica-UMSA. La Paz, Bolivia.
- Chilon Molina, 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. Pp. 35.
- Grain. (2008). *Cuidar el suelo*. (11) <http://www.grain.org/es/article/entries>
- Halden, R.; Tepp, S. et al. (1999). *Degradation of 3 phenoxybenzoic acid in soil by Pesudoalcaligenes POB310 (pPOB) and two Modified Pseudomonas Strains*. Applied and Envirometal Microbiology 65:3354-3359.
- Martinez-Nieto, P. (2004). *Evaluación de un inóculo microbiano en un proceso de compostaje con Eichhornia crassipes y Egeria densa, presentes en la laguna de Fúquene*. Informe final, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, Bogotá Colombia.
- Maturana, Humberto y Varela, Francisco. (1984). *El árbol del conocimiento: Las bases biológicas del entendimiento humano*. Universidad de Texas, Ed. OEA, Pp. 171.
- 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.
- Ortuño, Noel, et al. (2009). *Desarrollo de Biofertilizantes en base a microorganismos rizosféricos nativos para una producción soberana en Bolivia.* Memoria V Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Oruro, Bolivia.
- Parra, Nicolasa. (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.
- Pfeiffer, Ehrenfried E. (1961). *Chomatography Applied to Quality Testing.* Texas, USA.
- Primavesi, Ana. (1982). *Manejo Ecológico de Suelos. La agricultura en regiones tropicales.* 5º Edición, Librería El Ateneo Editorial, Impreso en 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.
- Restrepo, J. y Pinheiro, S. (2009). *Agricultura Orgánica.* Satyagraha Juquirá Candirú, Feriva S.A., Cali Colombia.
- 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
- Ruiz, Marcelo. (2012). *Evaluación agronómica del rendimiento de tomate, con la aplicación de compost y gallinaza en la comunidad Hinchupalla, provincia Loayza.* Tesis de Ingeniero Agrónomo, Carrera de Agronomía, Universidad Católica Boliviana UAC Tiahuanaco. La Paz, Bolivia.
- Rusell, E. J. y Rusell, E. E. (1950). *Soil Condition and Plant Growth.* Eight Edition Longman, Green & C. London.
- Salm, Hans; Lorini, J. y Liberman, M. (s/f). *Evaluación Ecológica del cultivo de la coca en los Yungas de La Paz. Estudio de Impacto Ambiental.* Centro de Estudios Ecológicos y de Desarrollo (CEEDI), LIDEMA. 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.
- Tapia, Luis. (2014). *Epistemología Experimental.* CIDES-UMSA, Imprenta WA-GUI, La Paz, Bolivia.
- Tapia, Luis. (2002). *La producción del conocimiento local.* CIDES-UMSA Muela del Diablo. La Paz, Bolivia. Pp 282-325.
- 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.
- Torrez, Dulio. (2011). *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.
- Waksman, Selman. (1936). *Humus Origin, Chemical composition, and Importance in Nature.* Baltimore, The Williams & Wilkins Company.

Zapata, Patricia. (1997). *Elaboración de diferentes tipos de compost utilizando pulpa de café como principal fuente de nutrientes para diversos cultivos en la zona de Caranavi*. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía UMSA. La Paz, Bolivia.