

PREDICCIÓN Y COMPARACIÓN DE TRANSFERENCIA DE NUTRIENTES DE DOS TIPOS DE VERMICOMPOSTEO DE LODOS RESIDUALES A SUELOS FORESTALES

**Eduardo Campos Medina¹
Alma Velázquez Rodríguez²
Ana Marcela Gómez Hinojos³**

Resumen

Este trabajo tiene la finalidad de explorar y predecir cuales serían las reacciones químicas que se llevarían a cabo, con la adición de la vermicomposta de lodos residuales de una planta de tratamiento a suelos forestales del Parque Nacional Nevado de Toluca. Mediante la caracterización química de los suelos estudiados, los lodos, el humus generado y el programa de computación MEDUSA, fue posible llevar a cabo dicha predicción de reacciones químicas que ocurrirían en dicho ambiente edáfico.

Palabras clave: Vermicomposta, Lodos Residuales, Suelos Forestales

Abstract

This paper aims explore and predict which Chemicals reactions would be carried out with the addition of vermicompost of sludge treatment plant forest soils of Nevado de Toluca National Park. By the chemical characterization of forest soils, sludge wastewater and humus, generated and the compute program MEDUSA, was possible to carry out the prediction of chemical reactions that occurs in the soils of National Park.

Key Words: Vermicompost, Sludge wastewater, Forest Soils

¹ Profesor Investigador de la Facultad de Planeación Urbana y Regional. Correo electrónico. eduardocmx@gmail.com

² Profesor Investigador de la Facultad de Ciencias. Correo electrónico. almaver22@hotmail.com

³ Profesor de la Facultad de Planeación Urbana y Regional

Introducción

Los suelos forestales han sido descuidados, debido a los cambios de uso de suelo, esto ha traído varias consecuencias, una de ellas se refleja en la flora presente en dichos tipos de suelos, que es la responsable de la generación del oxígeno en el proceso de fotosíntesis, por lo cual de seguirse permitiendo la pérdida de bosques se estaría fomentando la pérdida de los pulmones del planeta tierra; otro efecto es la problemática del agotamiento en la fertilidad de dichos suelos, por lo cual es importante buscar opciones que permitan solucionar esta problemática, de ahí que se busquen alternativas diferentes a los fertilizantes químicos, con la finalidad de incorporar nutrientes a estos tipos de suelos.

Debido a los problemas de baja fertilidad de suelos se han realizado varias investigaciones al tratar de incorporar nutrientes, en las cuales el vermicomposteo se lleva a cabo solamente utilizando material orgánico como son el banano, estiércol de vacuno, follaje de ornamentales y broza de café a suelos de uso agrícola principalmente. La mayoría de los estudios relacionados con la composta y la vermicomposta se orientan a la producción agrícola utilizando como materia prima los residuos orgánicos mezclados con estiércol de animales domésticos, valorando las proporciones de carbono-nitrógeno y la respuesta de los cultivos cuando se les incorporan. (Santamaría et.al., 2001)

Se ha puesto énfasis a los cultivos, ya que se busca la incorporación de nitrógeno, con base en esta razón la opción de los lodos residuales se presenta como una alternativa viable para su disposición final, ya que se aprovechan los fertilizantes presentes en los mismos y es una de las principales opciones adoptadas en la Unión Europea, como sustituto de la fertilización mineral. (Miralles et. al. 2002)

La aplicación de lodos residuales como fertilizante orgánico a suelos agrícolas es una práctica habitual en países desarrollados, ya que estos generalmente contienen un alto contenido de MO y macronutrientes principalmente P y N; así también su aplicación al suelo favorece algunas de sus propiedades físicas y químicas principalmente con el aporte de MO que proviene de estos materiales consiguiendo con esto mejorar la estructura y porosidad del suelo, su permeabilidad y retención hídrica; así como, incremento de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) (Andrade, et al, 2000; Hernández, 2001; Illera, et al. 2001)

La disposición de lodos como mejoradores de suelos permite una valoración del residuo gracias a los nutrientes que contiene (N, P, K, CA y Mg), a su vez mejora las características del suelo, aunque su uso esta condicionado por el contenido de metales pesados, patógenos y coliformes (Martínez, 2004). La alternativa para realizar tal reconversión es el vermicomposteo, que convierten los desechos orgánicos en un producto inocuo y químicamente estable conocido como vermicompost (Capistrán et al., 2001).

Estudios recientes muestran que lodos de plantas tratadoras que han sido composteados se han utilizado para incrementar la fertilidad del suelo, esto se ha constatado al final de cuatro años de experimentación donde se han monitoreado los parámetros de pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y conductividad eléctrica, los cuales mostraron en conjunto un incremento marcado en la fertilidad del suelo al cual fue incorporado (Beltrán et. al. 2005)

Las actividades tanto urbanas como rurales generan grandes cantidades de estos desechos orgánicos que representan una fuente potencial de contaminación (Corlay et al., 1999). Lo cual representa un problema para las empresas tratadoras de aguas residuales en cuanto a la disposición final de los grandes volúmenes de estos lodos, de ahí que cuando se han composteado, estos lodos digeridos son comparables con los abonos de granja en cuanto a su riqueza nutrimental para las plantas y su disponibilidad.

Aunado a lo anterior se presentan la situación de los suelos forestales del Parque Nacional Nevado de Toluca, donde las actividades de tala clandestina, pastoreo y desmontes han provocado que la materia orgánica se pierda en dicho bosque. Este proceso modifica la capacidad de infiltración del agua de lluvia y disminuye la recarga acuífera de la cuenca del Río Lerma lo cual contribuye al problema mundial del cambio del clima. La reversión de este proceso es una necesidad urgente.

El proceso de remediación que se propone en este trabajo de investigación es un vermicomposteo de lodos activados adicionando materiales orgánicos con la finalidad de establecer la relación ideal de carbono-nitrógeno para posteriormente ser aplicarlos a muestras de suelo forestal del Parque Nacional Nevado de Toluca con la finalidad de transferir nutrientes y con ello favorecer el crecimiento de una especie vegetal. (Kocik et al., 2007)

Cabe señalar que este artículo es el complemento de una investigación previa, en la cual se adicionaba lodo composteado alcalinamente a suelos forestales, con la finalidad de incrementar la fertilidad de suelos de otra localidad del Parque Nacional Nevado de Toluca, que ha sufrido cambio de suelo por las actividades antrópicas que se efectúan en dicho Parque.

Metodología

1. Recolección de Muestras

1.1. Suelos.

Los suelos fueron muestreados de la localidad de Rosa Morada, ubicada en el Parque Nacional Nevado de Toluca. La localización de la comunidad se realizó empleando el sistema ArGis, en el cual se manejaron las coordenadas terrestres, el cual proporciona la siguiente información de ubicación, 410, 648.746 m, 2, 135,679.63 m. UTM 14 N. Se tomó una muestra compuesta de tres zonas, a una profundidad de 0-20 cm, cada una pesó aproximadamente 15 Kg. La obtención de muestras de manera específica fueron de cultivo, el muestreo se realizó de acuerdo al método de zig-zag. Para las muestras de bosque se empleó el método descrito por Reyes- Reyes et al., (2003).

1.2. Lodos

Los lodos se recolectaron de una empresa tratadora de agua residual ubicada dentro del municipio de la ciudad de Toluca, el lugar específico de muestreo fue en la sección de bandas, donde se exprime el lodo después del tratamiento biológico y este envía al incinerador. Se recolectaron lodos en una cantidad de veinte cubetas de 20 Lt,

1.3. Residuos Orgánicos

En este punto los residuos orgánicos fueron recolectados de varias empresas particulares las cuales se dedican a la rama de comida, por lo cual los residuos fueron proporcionados de manera rápida y sencilla, de los cuales se tuvo una mezcla de residuos vegetales y animales (frutas, verduras y piel de pollo, carne etc.)

2. Caracterización de Lodos Residuales y Suelos Forestales

Para cada muestra se realizaron análisis fisicoquímicos para determinar las características de: Materia orgánica, Carbono orgánico, Textura, Nitrógeno total, pH, Capacidad de retención de agua y Cantidad de nutrientes.

2.3. Suelos Forestales

2.1.1. Determinación de materia orgánica y carbono en el suelo

El procedimiento para la determinación de materia orgánica del suelo se realizó a través del método de Walkley y Black, contenido en la norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, sanidad y clasificación de suelos, estudios, muestreo y análisis.

2.1.2. Determinación de la textura del suelo

El método para la determinación de la textura del suelo se realizó a través del método de Bouyoucus, contenido en la norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, sanidad y clasificación de suelos, estudios, muestreo y análisis.

2.1.3. Determinación del nitrógeno total en el suelo

La determinación de Nitrógeno total en el suelo se realizó mediante el método Kjeldhal. El proceso se desarrolló en dos etapas: a) Digestión y b) Destilación.

2.1.4. Determinación de pH

Las mediciones para la determinación de pH se realizaron por triplicado siguiendo la metodología AS-02 de NOM-021-SEMARNAT-2000, empleando un agitador mecánico a 1,500 rpm.

2.1.5. Determinación de metales

Para esta determinación se aplicó el método establecido por la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT- 2002, protección ambiental, lodos y biosólidos, especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Digiriendo con ácido nítrico.

2.1.6. Capacidad de Intercambio Catiónico

La determinación de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y bases intercambiables se realizó a través del método AS-13 de la NOM-021-SEMARNAT-2000 (muestras acidas y básicas) con Tiourea de Plata.

2.1.7. Determinación de Metales Totales Cobre (Cu), Plomo (Pb), Manganeso (Mn), Fierro (Fe), Cadmio (Cd).

Para esta determinación se utilizo el método establecido por la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT- 2000, que establece la fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio muestreo y análisis.

2.2. Lodos Residuales

Los lodos que se recolectaron de la empresa tratadora se procedió a caracterizarlos, evaluando los mismos parámetros señalados en la caracterización de suelos forestales de cultivo, tanto parámetros de laboratorio como con la técnica de microscopia electrónica de barrido.

2.3. Microscopia Electrónica de Barrido

Las muestras de lodos residuales sin estabilizar, así como de los suelos se secaron con el fin de evaporar el agua que contenían, posteriormente se colocaron en un soporte de grafito el cual se introdujo en un Microscopio Electrónico Philips XL-30 a bajo vacío, para obtener las imágenes en una ampliación de X1000 10µm de las muestras mencionadas, así como el microanálisis correspondiente señalándonos los elementos que constituyen a dichas muestras.

3. Proceso de Vermicompost y su caracterización

3.1. Proceso

3.1.1. Las muestras de lodos se colocaron en camas diseñadas para el proceso de vermicomposteo, dichas camas se construyeron en contenedores de madera de 0.50 m X 0.50 m X 0.20 m, posteriormente se colocó una película de polietileno, evitando con ello que las lombrices emigren y se pueda recolecta la lombricomposta.

3.1.2. Para realizar el proceso de vermicomposteo se vigilaron los parámetros de pH que debe tener un valor de 7.5-8, una humedad del 80% y una temperatura de 18 a 25 °C.

3.1.3. Se colocó primero una capa de lodo de 10 cm sobre la cama al inicio, posteriormente se incorporarán las lombrices de la especie "Eisenia Fetida" en un número aproximado de 250 lombrices.

3.1.4. Se agregaron capas de lodo cada 15 días, el proceso dura de 3 a 4 meses.

Quivera 2011-1

3.1.5. Al término de dicho periodo se recolecto la lombricomposta, cuidando tener un 30% de humedad.

3.1.6. Al mismo tiempo se realizó la variante del otro tipo de vermicomposteo, el cual consistió en agregar en un porcentaje de 10 y 20 % en peso de residuos orgánicos cuyo origen fueron restos de comidas (frutas, vegetales, piel de pollo, etc.), cabe señalar que con la adición del lodo cada 15 días, así mismo se agregaran los correspondientes 10 % de residuos orgánicos señalados.

3.2. Caracterización del Producto de Vermicomposteo

3.2.1. En los dos tipos de vermicomposteo se recolecto el producto llamado humus de lombriz, y se procedió a caracterizarlos fisicoquímicamente, los parámetros fisicoquímicos que se determinaron fueron: a) pH, b) Humedad, c) Nitrógeno, d) Carbono Orgánico, e) Materia Orgánica, f) Relación C/N, g) Fósforo, h) Magnesio, i) elementos como son Fe, Na, K, Ca, Cu, Pb, Mn, Cd.

3.2.2. Las valoraciones de carbono y nitrógeno se realizaran al primer mes a fin de observar si la relación es la correcta, de no ser así se incorporarán a lo lodos materia orgánica (residuos orgánicos, de los cuales ya están reportadas tablas que indican la proporciones de carbono y nitrógeno que aportan cada residuo) a fin de adecuar la relación carbono-nitrógeno.

3.3. Microscopia Electrónica de Barrido

Las muestras compuestas del producto de vermicomposteo de lodos residuales, se secaron con el fin de evaporar el agua que contenían, posteriormente se colocaron en un soporte de grafito el cual se introdujo en un Microscopio Electrónico Philips XL-30 a bajo vacío, para obtener las imágenes en una ampliación de X1000 10 μ m de las muestras mencionadas, así como el microanálisis correspondiente señalándonos los elementos que constituyen a dichas muestras

4. Análisis, Comparación de Resultados y Estudio de Predominio de Especies

4.1. Caracterización de Suelos de Cultivo y Lodos Residuales

Los resultados de la caracterización de los suelos de cultivo ubicados en el Parque Nacional Nevado de Toluca, muestran una trascendental disminución en los valores de porcentajes de materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno, humedad y por ende la relación C/N, en Tabla 1 se muestran dichos resultados y se contrastan con los obtenidos de suelos forestales del mismo parque, que en teoría no han sufrido un cambio de uso de suelo. Como puede apreciarse el contraste de valores de un tipo de suelo a otro muestra el grado en el cual los suelos de cultivo han sido utilizados constantemente y como los nutrientes de los suelos de cultivo han sido aprovechados por las especies vegetales que se han sembrado en dichos lugares. De igual manera si se observan los resultados de los lodos estos son aún más grandes en magnitud en referencia a la materia orgánica, al carbono, al nitrógeno y relación C/N. Esto indica que el lodo es una fuente viable de estos nutrientes para el suelo que tiene un déficit en fertilidad.

Tabla 1. Resultados de caracterización de suelos de cultivo de la comunidad Rosa Morada del Parque Nacional Nevado de Toluca

<i>Origen</i>	<i>Pruebas Fisicoquímicas</i>							
	Textura	pH	% Humedad	% Capacidad de Retención de Agua	% Carbono	% Nitrógeno	% Materia Orgánica	% C/N
Suelo de Bosque	Franco-Limo	6.46	12.68	108.89	6.10	0.42	6.99	14.5
Suelo de Cultivo- 1	Limo	6.0	7.02	74.21	3.37	0.22	2.3	5.4
Suelo de Cultivo- 2	Limo	6.3	8.2	68.30	3.31	0.21	2.37	5.0
Suelo de Cultivo- 3	Limo	6.14	7.6	71.2	3.0	0.20	2.15	5.6
Lodos		5.3	31.23	79.3	19.80	1.06	31	18.67

Fuente: Propia de los autores, 2010

En la Tabla 2 se muestran los resultados correspondientes a los elementos señalados en el punto 3.2.1., en los cuales se muestran que la presencia de estos elementos también es relativamente baja, debido a la asimilación de estos nutrientes por las especies vegetales cosechadas en dichos suelos de cultivo. Caso contrario del lodo el cual muestra concentraciones altas de estos elementos con comparación con los mostrados en los suelos de cultivo.

Tabla 2. Concentración de elementos nutrientes en los suelos de cultivo de Rosa Morada del Parque Nacional Nevado de Toluca

<i>Origen</i>	<i>Concentración de elementos (mgKg⁻¹)</i>							
	Na	K	Ca	Cu	Pb	Mn	Fe	Cd
Suelo de Bosque	0.094	0.955	0.471	0.049	0.480	0.048	6.280	N D
Suelo de Cultivo-1	0.320	0.206	0.594	0.038	0.361	0.048	3.478	0.002
Suelo de Cultivo-2	0.115	0.405	0.246	0.036	0.353	0.042	3.741	0.006
Suelo de Cultivo-3	0.189	0.681	0.654	0.041	0.309	0.038	3.491	N D
Lodo	4.897	2.3745	5.2	0.154	0.110	0.007	2.640	0.009

Fuente: Propia de los autores, 2010. N D: No detectable

En la Tabla 3 se muestran los resultados de bases intercambiables en dichos suelos, en esta tabla se puede apreciar que los valores de Na y Ca son muy bajos acorde a lo señalado en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000.

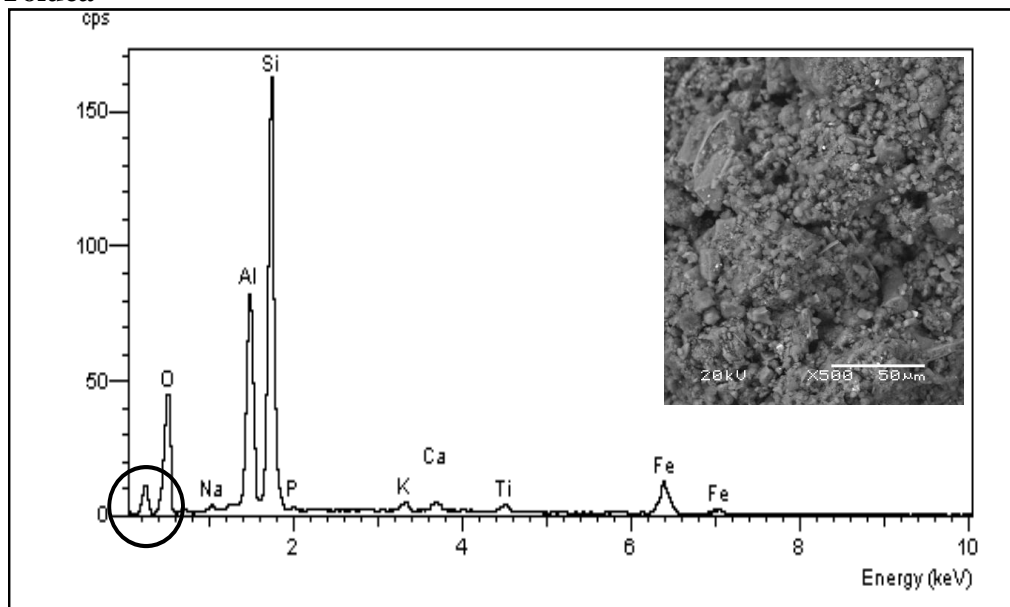
Tabla 3. Resultados del intercambio iónico en los suelos de cultivo de Rosa Morada en el Parque Nacional Nevado de Toluca

Tipo de suelo	Na BI	Ca BI	K BI
	(Cmol/ Kg)		
Suelo de Bosque	0.612	0.263	1.557
Suelo de Cultivo-1	0.289	0.147	0.563
Suelo de Cultivo-2	0.281	0.139	0.493
Suelo de Cultivo-3	0.277	0.142	0.484

Fuente: Propia de los autores, 2010

En la Figura 1 se muestra el análisis de una muestra representativa de los suelos de cultivo empleando la Microscopia Electrónica de Barrido realizada a X500 50µm, así como el Microanálisis correspondiente. En esta figura se aprecia la morfología de los suelos del cultivo, en los cuales se muestran agregados irregulares, por otro lado el microanálisis muestra los elementos que constituyen dicha muestra, encerrado en un círculo se señala el pico correspondiente al carbono, que como puede apreciarse su altura es pequeña, esto indica que la cantidad de carbono en estos suelos es relativamente baja en comparación con el oxígeno, silicio y aluminio, esto debido principalmente a que la fertilidad de dichos suelos ha sido agotada por los procesos de siembra que han llevado a cabo en los mismos, igual comportamiento presentan los elementos de hierro, sodio, potasio, fósforo.

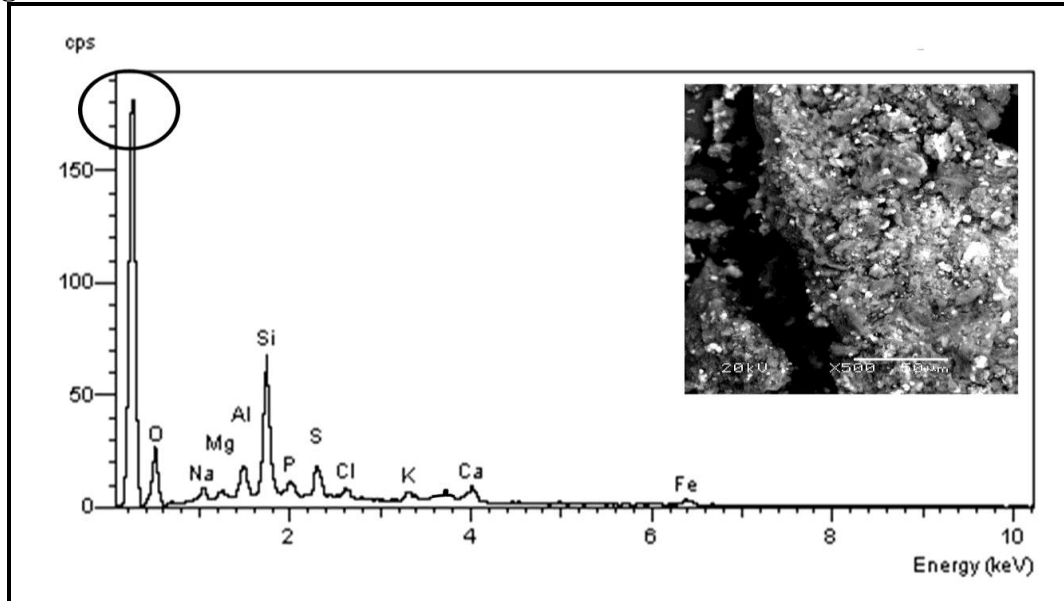
Figura 1. MEB de suelos de Cultivo de Rosa Morada del Parque Nacional Nevado de Toluca



Fuente: Elaborado por los autores, 2010

En la Figura 2. se muestra el análisis MEB para el lodo residual, en la cual se puede apreciar la morfología, en la cual se aprecian grandes agregados regulares, en cuanto al microanálisis correspondiente, aparecen dos picos cuya altura es apreciable, correspondientes al carbono y al calcio. El pico del carbono corrobora la gran cantidad de materia orgánica, así como de carbono, una porción de origen orgánico y otra de origen inorgánico. De igual manera se aprecian elementos como son oxígeno, aluminio, silicio, sodio, fósforo, potasio, hierro y calcio que sus picos son pequeños eso indica que la concentración en el lodo también es relativamente pequeña.

Figura 2. Análisis MEB del Lodo Residual



Fuente: Elaborado por los autores, 2010

4.2. Caracterización del producto de vermicomposteo

En la Tabla 4. se muestran los resultados de la caracterización tanto del humus del lodo crudo como de los lodos con los residuos orgánicos añadidos, ambos vermicomposteados.

Tabla 4. Resultados de la caracterización fisicoquímica de los humus del vermicomposteo de lodos residuales

Parámetro	Valor		
	Humus de Lodo Crudo	Humus Lodo con Residuo Orgánico 10 %	Humus Lodo con Residuo Orgánico 20 %
Humedad	45%	47.1%	49.3%
pH	6.9	7.3	7.45
Nitrógeno	2.6 %	2.71%	2.77%
Fósforo	5 %	6.3%	8.76%
Magnesio	2.5%	3.235	5.7%
Materia Orgánica	58%	175.4%	181.81%
Carbono Orgánico	30%	101.08%	108.36%
Relación C/N	11.5	37.3	39.12

Fuente: Propia de los autores, 2010

En estos resultados se muestra claramente el efecto que tiene la adición de los restos de residuos orgánicos sobre los valores de los parámetros fisicoquímicos determinados en los tres diferentes humus que fueron generados en la vermicomposta. Este efecto es directamente proporcional a la cantidad adicionada a de residuos de comida orgánica. Esto se aprecia en los porcentajes de incremento que se observan en las diferentes pruebas, excepto en la variable del pH.

En Tabla 5. se muestran los resultados de la cuantificación de elementos señalados por la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT- 2000, que establece la fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. En cada caso se corrobora que ninguno de los elementos en cuanto a su concentración se consideran peligrosos para la fertilidad del suelo en caso que estos humus sean agregados a los suelos de cultivo de la comunidad Rosa Morada.

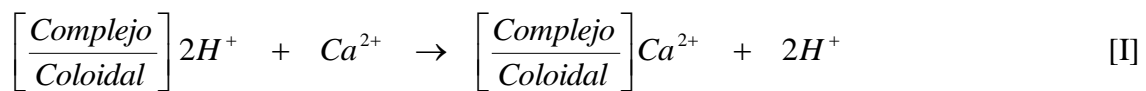
Tabla 5. Resultados de la determinación de los elementos considerados como micronutrientos.

<i>Elemento (mgKg⁻¹)</i>	<i>Humus de Lodo Crudo</i>	<i>Humus Lodo con Residuo Orgánico 10 %</i>	<i>Humus Lodo con Residuo Orgánico 20 %</i>
<i>Na</i>	5.130	6.23	7.1
<i>K</i>	3.7	4.65	5.21
<i>Ca</i>	16.517	20.3	23.81
<i>Cu</i>	0.119	0.131	0.14
<i>Pb</i>	0.176	0.181	0.186
<i>Mn</i>	0.011	0.024	0.32
<i>Fe</i>	3.81	4.12	4.43
<i>Cd</i>	0.003	0.003	0.003

Fuente: Propia de los autores, 2010

4.3. Estudios de Predominio de Especies

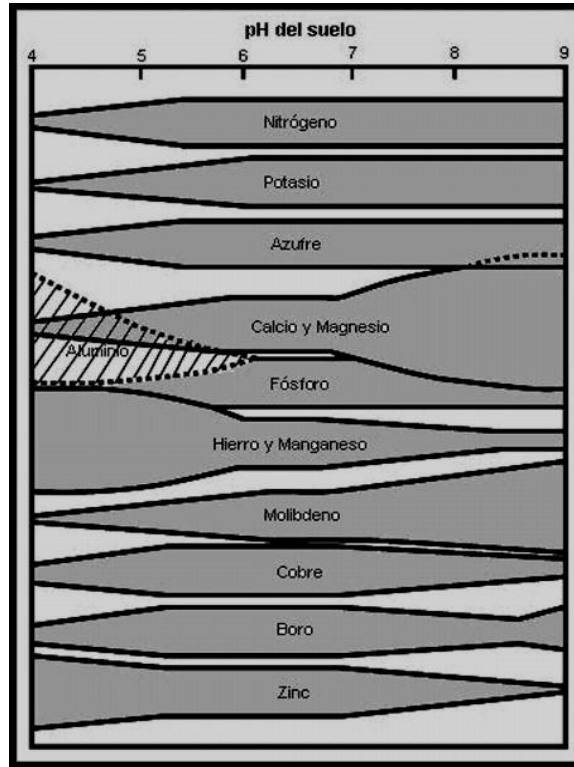
El pH sigue es el factor determinante para poder proponer qué es lo que sucederá al momento de incorporar el producto de la vermicomposta en los de cultivo de la comunidad Rosa Morada. Dado que el pH mostrado para los suelos de cultivo es moderadamente ácido (6.0-6.14), al momento de incorporar los productos de las vermicompostas el pH de dicha mezcla se incrementará hasta tocar la neutralidad, esto se debe principalmente a que dicho producto presenta el elemento Ca, lo cual provoca que la neutralización de la acidez de los suelos con los cuales se trabajó. La justificación de esta neutralización se aprecia en la reacción [I], el Ca en forma de ión divalente reemplaza a los protones del complejo coloidal, lo cual provoca un incremento del valor del pH, el protón resultante esta disponible para combinarse y formar otras especies.



Este análisis con respecto al pH es la base para realizar los estudios con respecto a los elementos de nitrógeno como amonio, nitrito y nitrato, carbono como carbonato, los cuales se presentaron en la propuesta de Martínez Sotelo y colaboradores (2011) empleando el programa de computación de predominio de especies llamado MEDUSA y en ellos se predice que al pH cerca de neutralidad el nitrógeno se presentara en forma de amonio (NH₄⁺), el carbono se presenta en forma de bicarbonato (HCO₃⁻), este último en su forma inorgánica, en su forma orgánica se presentara como constituyente de compuestos orgánicos los cuales durante el vermicomposteo fueron metabolizados por la lombriz californiana y de inicio tenían estructuras complicadas y similares a las proteínas, posteriormente conservarían su naturaleza orgánica pero la complejidad en estructura disminuiría drásticamente.

En cuanto a los elementos considerados como nutrimentos, podemos analizar varios puntos con base en la Figura 3. en la cual se muestra la disposición de estos en función del pH.

Figura 3. Disposición de micronutrientes en función del pH del suelo



Fuente: www.sagan-gea.org, 2010

Estos análisis y determinaciones, dan la pauta para predecir que es lo que ocurrirá con los nutrientes en los suelos al momento que se incorporen los humus de la vermicomposta de los lodos residuales.

4.4. Propuestas de Transferencia

En las propuestas de transferencia de nutrientes debemos de considerar los dos tipos de vermicomposteo de los lodos residuales, uno de manera cruda y otro que contiene un porcentaje en peso de residuos orgánicos. Los resultados de las correspondientes caracterizaciones fisicoquímicas muestran que los niveles de los nutrientes son más altos en el humus generado del lodo con residuos orgánicos incorporados, con esto se espera que la cantidad de nutrientes que sean transferidos a los suelos estudiados sea en mayor proporción comparado con el otro tipo de humus generado del lodo crudo.

Por otro lado hay que considerar también el origen de los lodos residuales, en este caso particular como se menciono estos fueron recolectados de una planta tratadora de aguas residuales, cuyas aguas contiene disueltos gran cantidad de sustancias

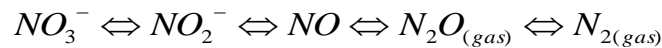
químicas de naturaleza orgánica, las cuales son consideradas como residuos de varios procesos industriales entre los cuales podemos citar a las farmacéuticas, alimentos, colorantes, polímeros, papel, etc. Esto da una idea de la gran diversidad de componentes orgánicos fueron metabolizados en un inicio por la lombriz californiana al realizar el vermicomposteo de dichos lodos,

Al momento de agregar el humus este experimentará varias reacciones metabólicas, de inicio el grupo de bacterias no esporógenas utilizarán los materiales orgánicos más asequibles, aminoácido, proteínas, disacáridos etc. Posteriormente aparecerán las bacterias esporógenas que metabolizaran compuestos más complejos que pudieran encontrarse en el humus. Para ser más específicos con la adición del humus de la vermicomposta se propone los siguientes escenarios que se presentaran en los suelos al momento de adicionar el humus y que a continuación se enlistan:

- La presencia de materia orgánica será fuente de energía para los microorganismos y microfauna.
- Se espera que las reacciones de condensación y polimerización se incrementen resultando finalmente en el aumento de la concentración de ácido fúlvicos y húmicos, cuya proporción variara dependiendo de las condiciones externas que se presenten en el suelo.
- Con la adición de la vermicomposta se espera que la concentración de materia orgánica aumente en los suelos señalados, esto traerá efectos positivos en sus propiedades químicas, físicas y biológicas. Este último tiene una función nutricional ya que actuara como una fuente de N, P y S para el crecimiento de las plantas, afectará profundamente la actividad de la microflora y la microfauna de igual manera promoverá una buena estructura, con lo cual mejora las labores de labranza, aireación y la retención de humedad.
- La acción microbiana puede mineralizar o inmovilizar el nitrógeno, si la relación carbono: nitrógeno es de 32:1 constituye un punto de equilibrio para la descomposición de los materiales orgánicos, este caso si se agrega el humus la proporción de C:N será mayor entonces una parte del nitrógeno será inmovilizado.
- Se espera un incremento en la producción del humus, el cual tendrá un rol indirecto en el suelo a través de sus efectos sobre la absorción de micro nutrientes por las plantas y la performance de los herbicidas y otros productos químicos de uso agrícola.
- Las propiedades químicas del suelo mejorarán en cuanto a la retención de agua, lo cual ayudará en la prevención de desecamiento, aumentará la formación de complejos con cationes polivalentes lo cual mejorara la disponibilidad de los micronutrientes para la plantas.
- La acción buffer se fortalecerá, ya que la materia orgánica mantendrá un valor de pH constante.
- La capacidad de intercambio (CIC) aumentará drásticamente, debido a la presencia de la materia orgánica.

Quivera 2011-1

- Aumentará la mineralización, esto generara CO_2 , $(\text{NH}_4)^+$, $(\text{NO}_3)^-$, $(\text{PO}_4)^{-3}$, $(\text{SO}_4)^{-2}$.
- Se puede presentar un efecto de descomposición llamado “*priming*” el cual se caracteriza por incremento en la emisión y pérdida de CO_2 por parte de los suelos, debido a una descomposición de la materia orgánica cuyo origen es la actividad microbiana inducida por el incremento de la materia orgánica. Cabe señalar que si la calidad de la materia orgánica es buena en grado de pureza será proporcional a la cantidad de CO_2 liberado del suelo.
- A la par de la mineralización, también se presenta la desnitrificación, esto debido principalmente a que el pH del suelo es neutro, hay presencia de materia orgánica, esto como se indico hay presencia de microorganismos, esto se deriva en una transformación del nitrato, esto se presentara ya que las bacterias tomaran al nitrato como aceptor de electrones para su respiración reemplazando al oxígeno. La reacción química que se propone es la siguiente:



Con lo cual el nitrógeno es emitido a la atmosfera en forma de nitrógeno diatómico.

- Afectará positivamente a la bioactividad, persistencia y biodegradabilidad de los fertilizantes por parte de los suelos.
- En función del tiempo, se formarán complejos los cuales unirán partículas de suelos en unidades llamadas agregados, con su presencia el agua se podrá infiltrar y percolar a través del suelo. De igual manera esto mantendrá la estructura porosa frente a la acción dispersante del agua.
- Se incrementara el tamaño de los poros, esto facilitara el intercambio de gases entre el suelo y la atmosfera, permitiendo el aporte del O_2 para las plantas.
- En cuanto a los micronutrientes de los elementos de potasio, azufre, calcio, magnesio, hierro, manganeso, cobre y zinc, estos estarán disponibles en el rango de pH que se propone para el crecimiento de plantas verdes, si se propone incorporar este humus de vermicomposta a los suelos que fueron utilizados para la agricultura.

5. Conclusiones y consideraciones

Una vez terminadas las correspondientes caracterizaciones se puede concluir lo siguiente:

- La actividad del cambio de uso del suelo de forestal a de cultivo en la comunidad Rosa Morada, tiene un efecto directo sobre las propiedades químicas de dicho suelo, por tanto en su fertilidad edáfica.
- La práctica de cultivo provoco que los parámetros de fertilidad de los suelos de cultivo muestren valores bajos, esto se constato en los porcentajes de humedad, capacidad de retención de agua, carbono, nitrógeno comparándolos con lo valores obtenidos de las pruebas realizadas a los suelos de bosque de la comunidad Rosa Morada.

Quivera 2011-1

- Debido a la actividad de Cultivo los suelos analizados muestran una pérdida de porcentajes de carbono y nitrógeno, que obviamente esto se debe a que la especie vegetal que se cultivo aprovecho estos elementos para su crecimiento.
- De igual manera son los resultados mostrados en los micronutrientes del suelo, como son Na, K, Ca, Mn, Fe. En cuanto a los elementos de Pb y Cd su presencia es baja.
- En cuanto al lodo residual empleado en la vermicomposta, este muestra valores altos de porcentajes de carbono, nitrógeno, esto se justifica debido al origen de lodo, ya que proviene de una planta de tratamiento que recibe aguas residuales de industrias de varios giros, como son colorantes, pigmentos, alimentaria, farmacéutica de ahí que muestre valores altos en estos dos parámetros.
- Los tres tipos de humus obtenidos de las vermicompostas de los lodos muestran valores altos en cuanto a los porcentajes de carbono, nitrógeno, fósforo, magnesio, esto se debe primero a la naturaleza del lodo residual y de los lodos con residuos orgánicos incorporados se establece que la cantidad de residuo incorporado es directamente proporcional a los valores de los parámetros estudiados.
- Este mismo comportamiento se observa en los micronutrientes o micronutrimientos que presentan los tres tipos de humus de vermicomposta.
- Se espera que con los estudios de predominio de especies las predicciones propuestas de las variaciones de resultados en los diferentes parámetros analizados se presenten en un porcentaje del 90 al 100 % de exactitud. Esto debido a que el humus de la vermicomposta tiene un efecto directo sobre el pH del suelo, estudios previos muestran que esto es un hecho con una seguridad del 90% de exactitud.
- Se espera que con estas incorporaciones de humus en los suelos de cultivo estudiados, estos recuperen su fertilidad, con lo cual serian aptos para un nuevo ciclo agrícola o recuperar dichos suelos para una campaña de reforestación y volver a recuperar su característica inicial de bosque.
- Para completar y corroborar estos estudios se propondrá monitorear el crecimiento de alguna especie vegetal, con lo cual se establecerá perfectamente el impacto que tiene la adición del humus de las vermicompostas sobre el crecimiento de la especie vegetal, tanto en altura como en materia seca.

Referencias Bibliográficas

- Andrade, M. A.; Marcel, P.; Reyzaabal. M. L.; Montero Ma. J.(2000) Contenido, evolución de nutrientes y productividad en un suelo tratado con lodos residuales urbanos. *Edafología*. 7(3) 21-29
- Capistrán F., E. Aranda y J.C. Romero. (2001). Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje. Instituto de ecología, A.C. Xalapa, Ver. 150p
- Corlay Ch. L., R. Ferrera C., J.D. Etchevers B., A. Echegaray A. y J.A. Santizo R. (1999). Cinética de grupos microbianos en el proceso de producción de composta y vermicomposta. *Agrociencia* 33: 375-380.
- Hernández A., R.C., (2001). “Evaluación de la concentración de metales pesados en cultivos de maíz y suelo enmendado con lodos residuales”, Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias.
- Illera V., Walter I. y Cala V. (2001), Niveles de metales pesados en *Thymus zygis* desarrollado en suelos enmendados con residuos orgánicos urbanos. Revista internacional de contaminación ambiental año7vol 17. numero 004.UNAM. D. F. Mexico pp 179-186.
- Martínez Gutiérrez Ricardo, (2004) “Efecto del acondicionamiento del Suelo con lodos municipales y composta en el cultivo de maíz: evaluación de metales pesados, productividad y calidad”, Tesis licenciatura.
- Martínez Sotelo Nelly, Alma Velázquez Rodríguez (2011) Predicción de la Transferencia de Nutrientes de Lodos Vermicomposteados a Suelos Forestales del Parque Nacional Nevado de Toluca. *Quivera*. (1) -----
- Reyes-Reyes, B.G. Zamora-Villafranco, E. Reyes-Reyes M.L., Frías-Hernández j. t., Olalde-Portugal, V. y Dendooven, L.(2003) Descomposition of leaves of huisache (*Acacia schaffneri*) and mesquite (*Prosopis spp*) in soil of the central highlands of Mexico, *Plant soil* 256:359-370.
- Santamaría-Romero Salustio, Ronald Ferrera-Cerrato, Juan J. Almaraz-Suárez, Arturo Galvis-Spinola e Isabelle Barois-Boullard. (2001) Dinámica y Relaciones de Microorganismos, C-Orgánico y N-Total Durante el composteo y vermicomposteo. *Agrociencia*. 35 (4) 377-384
- Millares de Imperial Rosario, Eulalia Ma. Beltrán, Miguel Angel Porcel, Ma. del Mar Delgado, Ma. Luisa Beringola, José Valero Martín, Rosa Calvo e Ingrid Walter. (2002) Emergencia de seis cultivos tratados con lodo, fresco y comportado, de estaciones depuradoras. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 18(3) 139-146