UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

UNAN-León

EVALUACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS Y LOMBRICES DE TIERRA EN MUESTRAS DEL DEPÓSITO MUNICIPAL DE BASURA DE LA CIUDAD DE LEÓN PARA SU BIORREMEDIACIÓN A TRAVÉS DE BIOENSAYOS

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CALIDAD AMBIENTAL

Presenta:

ING. EN AGROECOLOGÍA TROPICAL

JORGE LUIS ROSTRÁN MOLINA

Tutor Académico: Ph.D. JUAN CARLOS SÁNCHEZ MEZA

Tutor Adjunto: Ph.D. XIOMARA CASTILLO ALTAMIRANO

León, Nicaragua

Julio del 2012

Universidad Autónoma del Estado de México
UAEM

3° (EV. DE GRADO)
OFICIO NO 384/2012

Toluca, México, 27 de junio de 2012

P. DE MAESTRIA EN CALIDAD AMBIENTAL
JORGE LUIS ROSTRAN MOLINA
FACULTAD DE QUIMICA
P R E S E N T E

La que suscribe Directora de la Facultad de Química, dependiente de la Universidad Autónoma del Estado de México, comunica a Usted que el Jurado de su Evaluación de Grado estará formado por:

FIRMA

Dr. Juan Carlos Sánchez Meza
PRESIDENTE

M. en S.H.O. Lidia Sandoval Flores
SECRETARIO

M. en I. Víctor Francisco Pacheco Salazar
PRIMER VOCAL

Dra. Xiomara del Pilar Castillo Altamirano
SEGUNDO VOCAL

M. en C.Juan Duley Castellon
TERCER VOCAL

M. en I. Luis Gutiérrez Jaimes
SUPLENTE

M. en C.A. María Magdalena García Fabila
SUPLENTE

A T E N T A M E N T E
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO
"2012, Año internacional de la Energía Sostenible para Todos"

M. en A.P. GUADALUPE OFELIA SANTAMARIA GONZALEZ
DIRECTORA

U. A. E. M.
FACULTAD DE QUIMICA
DIRECCION

c.c.p.Archivo

AGRADECIMIENTOS

Con las palabras más sinceras agradezco

- A Dios y su omnipotencia por darme la fortaleza, salud e iluminación para concluir esta fase de estudio.
- A mi esposa Danelía del Carmen Martínez Torres por su amor, tolerancia, fortaleza y apoyo que me permitió avanzar en el aspecto profesional y humano, para contribuir a la formación y desarrollo de una mejor Nicaragua.
- A mis hijos Jorge, Luis y Bismark Rostrán Martínez por ser la fuente de inspiración, fortaleza y el banco de amor que me han permitido superar los obstáculos encontrados.
- A mi Madre María Molina y hermanos (as) Benito, Ileana, Juanita, María Teresa, Ana Cristina, Rodolfo, Otto, José Julián, Alina Caridad, Flor de María y María José por su apoyo incondicional y ser la luz al final del túnel.
- Al equipo de trabajo Socorro Llanes, Wualia Gonzales, Martin Alemán Castellón, Adonis Gutiérrez Valladares, por su valiosa colaboración para enriquecer esta investigación.
- A mis tutores Ph.D. Xiomara Castillo y Ph.D. Juan Carlos Sánchez por compartir momentos amenos, conocimientos, experiencias y su valiosa amistad.
- Al apoyo de Secretaría de Relaciones Externas de la Embajada de México, al gobierno de México por el Convenio de Colaboración México-Nicaragua, a la UAEMex por la exoneración de pagos de

colegiatura y graduación y al apoyo de movilidad académica a través del Convenio ANUIES-CSUCA. Al gobierno de México y su embajada en Nicaragua, por su apoyo económico para la exoneración de aranceles de estudio.

- Al grupo de profesores que a través de la UAEM hicieron posible la ejecución de la Maestría en Calidad Ambiental en coordinación con la UNAN-León.
- A todos los profesores de la UAEM y la UNAN-León que impartieron cátedras en Calidad Ambiental, gracias por compartir sus conocimientos y experiencias.
- A los miembros revisores y del jurado gracias por su aporte para enriquecer este documento.

INDICE **Página**

AGRADECIMIENTOS I
RESUMEN X
SUMMARY XII
INTRODUCCIÓN 16
CAPITULO I 20
I. OBJETO DE ESTUDIO 20
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 20
1.2. OBJETIVOS 23
1.2.1. Objetivo General 23
1.2.2. Objetivos Específicos 23
1.3. JUSTIFICACIÓN 24
1.4. HIPOTESIS 28
CAPITULO II 29
II. MARCO TEÓRICO 29
2.1. CLASIFICACIÓN DE LA BASURA SEGÚN SU COMPOSICIÓN 33
2.2. CONTAMINACIÓN 33
2.3. CLASIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES DE ACUERDO A SUS ESTADOS FÍSICOS Y FORMALES 35
2.4. CLASIFICACIÓN DE ACUERDO A SU FACILIDAD DE DEGRADACIÓN 35
2.5. CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DEL MEDIO AFECTADO 36
2.6. PROCESOS DE DESCOMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS EN LOS BOTADEROS Y RELLENOS SANITARIOS 37
2.7. GENERACIÓN DE LIXIVIADOS 38
2.8. METALES PESADOS 42

2.8.1. PLOMO (PB) 43
2.8.2. CROMO (CR) 45
2.8.3. CADMIO (CD) 47
2.9. BIODISPONIBILIDAD DE LOS METALES PESADOS EN EL SUELO 48
2.10. BIOACUMULACIÓN, BIOCONCENTRACIÓN, Y BIOMAGNIFICACIÓN DE METALES PESADOS 48
2.11. CUANTIFICACIÓN DE METALES PESADOS MEDIANTE ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA 49
2.12. INSPECCIÓN DE SITIOS PELIGROSOS SEGÚN AGENCIA PARA LAS SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES DEL DEPARTAMENTO DE SALUD PÚBLICA ATSDR (DÍAZ-BARRIGA GTZ, 1997) 51
2.12.1. VISITA AL SITIO 52
2.12.2. DESCRIPCIÓN DEL SITIO 52
2.12.3. TIPOS DE CONTAMINANTES 53
2.12.4. PUNTOS DE EXPOSICIÓN 53
2.12.5. ANÁLISIS PRELIMINAR DE RUTA DE EXPOSICIÓN 54
2.12.6. LOS MECANISMOS DE TRANSPORTE Y EL DESTINO DE LOS CONTAMINANTES USUALMENTE PUEDEN SIMPLIFICARSE EN CUATRO CATEGORÍAS BÁSICAS 55
2.12.7. FACTORES QUÍMICOS QUE AFECTAN EL DESTINO Y TRANSPORTE DE LOS CONTAMINANTES 56
2.13. BIOENSAYOS ECOTOXICOLÓGICOS 56
2.14. TIPOS DE BIOENSAYOS 61
2.15. LOMBRICULTURA 61

2.15.1. POTENCIAL DE LA LOMBRICULTURA 62
2.15.2. LOMBRICES DE TIERRA 64
2.15.3. ESPECIES DE LOMBRICES 65
2.15.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS LOMBRICES EISENIA *FOETIDA* Y EUDRILLUS SPP. 65
2.16. ABONO ORGÁNICO TIPO BOKASHI 66
2.17. RESPIRACIÓN MICROBIANA 67
2.18. MANEJO DE LA BASURA EN LOS DEPÓSITOS MUNICIPALES 68
2.19. BIORREMEDIACIÓN 70
CAPITULO III 72
III. MATERIALES Y MÉTODOS 72
3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO 73
3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES UTILIZADOS 74
3.2.1. MATERIALES UTILIZADOS EN BIOENSAYO DOSIS-RESPUESTA (PROBIT) CON LOMBRICES DE TIERRA 74
3.2.2. MATERIALES PARA BIOENSAYO CON DOS DENSIDADES POBLACIONALES DE LOMBRICES DE TIERRA 75
3.2.3. MATERIALES UTILIZADOS EN BIOENSAYO ACTIVIDAD MICROBIANA 75
3.3. ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS CONTAMINADAS DEL DEPÓSITO DE BASURA MUNICIPAL 76
3.4. METODOLOGÍA 77
3.4.1. DISEÑO EXPERIMENTAL 77
3.4.2. MÉTODO DE INSPECCIÓN DE SITIO SEGÚN AGENCIA PARA LAS SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES DEL

DEPARTAMENTO DE SALUD PÚBLICA ATSDR (DÍAZ-BARRIGA GTZ, 1997) 77
3.5. ESTABLECIMIENTO DE LOS BIOENSAYOS 78
3.5.1. ESTABLECIMIENTO DE BIOENSAYO DOSIS-RESPUESTA 78
3.5.2. ESTABLECIMIENTO DEL BIOENSAYO CON DOS DENSIDADES POBLACIONALES DE LOMBRICES DE TIERRA 81
3.5.2.1. Fases para el establecimiento del bioensayo 81
3.6. ESTABLECIMIENTO DE BIOENSAYOS ACTIVIDAD MICROBIANA (EMISIÓN CO_2) 89
3.6.1. DETERMINACIÓN DE LA RESPIRACIÓN BASAL/INDICADOR DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA 89
3.6.2. REACTIVOS 89
3.6.3. EJECUCIÓN Y DETERMINACIÓN 90
3.7. ANÁLISIS DE LABORATORIOS PARA MUESTRAS SOLIDAS Y LIXIVIADOS 92
3.8. CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA Y CARBÓN TOTAL 92
3.8.1. MÉTODO WALKLEY – BLACK – MATERIA ORGÁNICA 92
3.8.2. MÉTODO DE I. V. TIURIN – CARBONO TOTAL 93
3.9. TASA DE DESCONTAMINACIÓN EN SÓLIDOS 94
3.10. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS 94
CAPITULO IV 95
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 95
4.1. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS PRELIMINAR DEL BASURERO MUNICIPAL DE LA CIUDAD DE LEÓN CON METODOLOGÍA SEGÚN ATSDR 95

4.1.1. INFORMACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO BASURERO MUNICIPAL DE LEÓN 95
4.1.2. BASES PARA LA CALIFICACIÓN DE LOS SITIOS INSPECCIONADOS (BASURERO MUNICIPAL FORTÍN DE ACOSASCO) 98
1) Antecedentes del sitio (máximo 17 puntos) 98
2) ¿Existe preocupación Social? 100
4.1.3. TIPOS DE CONTAMINANTES PRESENTES EN EL FORTÍN DE ACOSASCO 101
4.1.4. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL (MÁXIMO 28 PUNTOS) 103
1) Análisis preliminar de la contaminación 103
2) Toxicidad del Contaminante más significativo 105
4.1.5. ANÁLISIS DE RUTAS DE EXPOSICIÓN (MÁXIMO 15 PUNTOS) 106
4.2. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE LOMBRICES DE TIERRA EN LA PRESENCIA Y CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES EN MUESTRAS DEL BASURERO MUNICIPAL DE LA CIUDAD DE LEÓN 110
4.2.1. COMPORTAMIENTO DEL pH Y TEMPERATURA EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS EN EL BIOENSAYO DE CUBETAS (1400 CM^3) DOSIS/RESPUESTA DURANTE LOS 28 DÍAS 110
4.2.2. BIOENSAYO DOSIS/RESPUESTA CON LOMBRICES DE TIERRA EN CUBETAS DE 1400 CM^3 EN LOS TRATAMIENTOS DURANTE 28 DÍAS 112
4.2.3. COMPORTAMIENTO DE LA REPRODUCCIÓN DE LOMBRICES DE TIERRA Y CONCENTRACIÓN DE NO_3^-, CR, PB, CD PREVIO Y POSTERIOR DE LA APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS 119
4.3. EFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS EN EL CONTENIDO DE CONTAMINANTES Y LA ACTIVIDAD MICROBIANA EN MUESTRAS DEL

BASURERO MUNICIPAL DE LA CIUDAD DE LEÓN A TRAVÉS DE BIOENSAYOS 130
4.3.1. INFLUENCIA DE SUSTRATOS ORGÁNICOS CONTAMINADOS SOBRE LA RESPIRACIÓN MICROBIANA (TABLA N°5) 130
4.3.2. CONCENTRACIÓN INICIAL DE NO_3^-, CR, PB, CD, MATERIA ORGÁNICA Y CARBÓN TOTAL EN MUESTRAS DEL BASURERO (SOLIDAS) Y CONCENTRACIONES FINALES EN LOS TRATAMIENTOS CON ABONOS ORGÁNICOS BOKASHI, LOMBRIABONO EN 22 DÍAS DE INCUBACIÓN 139
CAPITULO V 142
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 142
5.1. CONCLUSIONES 142
5.2. RECOMENDACIONES 144
VI. BIBLIOGRAFÍA 145
ANEXO 1 159
1.1. INFORMACIÓN REQUERIDA PARA CADA SITIO PELIGROSO ATSDR 159
ANEXO 2 165
2.1. BASE PARA LA CALIFICACIÓN DE SITIOS INSPECCIONADOS 165
ANEXO 3 167
3.1. ESTADÍSTICOS DE LOS BIOENSAYOS CON LOMBRICES DE TIERRA 167
ANEXO 4 177
4.1. ESTADÍSTICOS DE LOS BIOENSAYOS CON ABONOS ORGÁNICOS 177

ANEXO 5 181

5.1. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE NO_3^-, CR, PB Y CD EN LAS MUESTRAS DEL BASURERO FORTÍN DE ACOSASCO 181

5.2. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS NO_3^-, CR, PB Y CD DE LIXIVIADOS DE LOS TRATAMIENTOS CON DOS DENSIDADES DE LOMBRICES (CADA 30 DÍAS) 182

5.3. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS NO_3^-, CR, PB, CD Y MATERIA ORGÁNICO, CARBONO TOTAL EN ABONOS ORGÁNICOS, BKSC, LBSC, SC Y LOS TRATAMIENTOS CON DOS DENSIDADES DE LOMBRICES DE TIERRA AL FINALIZAR LOS BIOENSAYOS 183

RESUMEN

En esta investigación se evaluó el uso de abonos orgánicos y lombrices de tierra como biorremediadores con el objetivo de reducir los contaminantes en estudio del basurero municipal de León. Se caracterizó el lugar de trabajo. Se efectuó el análisis preliminar de la ruta de exposición con la metodología de ATSDR. Se establecieron tres bioensayos, dos con lombrices de tierra y uno con abonos orgánicos. En el primero se incubaron 10 lombrices de tierra ***(Eudrilus* sp.)** por cada tratamiento. Se midió la sobrevivencia, mortalidad y reproducción de lombrices. El segundo se montó para evaluar la reducción de los contaminantes en las muestras en estudio con dos densidades poblacionales de lombrices. La finalidad fue alimentar a las lombrices con la mezcla del material contaminado y estiércol de vacuno en proporción 1:1. El tercero se estableció con el propósito de determinar la actividad microbiana y la tasa de mineralización de la mezcla de material contaminado y abono orgánico. Este consistió en inocular dos tipos de abonos orgánicos bokashi y lombriabono. Los contaminantes a evaluar fueron Cr, Pb, Cd, NO_3^-. Los resultados muestran que no hubo mortalidad de lombrices. La producción de cocones se redujo a medida que se incrementaba el material contaminado en los tratamientos. Existe una correlación negativa significativa (P=0.004). En el bioensayo con dos densidades de lombrices se incremento la población de 14.29 a 20%. Se redujeron las concentraciones de Pb 99.99% a 93.35%, manteniéndose constante las concentraciones Cr y Cd. El NO_3^- se

incremento en ambos tratamientos. En los lixiviados las concentraciones de Cr estuvieron por debajo del nivel de detección del análisis químico en ambos tratamientos. El Pb decreció 59.46 a 43.24%. El Cd disminuyo 24.46 a 23.78%. El NO_3^- se incremento en ambos tratamientos. Las emisiones CO_2 evidencian el incremento de la actividad microbiana en los tratamientos evaluados. La calificación total para la caracterización del sitio fue de 41 puntos, indicando que existe un Riesgo Ambiental y de Salud Pública. El uso de lombrices de tierra y abonos orgánicos fueron efectivos para reducir las concentraciones de Cr, Pb, Cd.

SUMMARY

This research evaluated the use of organic manure and earthworms as bioremedial in order to reduce pollutants in landfill study of Leon. Characterized the workplace. Preliminary analysis was performed on the route of exposure to the methodology of ATSDR. Three bioassays were established, two with earthworms and one with organic fertilizers. In the first incubated 10 earthworms (Eudrilus sp.) for each treatment. We measured survival, mortality and reproduction of earthworms. The second was set up to evaluate the reduction of pollutants in the samples under study with two earthworm population densities. The purpose was to feed the worms with the mixture of contaminated material and cow manure in a 1:1 ratio. The third was established with the purpose of determining microbial activity and mineralization rate of the mixture of contaminated material and organic fertilizers. This was to inoculate two types of organic fertilizers and earthworms-fertlizer, bokashi. Pollutants evaluated were Cr, Pb, Cd, NO_3^-. The results show that there was no mortality of worms. The production of cocoons was reduced as contaminated material was increased in the treatments. There is a significant negative correlation (P = 0.004). In the bioassay with two densities of earthworm population increase of 14.29 to 20%. Reduced concentrations of Pb 99.99% to 93.35%, remaining constant Cr and Cd concentrations. NO_3^- was increased in both treatments. In leaching of Cr concentrations were below the detection level of the chemical analysis in both treatments. Pb decreased 59.46 to 43.24%.

The Cd decreased 24.46 to 23.78%. The NO_3^- was increased in both treatments. CO_2 emissions show an increase in microbial activity in the treatments. The total score for the characterization of the site was 41 points, indicating that there is an Environmental Risk and Public Health. The use of earthworms and organic fertilizers were effective in reducing the concentrations of Cr, Pb, Cd.

INTRODUCCIÓN

La basura que generamos diariamente es un reflejo de nuestra sociedad, nuestro estilo de vida, costumbres, conciencia ecológica y es por tanto tan diversa como nuestras comunidades (Sanchez M. 2010).

Los basureros, muchos localizados cerca de cuerpos de agua o establecidos en cualquier espacio disponible, sin las consideraciones técnicas adecuadas, han sido asociados con problemas de salud pública y detrimento ambiental. Esto obedece a que tanto en los basureros a cielo abierto, como en los rellenos sanitarios, se acumulan altas cantidades de desechos, contaminantes orgánicos e inorgánicos y además se presentan condiciones que favorecen la reproducción de ratas, moscas y mosquitos quienes actúan como vectores de enfermedades que afectan la salud humana, (Vrijheid, 2000 y Sánchez M. 2010).

Dentro de los contaminantes presentes en los basureros y rellenos sanitarios se encuentran los metales pesados, elementos metálicos con densidad mayor a 6 g/cm^3, ampliamente reconocidos por sus efectos adversos sobre el ambiente y la salud de la población. Los metales pesados contaminan las fuentes de agua y los suelos entre otros componentes del ambiente, se transfieren a las plantas y animales, por consiguiente entran y se acumulan en la red alimenticia. La transferencia de metales pesados a la flora y fauna

puede medirse por el grado de contaminación de un sitio, a través de la determinación de esos metales en especies bioindicadoras (World Health Organization 2000 y World Health Organization 2007).

La presencia de contaminantes en los basureros fue demostrada en un estudio realizado en el cerro de Moravia en Colombia por Integral 2000, donde se observó la presencia de algunos gases tóxicos y el contenido de metales pesados en lixiviados producidos en el cerro de Moravia. En el estudio se reportaron concentraciones elevadas de los siguientes metales pesados: Cr, Pb, Cd y Ni, corroborando el alto nivel de contaminación presente en el morro (basureros a cielo abierto) de basuras (Sanchez M. 2010).

El basurero municipal de León, Nicaragua ubicado en el Cerro el Fortín Acosasco, bordeado por la microcuenca del Rio Chiquito y zonas productivas agropecuarias, ubicado a 600-1000 metros de longitud del casco urbano de la ciudad, esta oficialmente clausurado, pero hasta la fecha se continua depositando basura de manera ilegal por pobladores y pequeñas empresas cercanas al sitio.

El basurero de la ciudad de León estuvo en funcionamiento durante 20 años y se clausuró a finales del año 2009, sin embargo, a la basura en todo ese tiempo no se le dio ningún tipo de tratamiento, convirtiéndose en un vertedero de basura a cielo abierto (se botaba la basura colina abajo), este tipo de sistema y su ubicación

ocasionan impactos negativos al ambiente, declarado como foco de contaminación por el Ministerio de Salud de Nicaragua (MINSA, 1998) por no cumplir con ningún requisito sanitario.

La localización del basurero resulta incompatible con las previsiones del Plan Maestro Estructural de la Ciudad de León que se plantea como objetivo “potenciar la actividad turística del Cerro “El Fortín de Acosasco” y sus alrededores, a través de la recuperación del edificio para uso recreativo (www.fundacionecologicaydesarrollo.org).

Está demostrado que la utilización de macroorganismos y/o microorganismos degradan o transforman diferentes compuestos nocivos en otros de menor toxicidad o materia orgánica en descomposición, promueve el crecimiento de microorganismos degradadores (Romero, 2000). Estas degradaciones o cambios ocurren usualmente en la naturaleza y con una adecuada manipulación de los sistemas biológicos se aumenta la velocidad de cambio o degradación (Muñoz, 1997).

Muchos tratamientos biotecnológicos de contaminantes son considerados biorremediación, sin embargo, algunos autores difieren entre ambos procesos. “En estricto rigor un sistema de tratamiento de efluentes o un sistema de compostaje no son biorremediación, son tratamientos biológicos o mixtos para evitar la contaminación (biotecnología), en cambio la biorremediación se utiliza para revertir

un daño". Tanto el tratamiento de residuos como la biorremediación usan microorganismos, pero lo distintivo de la biorremediación es la aplicación de una tecnología a posteriori, una vez que se ha producido el daño ecológico.

La biorremediación es una alternativa económica y amigable con el ambiente, por lo que cada día se hace más factible solucionar estos problemas en combinación con métodos fisicoquímicos (Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI de la U de G. 1999).

Con esta investigación se propone caracterizar el sitio y realizar un análisis preliminar de las rutas de exposición en el basurero municipal de León, evaluar el uso de abonos orgánicos y lombrices de tierra en muestras de sustrato provenientes del basurero como alternativas para la biorremediación y establecer las bases para la restauración de uno de los sitios históricos contemporáneos más importante de la ciudad de León como es el Área del Fortín de Acosasco.

CAPITULO I

I. OBJETO DE ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Datos proporcionados por el Ing. William Pérez Responsable de Desechos Sólidos de la Alcaldía Municipal de León (Enero 2011), manifiesta que el basurero municipal del Fortín de Acosasco estuvo funcionando durante 20 años y fue clausurado en el 2009. El basurero o relleno sanitario actual de la ciudad de León esta localizado camino al Chagüe, tiene 2 años y 1 mes de estar funcionando. Los depósitos de basura municipales de las ciudades de Nicaragua, una vez que han sido rellenados y por ende cerrados, representan un potencial peligro para la sociedad civil, en especial para las comunidades colindantes a ellos.

El peligro latente de estos depósitos están relacionados con las emanaciones de gases tóxicos como el metano, amoníaco, acido sulfhídrico y dióxido de carbono. Estos gases son de alta combustión, convirtiéndose en fuentes de posibles incendios a gran escala, por lo general estos incendios son espontáneos. Un hecho concreto es el caso del depósito de basura de la cuidad de Granada, en el año 2007 se produjo un incendio de gran escala y su control duró 12 días de trabajo de la diversas instituciones como la Cruz Roja y el cuerpo de bombero de esta ciudad (Mulligan M. 2007). Así

mismo los depósitos desprenden fluidos tóxicos a las fuentes de agua subterráneas, como por ejemplo: cromo, plomo, cobre, sulfatos y nitratos. Estos elementos y lixiviados contaminan los pozos aledaños al depósito de basura.

El Fortín de Acosasco de la Ciudad de León, es un sitio con relevancia histórica contemporánea, fue donde ocurrió una de las gestas más importantes para que triunfara la Revolución Sandinista en 1979. Las Alcaldías Municipales desde finales de la década de 1980 han hecho esfuerzos por restaurar y convertir este sitio en museo histórico y zona recreacional como atractivo turístico nacional e internacional. El principal problema para hacer estas pretensiones una realidad ha sido la presencia del Basurero Municipal (clausurado), ubicado en los linderos del fortín, representando un riesgo para los visitantes.

Los problemas ambientales relacionados con el basurero municipal de León, son la cercanía a las zonas urbanas principalmente del barrio de Sutiava y Guadalupe, cambios en el paisaje, la generación de lixiviados y escorrentías en época lluviosa, emanación de gases, malos olores, la presencia de metales pesados, la dispersión de partículas por el viento, fuentes potenciales de contaminación en suelo, aguas y aire. La diseminación de los contaminantes se facilita por encontrarse el basurero en el área más alta de la zona. No hay que obviar que los basureros Municipales se pueden convertir en focos de reproducción para animales vectores (ratas, moscas,

zancudos, etc.) de enfermedades que pueden ser transmitidas a los seres humanos. Se hace necesario plantear acciones concretas para solucionar estas problemáticas en el basurero del Fortín de Acosasco y la biorremediacion es una de las herramientas viables para iniciar el proceso de recuperación del sitio.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Evaluar el uso de abonos orgánicos y lombrices de tierra como biorremediadores en la reducción de contaminantes en muestras del depósito de basura municipal de la ciudad de León.

1.2.2. Objetivos Específicos

★ Caracterizar el sitio y realizar análisis preliminar de las rutas de exposición en el basurero municipal de la ciudad de León según ATSDR.

★ Determinar el efecto de la aplicación de lombrices de tierra en la presencia y concentración de contaminantes en muestras del basurero municipal de la ciudad de León a través de bioensayos.

★ Determinar el efecto de abonos orgánicos en el contenido de contaminantes en muestras del basurero municipal de la ciudad de León a través de bioensayos.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Los depósitos de basura y la mayoría de sus contaminantes son minas explosivas para el futuro, por la cantidad de energía que liberan a través de los procesos de descomposición: "si se les aplican sistemas de pirolisis a las aguas residuales y la basura, se generarán elementos que al aumentar la temperatura, producirán energía". Una vez que se han agregado oxígeno y nutrientes a la basura, ellas producen lo necesario para vivir, sólo hay que acelerar sus procesos naturales para que se alimenten y eliminen los contaminantes rápidamente (Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI), de la U de G. 1999).

La biorremediación es una alternativa económica y amigable con el ambiente, por lo que cada día se hace más factible solucionar estos problemas en combinación con métodos fisicoquímicos (CUCEI, de la U de G. 1999).

La utilización de microorganismos que degradan diferentes compuestos nocivos en otros de menor toxicidad y/o materia orgánica en descomposición, promueve el crecimiento de microorganismos degradadores (Romero, 2000). Estas degradaciones o cambios ocurren usualmente en la naturaleza y con una adecuada manipulación de los sistemas biológicos puede aumentar la velocidad de cambio o degradación (Muñoz, 1997).

Se han realizado estudios, en los cuales se utilizan lodos residuales, corteza de árboles, pedacitos de madera, frutas en descomposición, heces y otros materiales para degradar los compuestos orgánicos presentes (Eweis, et al., 1999).

Los abonos orgánicos son productos obtenidos de la conversión de desechos orgánicos presentes del hogar, la agricultura, mercado, desazolve de drenes, entre otros, el material obtenido es relativamente estable, llamado humus, producto de procesos de descomposición aeróbica bajo condiciones controladas, particularmente de humedad, temperatura y aeración, en el cual participan bacterias, hongos y actinomicetos.
La calidad del humus dependerá de la materia orgánica utilizada en su producción, teniendo humus con diferentes características fisicoquímicas al igual que microbiológicas, mientras mayor sea la diversidad de elementos que dan origen al humus mayor será el contenido de nutrientes y de microorganismos.

Existen diferentes procesos de producción de humus, entre ellos están la composta de superficie y de excavación, lombrihumus, Bokashi, nutribora y elementos que pueden enriquecer ese humus como las harinas y los violes o fermentos, todos con la finalidad de tener un humus de calidad.

La utilización de abonos orgánicos y lombrices de tierras como biorremediadores de los depósitos municipales de basura, es la alternativa para acelerar los procesos de descomposición, a través de estos se inoculan diferentes microorganismos.

Es una tecnología de bajo costo y fácil de aplicación que incorpora al sustrato de los depósitos de basura materia orgánica y microorganismos capaces de desdoblar sustancias y/o retener elementos químicos contaminantes para salud humana, fuentes de aguas subterráneas y superficiales, emanación de gases, sin olvidar que estos depósitos se pueden convertir en inóculo de enfermedades que puedan desencadenar una epidemia.

El aprovechamiento de estas áreas después de clausurado el basurero a corto o mediano plazo no es posible, pero con la aplicación de los abonos orgánicos y lombrices de tierra esto puede ser posible y convertir la zona en una área de amortiguamiento arbórea y que a la vez sirva como indicador biológico y se convierta en una zona de recreación.

La información recopilada en el Departamento de Gestión de Desechos Sólidos de La Alcaldía Municipal de León (cuadro N°1.), permite realizar una estimación aritmética simple del volumen promedio de basura potencialmente depositada en el basurero del Fortín de Acosasco fue de 748,471.2 m^3 en 20 años de operación.

Cuadro N°1. Alcaldía municipal de León, departamento de gestión de desechos sólidos, informe de ejecución física PIAM 2010. (Proyecto nº95).

	Actividades	U/M	Promedio Mensual
1.	Barrido de calles	Km. lineales	1385,51
2.	Volumen de desechos recolectados por el barrido de calles.	M^3	431,77
3.	Total de Desechos recolectados por el Tren de Aseo hacia el RSM	Toneladas	3118,63
4.	Participación con el Tren de Aseo en jornadas de limpieza	Jornadas	3,92
5.	Total de viajes de camiones producidos por las jornadas de limpieza	Viajes	12,83
6.	Volumen de desechos transportados en jornadas de limpieza	M^3	71,67
7	Barrios atendidos por el Tren de Aseo en jornadas de limpieza	Barrios Rptos.	11,92
8	Limpieza de Cunetas (recolección de tierra).	Km. lineales	11,17

Fuente: Ing. William Pérez Paniagua Resp. Dpto. Desechos Sólidos,
Lic. Pablo Alberto Vargas Director de Gestión Ambiental

1.4. HIPOTESIS

La utilización de abonos orgánicos y lombrices de tierra son efectivos en la reducción de contaminantes en muestras del depósito municipal de basura para su biorremediación.

CAPITULO II

II. MARCO TEÓRICO

La palabra basura proviene del latín versūra, derivado de verrĕre, que significa "barrer". Por esto se puede decir que el significado original fue "lo que se ha barrido"(Van de Moortele, N). La basura se puede considerar todo aquello que ha dejado de ser útil y por tanto, tendrá que eliminarse o tirarse. La basura es todo aquello considerado como desecho y que se necesita eliminar. Es un producto de las actividades humanas al cual se le considera sin valor, repugnante e indeseable por lo cual normalmente se le incinera o se le coloca en lugares predestinados para la recolección para ser canalizada a tiraderos o vertederos, rellenos sanitarios u otro lugar. (Neri Vela, R. 1990).

La basura constituye un problema para muchas sociedades, sobre todo para las grandes ciudades así como para el conjunto de la población del planeta. Debido a la sobrepoblación, las actividades humanas modernas y el consumismo han acrecentado mucho la cantidad de basura que generamos; lo anterior junto con el ineficiente manejo que se hace de la basura provoca problemas tales como; la contaminación que se resume en problemas de salud y daño al medio ambiente, además de provocar conflictos sociales y políticos. La basura es quemada o llevada a tiraderos, lo que constituye de una u otra forma un conjunto de problemas de diversa

índole como la contaminación de suelo, agua , aire, afectaciones a la salud, exposición de las personas que trabajan como pepenadores, incendios espontáneos etc. (Van Deuren et al.,1997).

Antes de convertirse en basura, los residuos han sido materias primas que en su proceso de extracción, son por lo general, procedentes de países en desarrollo. En la producción y consumo, se ha empleado energía y agua, en 7 países, que son únicamente el 20% de la población mundial, consumen más del 50% de los recursos naturales y energéticos de nuestro planeta. (Van Deuren et al., 1997). La sobreexplotación de los recursos naturales y el incremento de la contaminación, amenazan la capacidad regenerativa de los sistemas naturales. (Neri Vela, R. 1990).

El problema de la basura en todo el mundo se está lidiando con mecanismo dirigidos a reducir, reciclar, reusar y recuperar los residuos generados, con la finalidad de reducir el impacto ambiental, social y económico que tiene este componente de todas las ciudades y países del globo terráqueo. Estudio realizado por Thesis Consultores, S.C. en el año 2002 en México, pone de manifiesto algunos ejemplos para el reciclaje, reusó y recuperación de residuos sólidos descritos en la imagen Número 1, 2 y 3.

Imagen 1. Ciclo productivo y de vida del Polietilen Tereftalato

Imagen 2. Ciclo productivo y de vida del cartón

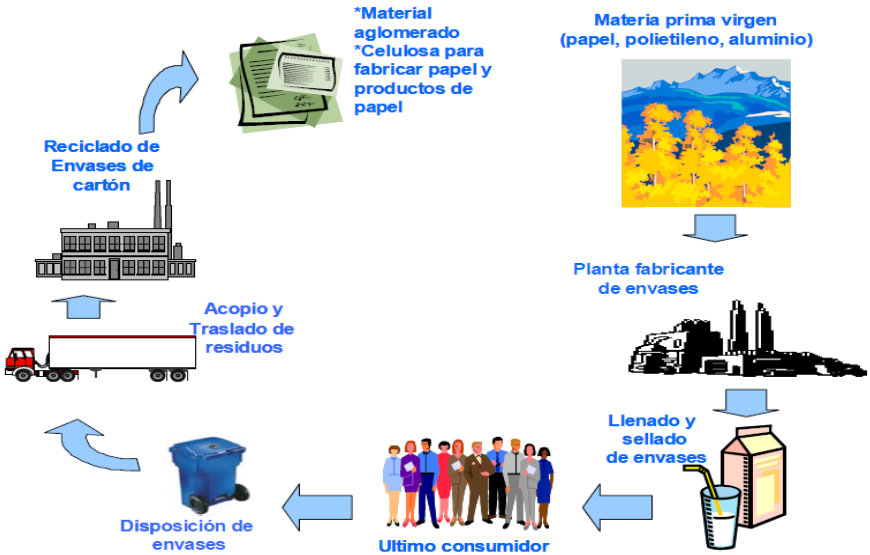
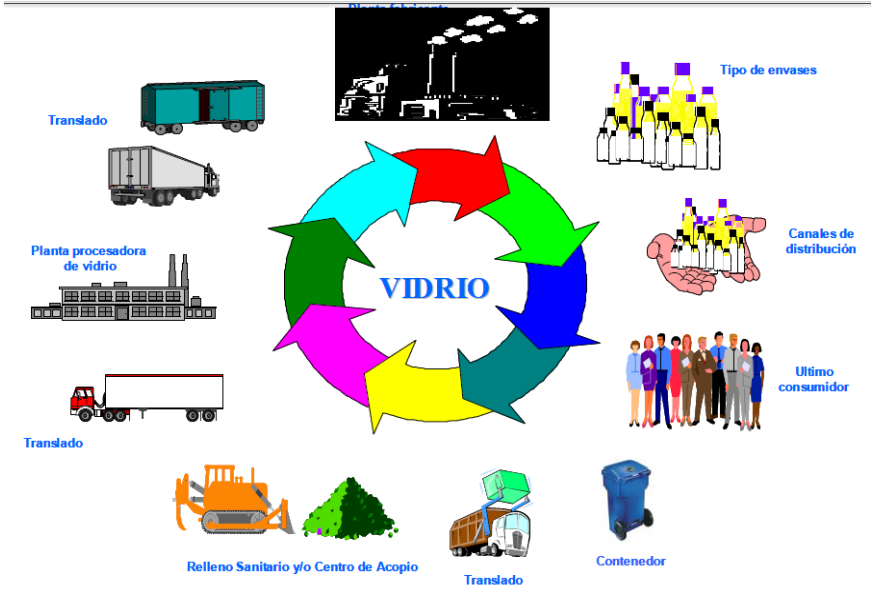


Imagen 3. Ciclo productivo y de vida del vidrio



2.1. Clasificación de la basura según su composición

a) Basura orgánica: se genera de los restos de seres vivos como plantas y animales, ejemplos: cáscaras de frutas y verduras, cascarones, restos de alimentos, huesos, papel y telas naturales como la seda, el lino y el algodón. Este tipo de basura es biodegradable.

b) Basura inorgánica: proviene de minerales y productos sintéticos, como los siguientes: metales, plástico, vidrio, cartón plastificado y telas sintéticas. Dichos materiales no son degradables.

c) Basura sanitaria: son los materiales utilizados para realizar curaciones médicas, como gasas, vendas o algodón, papel higiénico, toallas sanitarias, pañuelos y pañales desechables, etcétera. (Van Deuren et al., 1997).

2.2. Contaminación

La contaminación es la alteración nociva del estado natural de un medio como consecuencia de la introducción de un agente totalmente ajeno a ese medio (contaminante), causando inestabilidad, desorden, daño o malestar en un ecosistema, en el medio físico o en un ser vivo. Es siempre una alteración negativa del estado natural del medio y por lo general, se genera como consecuencia de la actividad humana (Van Deuren et al., 1997).

Los basureros causan problemas ambientales que afectan el suelo, el agua y el aire: la capa vegetal originaria de la zona desaparece,

hay una erosión del suelo, contamina a la atmósfera con materiales inertes y microorganismos. (Neri Vela, R. 1990).
Con el tiempo, alguna parte de ellos se irá descomponiendo y darán lugar a nuevos componentes químicos que provocarán la contaminación del medio y causan que el suelo pierda muchas de sus propiedades originales, como su friabilidad, textura, porosidad, permeabilidad, intercambio catiónico, concentración de macro y micronutrientes (Van de Moortele, N. s.f.).

También puede ocurrir un movimiento vertical, que penetre el subsuelo y en muchas ocasiones alcance los mantos freáticos y acuíferos. Los lixiviados pueden definirse como líquidos que al percolarse por las capas del suelo u otro material sólido permeable, van disolviéndolo en su totalidad o algunos de sus componentes. Los lixiviados pueden presentar un movimiento horizontal o sea que se desplazarán a lo largo del terreno, contaminando y dañando así el suelo y vegetación tanto del terreno como de zonas aledañas (Van de Moortele, s.f.). Los lixiviados arrojan como resultado un pH de 9 y la presencia de una gran cantidad de sales, lo que se refleja en una alta conductividad, en ausencia de oxígeno y en alto contenido de metales pesados, como el cadmio, cromo, cobre, fierro, plomo y zinc cuyas concentraciones rebasan los límites de toxicidad (Van Deuren et al., 1997).

2.3. Clasificación de los contaminantes de acuerdo a sus estados físicos y formales

Sólidos: polvo, cenizas, residuos, desperdicios, basura, detergentes, fertilizantes, plaguicidas, chatarra.

Líquidos: aguas residuales, aguas negras, aceites, petróleo crudo, fertilizantes, plaguicidas.

Gaseosos: humo, gases, insecticidas y aerosoles.

Biológicos: microorganismos en general bacteria, virus, hongos.

Energía: calor, radioactividad, ruido, residuos naturales (Van de Moortele, s. f.).

2.4. Clasificación de acuerdo a su facilidad de degradación

Degradación rápida: son aquellos que al entrar en contacto con el ambiente, contaminan por un tiempo breve, ejemplo: basura, aguas negras.

Degradación lenta: son aquellos que por su estructura no permiten una transformación inmediata. Ejemplos: residuos nucleares, insecticidas, aceites, petróleo.

Sicopatógenos: son aquellas manifestaciones que dañan la salud del hombre, perturbando su estructura orgánica y sistema nervios. Ejemplos: el ruido produce angustia, inestabilidad y modifica el medio (Van de Moortele, N s.f.).

2.5. Clasificación en función del medio afectado

Contaminación atmosférica: debida a las emisiones en la atmósfera terrestre. Los contaminantes principales son los productos de procesos de combustión convencional en actividades de transporte, industriales, generación de energía eléctrica y calefacción doméstica, la evaporación de disolventes orgánicos y las emisiones de ozono y freones.

Contaminación del medio hídrico: refiere a la presencia de contaminantes en el agua (ríos, mares y aguas subterráneas). Los contaminantes principales son los vertidos de desechos industriales (presencia de metales y evacuación de aguas a elevada temperatura) y de aguas servidas (saneamiento de poblaciones).

Contaminación del suelo: refiere a la presencia de contaminantes en el suelo, principalmente debidos a actividades industriales (almacenes, vertidos ilegales), vertido de residuos sólidos urbanos, productos fitosanitarios empleados en agricultura (abonos y fertilizantes químicos) y purines de las actividades ganadera (Neri Vela, R. 1990).

Las emanaciones de gases tóxicos como el metano, amoníaco, acido sulfhídrico y dióxido de carbono, asociados a los basureros municipales es un hecho comprobado (www.profesorenlinea.cl. s.f.). La acumulación de la basura a través de los años en los basureros, logra superar por lo general el nivel original del terreno tomando

forma de volcán, permitiendo el escurrimiento lateral de los lixiviados, que facilita el transporte de estos a los cuerpos de aguas superficiales y/o subterráneos. Debido a la gran cantidad de materia orgánica que contiene la basura, el crecimiento bacteriano es favorecido; a su vez, el metabolismo provoca una reducción de los niveles de oxígeno en los lixiviados, este ambiente reducido es responsable de la acidificación progresiva de los lixiviados, lo que facilita el transporte de los metales pesados hacia el acuífero y de ahí a las zonas de captación. En el caso del suelo hay cambios en la estructura, textura, pH y la concentración de minerales en especial los considerados metales pesados (Herrera, 2007).

2.6. Procesos de descomposición de los residuos en los botaderos y rellenos sanitarios

La materia orgánica presente en los residuos sirve como sustrato alimenticio para los microorganismos (tanto del microambiente del botadero o relleno sanitario, así como los presentes en los mismos residuos), los cuales descomponen la materia orgánica.

Este proceso es diferencial de acuerdo a la altura y presencia de oxigeno en un lugar determinado de la pila de residuos. Una vez los residuos son depositados en su sitio final, éstos empiezan un proceso de transformación que de acuerdo a Espinosa y González (2001) y Suthersan, (2001) puede describirse en cinco fases. En las primeras fases, las basuras se descomponen por la acción de

microorganismos aeróbicos. Sin embargo, a medida que el oxígeno presente se agota, se inicia la etapa de transformaciones anaeróbicas, en la que sucede la reducción de los nitratos y sulfatos a gas de nitrógeno y ácido sulfhídrico (H_2S).

En la siguiente fase (acidificación), se forman ácidos orgánicos y gas metano, como resultado del incremento en la población microbiana anaerobia. En esta fase se presenta la hidrólisis de compuestos molecularmente complejos como los lípidos, polisacáridos, proteínas y ácidos nucleicos; el segundo paso es la acidogénesis propiamente dicha, y la formación de ácido acético (CH_3COOH); en esta fase se produce dióxido de carbono (CO_2). El pH bajo en esta fase, puede incrementar la biodisponibilidad de metales pesados presentes. En la fase de metanogénesis, el ácido acético y el gas hidrógeno son transformados en metano (CH_4) y dióxido de carbono, la producción de ácidos se reduce, lo cual incrementa el pH y puede observarse menor disponibilidad de metales pesados. En la fase de maduración, la fracción de carbón orgánico y nutrientes disponibles, se convierten en un factor limitante, el nivel de actividad microbiana se reduce. La producción de gas metano también se reduce considerablemente.

2.7. Generación de lixiviados

Los lixiviados (líquido de consistencia densa, en el cual se encuentran numerosos compuestos suspendidos tales como ácidos orgánicos, hidrocarburos, amonio, sulfatos y metales pesados

disueltos), se generan como resultado de la percolación de líquidos a través de los desechos, la acumulación de humedad producto de la descomposición bacterial y de la presión que ejercen las capas superiores de residuos depositados en botaderos a cielo abierto o rellenos sanitarios. En el proceso de percolación, el agua solubiliza y arrastra el material orgánico e inorgánico. Los lixiviados se consideran como una consecuencia inevitable de la disposición de residuos y una alta amenaza de contaminación ambiental, debido a la migración del lixiviado hacia aguas subterráneas. La cantidad de lixiviados se incrementa hacia la fase anaeróbica del proceso de transformación de residuos (Suthersan, 2001).

Las características de los lixiviados varían de acuerdo al lugar de donde provienen, especialmente al tratamiento previo de los residuos depositados (separación) y a la edad del botadero o relleno sanitario. Por ejemplo, Giraldo en el 2001, indica que los lixiviados en los rellenos sanitarios de los países en vías de desarrollo presentan concentraciones mayores de amoníaco y metales pesados, que aquellos de países desarrollados.

Contenido orgánico de los lixiviados: generalmente se mide en términos de demandas química y biológica de oxígeno (DQO y DBO respectivamente) que son indicativo de la cantidad total de materia orgánica y materia orgánica fácilmente biodegradable presente. Estos parámetros (medidos como mg/L), cuantifican la cantidad de

oxígeno necesario para la conversión de carbono orgánico a CO_2 y agua, o la cantidad de oxígeno que los microorganismos utilizan en convertir la materia orgánica, para los lixiviados es común calcular la relación DBO/DQO.

La Demanda Biológica de Oxigeno (DBO) es la cantidad de oxígeno necesaria para que una población microbiana heterogénea estabilice la materia orgánica biodegradable presente en una muestra de agua residual. La DBO representa una medida indirecta de la concentración de materia orgánica e inorgánica degradable o transformable biológicamente En condiciones normales de laboratorio la DBO se cuantifica a 20 ºC durante un período de 5 días, con valores expresados en mg/L O_2 (DBO5). La Demando Química de Oxigeno (DQO) es la cantidad de oxígeno consumido en la oxidación química de la materia orgánica presente en una muestra, para su determinación se emplea un agente oxidante fuerte, en medio ácido y con elevada temperatura, en presencia de un catalizador como el sulfato de plata. Carbono orgánico total (COT) designa a un grupo de diversos compuestos orgánicos en varios estados de oxidación. Algunos de los cuales son susceptibles de oxidación química o bioquímica (DQO, DBO). Las moléculas deben romperse en unidades de carbono simples y ser convertidas en una forma molecular sencilla que pueda medirse cuantitativamente, sometiéndolas a procesos oxidantes.

Generalmente son convertidas a dióxido de carbono (GuiaAmbiental.com.ar. 2012).

El tiempo transcurrido desde la disposición de los residuos, juega un papel muy importante tanto en la composición como en la relación DBO/DQO. En general, se considera que los lixiviados recientemente producidos contienen mayor cantidad de amoniaco, fósforo, detergentes, sales, hierro, calcio y magnesio, así como una mayor concentración de metales pesados que los lixiviados provenientes de una fase de maduración. En los lixiviados recientes, la alta cantidad de ácidos orgánicos incrementa la DQO y la DBO. La relación DBO/DQO para un lixiviado viejo es baja, indicando una baja biodegradabilidad de la materia orgánica (Giraldo, 2001; Suthersan, 2001). Además del contenido orgánico, los lixiviados presentan diferentes concentraciones de benceno, tolueno, tricloroetileno, xileno y metales pesados (Miller y Clesceri, 2003**;** Pinzon, 2010).

Los lixiviados pueden actuar como fuente de contaminación por metales (Clément et al., 1997), pero numerosos estudios han sugerido que las concentraciones son bajas y que no representan un peligro para el medio ambiente. La razón de las bajas concentraciones en los lixiviados es su inmovilización por absorción y precipitación principalmente durante la fase metanogénica (Kjeldsen et al., 2002).

Narváez y Zeledón, 1995, Forsberg and Nilsson, 2006, (citado por Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua) estiman que en el basurero La Chureca ubicado en Managua, capital de Nicaragua a orillas del Lago Xolotlan, durante los 20 años de operación se han depositado al menos 90 toneladas de cadmio, 490 toneladas de cromo y 1400 toneladas de plomo.

2.8. Metales pesados

Uno de los principales grupos de contaminantes presentes en los basureros y rellenos sanitarios es el conformado por los metales pesados, también denominados metales tóxicos o metales traza. En la actualidad, no se cuenta con una definición estricta y completamente aceptada para este grupo, pero entre sus características principales se citan: una densidad mayor a 6 g/cm^3, su condición de no degradabilidad a través de procesos biológicos, algunos de ellos no tienen función biológica conocida y la acumulación en diferentes componentes de la red alimenticia, razones por las cuales se han calificado como una grave amenaza para la salud (Alloway, 1995; Barazani, 2004, Pilon-Smits, 2005).

Los metales pesados son elementos de ocurrencia natural en la corteza y atmósfera terrestres, pero el contenido de los mismos se ha incrementado en altas proporciones en ciertas regiones del mundo, debido a su continuo uso en las actividades industriales y agrícolas. El movimiento de los metales pesados se asocia con un

inminente riesgo de contaminación de agua subterránea y agua potable (Kabata y Pendias, 2004).

Los metales pesados de mayor interés en relación con la contaminación ambiental, los daños en agricultura y en la salud humana son: arsénico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), talio (Tl) y uranio (U) (Alloway, 1995). Sin embargo, bajo la misma denominación de metales pesados se encuentran el cromo y el níquel, dos elementos que aún siendo esenciales para las plantas en muy bajas concentraciones, han sido incluidos en este grupo por su extendido uso en procesos industriales, lo que ha facilitado su acumulación en grandes cantidades, causando toxicidad en animales y plantas (Shanker et al., 2005).

A continuación se describen las principales características de los metales pesados plomo (Pb), cromo (Cr) y cadmio (Cd), considerados como los de mayor abundancia en los basureros, de acuerdo a los estudios previamente reportados (Integral, 2000).

2.8.1. Plomo (Pb)

El plomo (número atómico 82) presenta una densidad de 11.4 g/cm^3 y es considerado uno de los metales pesados de mayor toxicidad. Las emisiones naturales de plomo se ocasionan por las sales del mar, volcanes e incendios forestales, entre otros. El consumo de combustibles fósiles, incineración de basura, la producción de hierro, acero y cemento se consideran las principales causas

antropogénicas de emisión de Pb. Otras fuentes importantes en el ambiente son las baterías, las pinturas, tuberías e insecticidas. Una vez que el Pb se deposita en el suelo, es inmovilizado por el componente orgánico y se encuentra en los primeros 5 cm superficiales. La adición de ácidos orgánicos puede incrementar la solubilidad y movilidad del Pb (Sharma y Dubey, 2005). En la naturaleza se encuentra como Pb elemental y tiene valencias 2^+ (en compuestos inorgánicos) y 4^+ (en compuestos orgánicos), formando metales como la galena (PbS), la cerusita ($PbCO_3$) y la anglesita ($PbSO_4$), entre otros (Casas y Sordo, 2006).

La exposición al plomo puede ocurrir a través de diferentes vías, como el agua alimentos, así como la inhalación a través de los pulmones. La ingestión de vegetales con altas concentraciones de Pb es la vía de mayor exposición de organismos en los niveles superiores de la cadena trófica. En los humanos, el efecto nocivo del Pb se ha asociado con daños neurológicos, especialmente por sus efectos negativos en el aprendizaje de los niños. Su acumulación se observa principalmente en los huesos. La absorción de Pb en los humanos sucede principalmente por la ingestión de alimentos, a pesar que la ingestión accidental de suelo contaminado, polvo y pintura son también importantes en el riesgo de contaminación, especialmente de la población infantil.

La toxicidad del Pb está asociada con graves condiciones cerebrales (edemas cerebrales y degeneración de neuronas), también se cita su interferencia con la síntesis de hemoproteínas y el efecto negativo en el funcionamiento renal, donde puede incluso generar cáncer (Timbrell, 2008). La absorción de Pb en el cuerpo ocurre a través de la ingestión inhalación y contacto dérmico. La toxicidad de Pb en el cuerpo humano, ha sido relacionada con varios procesos, entre los cuales se citan el incremento en la afinidad Ca^{2+}, la disrupción del metabolismo de Ca^{2+}, el bloqueo de absorción de Ca^{2+} en la mitocondria y en el retículo endoplasmático (ATSDR, 2007; Casas y Sordo, 2006). El estudio realizado por Olivera et al., (2007) en la ciudad de Cartagena, en muestras de sangre obtenidas de una muestra de población infantil, relacionó los niveles superiores a 10 µg/dL de Pb, con condiciones adversas presentes en las viviendas de dichos niños. En las viviendas de la población en Cartagena con altos contenidos de Pb, se llevaban a cabo actividades industriales clandestinas relacionadas con la metalurgia, o actividades pesqueras en las que el Pb se utilizaba en la construcción de redes de pesca. Dichas actividades fueron correlacionadas con contaminación del aire y de las superficies tales como paredes, pisos, muebles, ropa y juguetes.

2.8.2. Cromo (Cr)

Este elemento (número atómico 26), exhibe dos estados relativamente estables: el trivalente (Cr III) y el hexavalente (Cr VI),

de los cuales el último se considera altamente tóxico. Este metal se presenta naturalmente en el suelo en el rango entre 10 a 50 mg/kg. El Cr se utiliza en el procesamiento de cuero y en la obtención de acero y también hace parte de los ingredientes de agentes de limpieza. El Cr VI se utiliza en la industria para procesos de esmaltado de materiales y en los tanques de agua. El cromo se encuentra naturalmente como cromita ($FeCr_2O_4$) y en compuestos que contienen Pb, como en el caso de cromato de plomo, $PbCrO_4$ (Peralta-Videa et al., 2009). En el agua contenida en el suelo, la forma predominante de cromo es la hexavalente, presente como cromatos CrO_4^{2-} y dicromatos $Cr_2O_7^{2-}$, se caracteriza por ser tóxico y del alta movilidad (Suthersan, 2001). El Cr III tiene menor movilidad y menor toxicidad, se precipita como hidróxido de cromo $Cr(OH)_3$, (Becquer et al., 2003).

El Cr III, en concentraciones traza, es considerado como esencial para el metabolismo de proteínas en humanos y animales. Sin embargo, exposiciones constantes a este elemento pueden ocasionar daños en los riñones y en el hígado. La inhalación de Cr VI puede causar problemas respiratorios, como úlceras en las fosas nasales, incluso cáncer de pulmón. El contacto dérmico con esta especie de cromo se ha asociado a problemas de dermatitis, alergias y necrosis de la piel. El Cr VI inhalado puede oxidarse a Cr III que a su vez puede ligarse al ADN y causar mutaciones genéticas, (Peralta-Videa, 2009).

2.8.3. Cadmio (Cd)

El cadmio (número atómico 48), es liberado a la atmósfera por medio de erupciones de volcanes, arrastre de partículas o emisiones biogénicas, combustión fósil y por actividades antropogénicas (similares a las presentadas en Pb). De acuerdo a los contenidos normales de cadmio en el suelo alrededor del mundo, se puede determinar que el rango de ocurrencia de este metal está entre 0.07 y 1.1 mg/Kg y se considera que los valores mayores a 0.5 mg/Kg son el producto de actividades antropogénicas (World Health Organization, 2007).

El cadmio se considera un elemento no esencial en los sistemas biológicos. Las rutas de exposición a este metal son principalmente la dieta y el cigarrillo. El cadmio está presente en la gran mayoría de la comida, especialmente en los vegetales y en la comida de mar. En la población humana, los órganos donde este metal puede acumularse son los riñones y los huesos, ocasionando la excreción de proteínas de bajo peso molecular en la orina y un incremento en el riesgo de osteoporosis, así como un incremento en el riesgo de contraer cáncer de pulmón y de próstata. En estudios de laboratorio, se ha relacionado el contenido de Cd con mutaciones en líneas celulares. Los sectores de la población humana más sensibles a la exposición son las personas mayores, personas con diabetes y fumadores. El cadmio puede ser absorbido por el tracto digestivo, penetrar la placenta, dañar las membranas celulares y causar

mutaciones en el ADN. Como ocurre con el plomo, la ingestión directa e indirecta del Cd es la causa principal de contaminación con este metal y por tanto se considera como elemento del primer grupo de carcinógenos (Lalor 2008, Kabata-Pendias, 2004).

2.9. Biodisponibilidad de los metales pesados en el suelo

La biodisponibilidad de un metal pesado se define como la presencia del mismo en forma de especies iónicas libres que pueden ser absorbidas por el organismo y que una vez en el organismo, puede afectar de alguna manera el ciclo de vida del mismo. También puede definirse como la disponibilidad de un elemento para interactuar con animales, plantas o microorganismos (National Research Council, 2003).

2.10. Bioacumulación, bioconcentración, y biomagnificación de metales pesados

Estas definiciones están dada por la acumulación y concentración de metales pesados en los organismos vivos. El término bioacumulación indica la absorción de compuestos químicos observada en un organismo desde un medio biótico (recurso alimenticio) o abiótico (ambiente). El factor de bioconcentración es una forma cuantitativa de expresar la bioacumulación y se define como la proporción entre la concentración del compuesto químico en el organismo y la concentración de dicho compuesto en el ambiente o en la comida. El factor de bioconcentración en el caso de los

metales pesados se define como la proporción entre la concentración del metal en la biomasa del organismo y la concentración del metal en el medio que crece. Este es un factor determinante de la eficiencia de un organismo para remover los metales del medio. De acuerdo con Sun et al., (2009) y Zhang et al., (2007), las especies vegetales consideradas dentro del grupo de especies con potencial fitorremediador, presentan valores de Factor de Bioacumulación (FBC) mayores a 1.

La biomagnificación se refiere a la acumulación progresiva de los compuestos químicos a través de la cadena trófica. El proceso de biomagnificación es muy complejo, está influenciado por varios factores fisicoquímicos, fisiológicos y ecológicos, que interactúan con los hábitos de alimentación, metabolismo, tasas de crecimiento y preferencias de los predadores, todos ellos regulando la transferencia de contaminantes hacia niveles tróficos superiores. La bioacumulación y la bioconcentración de sustancias químicas son reconocidas como indicadores apropiados de los efectos biológicos de los contaminantes (Newman y Clements, 2008).

2.11. Cuantificación de metales pesados mediante espectrometría de absorción atómica

La espectrometría de absorción atómica (AA) es un método analítico que permite la determinación de la concentración de diferentes elementos metálicos como aluminio, calcio, cadmio, cromo, litio,

hierro, magnesio, potasio y sodio, en un orden de detección entre las $3x10^{-4}$ a más de 20 ppm en una solución. Es el método principal para determinar los niveles de metales pesados en muestras ambientales. Esta técnica se basa en el hecho que los átomos de un elemento en estado basal de energía pueden absorber radiación electromagnética que es característica de la estructura electrónica externa de dicho elemento. Previo a la determinación del elemento en una matriz, es necesario realizar una digestión ácida de los tejidos con el fin de destruir la materia orgánica y solubilizar el elemento a analizar. Por lo general, estos procedimientos de digestión se realizan con ácido nítrico solo (HNO_3) o en combinación con ácido perclórico ($HClO_4$), clorhídrico (HCl) o sulfúrico (H_2SO_4), (Cantle, 1982).

Los procesos que se observan en la determinación analítica de elementos mediante absorción atómica comprenden: la atomización de la muestra que inicia con la nebulización de la solución, mediante el uso de una llama producida por un gas oxidante y uno combustible. Una vez en contacto con la llama, el disolvente se evapora formando un aerosol molecular sólido. Posteriormente, la disolución de la mayoría de estas moléculas produce un gas atómico. Los átomos absorben la radiación electromagnética emitida por una lámpara de cationes con una longitud de onda característica. Respecto a las lámparas, las más utilizadas son aquellas denominadas de cátodo hueco. Estas lámparas se componen de un ánodo de wolframio y un cátodo cilíndrico que se hallan cerrados

herméticamente en un tubo de vidrio que contiene neón o argón. El cátodo de la lámpara contiene el metal cuyo espectro es el que se desea analizar. Una vez los átomos han absorbido la energía procedente de la lámpara de cátodo hueco, un monocromador que cumple la función de aislar las líneas espectrales no deseadas, de la longitud de onda seleccionada para el análisis. Finalmente una foto multiplicadora convierte la luz en señales eléctricas, que son analizadas por un detector (Skoog et al., 2000, Alloway, 1995).

2.12. Inspección de sitios peligrosos según Agencia para las Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades del Departamento de Salud Pública ATSDR (Díaz-Barriga GTZ, 1997)

El riesgo de contaminación que representa los basureros municipales, puede convertirse en un problema de calidad de las aguas y afectar la salud de la población. El riesgo principal que se presentan en Nicaragua son los desechos sólidos municipales, su disposición final en las áreas destinadas para este fin provoca una afectación directa sobre el entorno. Debido al tipo de materiales depositados pudieran incluirse materiales con características de ser peligrosos por lo cual es necesario aplicar una metodología que nos permita evaluar si este tipo de sitios representan un riesgo para la población o el ambiente.

La INSPECCIÓN es la fase que sigue a la obtención de un listado de sitios peligrosos. Considerando que los listados por lo general

incluyen a un gran número de sitios, se hace necesario el que la inspección sea una fase simple y económica. Pero al mismo tiempo, con la calidad suficiente para concluir con certeza si un sitio esta contaminado o no con sustancias químicas y/ó microorganismos patógenos. La fase de INSPECCION comprende cinco actividades: visita al sitio, monitoreo de la contaminación ambiental, selección de contaminantes críticos, análisis preliminar de rutas de exposición y estimación preliminar del riesgo. Al final del ejercicio, se aportan conclusiones y los sitios inspeccionados son calificados para determinar si requieren de un análisis más detallado.

2.12.1. Visita al sitio

La visita al sitio que se incluye en la INSPECCION es una visita rápida, de uno a lo máximo dos días. En el caso de que el sitio requiera de estudios más detallados, se pasa a la fase de Evaluación de la Exposición. En la INSPECCION la visita tiene tres objetivos: (1) describir el sitio; (2) reconocer el tipo de los contaminantes presentes en él y (3) definir cuáles serían los puntos de exposición.

2.12.2. Descripción del Sitio

En el reporte del documento deben describirse generalidades sobre: la localización del sitio, su demografía (tamaño y distancia de las poblaciones más cercanas), el problema ambiental (breve historia y antecedentes generales) y las principales quejas de la población en

torno del problema. La descripción del sitio debe ser breve pero completa.

2.12.3. Tipos de Contaminantes

Es claro que, sin análisis químicos previos, es difícil determinar con precisión a los contaminantes presentes en el sitio. Pero durante la visita, si pueden definirse con claridad suficiente los tipos de contaminantes; esto es, si se trata de un compuesto inorgánico, de un compuesto orgánico o de un agente microbiano. Para llegar a tal definición, durante la visita al sitio habrá que establecer con la mayor certeza posible, el origen de la contaminación. Las entrevistas con autoridades locales y con la población son de suma importancia para este fin.

2.12.4. Puntos de Exposición

Los puntos de exposición son los lugares donde la población entra en contacto con los contaminantes (por ejemplo: el grifo para la fuente de agua potable; el suelo en áreas de recreación infantil; los alimentos; etc.). Una buena selección de puntos de exposición es muy importante ya que el muestreo ambiental debe realizarse precisamente en ellos. La relevancia de los puntos de exposición estará determinada por los siguientes tres factores: (1) nivel aparente de contaminación (puntos en zonas contaminadas vs puntos alejados de la fuente de contaminación); (2) número de gente afectada en cada punto (imagine el caso de un poblado rural con un

solo grifo de agua de donde se abastece toda la comunidad); y (3) tipo de gente afectada (niños, adultos, ancianos, mujeres en edad reproductiva, etc.). Durante la visita al sitio, el evaluador responsable del estudio también debe definir zonas donde no existan evidencias de la contaminación, ya que en ellas se efectuará la toma de muestras basales, muestras que servirán para establecer el nivel natural de los contaminantes en la zona de estudio (Díaz-Barriga, GTZ, 1997).

2.12.5. Análisis preliminar de ruta de exposición

Una vez seleccionados los contaminantes críticos, el evaluador debe estimar la posibilidad de que dichos contaminantes se encuentren o puedan encontrarse en un futuro, en otros medios del ambiente. Para efectuar este ejercicio teórico, hay que tomar en cuenta los principios fisicoquímicos de cada sustancia. Con ellos podrá determinarse la capacidad de transporte de las sustancias a través de los medios y por consiguiente podrá definirse su destino ambiental. La evaluación de los mecanismos de transporte es muy importante para determinar la posibilidad de contaminación potencial más allá de las áreas muestreadas y define la necesidad de efectuar estudios adicionales de muestreo ambiental.

En general, el transporte ambiental involucra los movimientos de gases, líquidos y partículas sólidas, dentro de un medio determinado y a través de interfaces entre aire, agua, sedimento, suelo, plantas y

animales. Cuando una sustancia es emitida al ambiente, uno o más de los siguientes eventos pueden ocurrir:

Movimiento	**En agua, en sedimento suspendido, etc.**
* Transformación física	Volatilidad, lluvia, etc.
* Transformación química	Fotolisis, hidrolisis, oxidación/reducción, etc.
* Transformación biológica	Biodegradación, etc. y/o;
* Acumulación en uno o más medios	Incluyendo el medio originalmente contaminado.

2.12.6. Los mecanismos de transporte y el destino de los contaminantes usualmente pueden simplificarse en cuatro categorías básicas

1. Emisión es el escape o descarga de material contaminado desde la fuente.

2. Advección representa la migración del contaminante en sentido del movimiento del medio (por ejemplo: migración en la dirección de la corriente de un arroyo, migración en la dirección de los vientos predominantes, migración por el lavado de los suelos por corrientes superficiales, etc.).

3. Dispersión es la distribución de contaminantes en un líquido, gas o sólido debido a la colisión del contaminante con material presente en dichas fases.

4. Atenuación es la disminución de la cantidad de contaminante en el medio ambiental por fenómenos de degradación o de adsorción a elementos del propio medio.

Un evaluador debe buscar las respuestas a las siguientes interrogantes:

* ¿A qué velocidad están entrando los contaminantes al medio? (emisión).
* ¿A dónde se dirigen los contaminantes y que tan rápido están migrando? (advección)
* ¿Cuál es el grado de degradación de los contaminantes mientras están migrando? (atenuación)
* ¿Los contaminantes migrarán a otros medios? (transferencia entre medios).

2.12.7. Factores Químicos que Afectan el Destino y Transporte de los Contaminantes

El evaluador debe considerar factores de naturaleza química que podrían influir en el transporte del contaminante. Algunos de ellos se discuten a continuación:

Solubilidad en Agua. Los químicos muy solubles en agua se adsorben con baja afinidad a los suelos y por lo tanto, son rápidamente transportados desde el suelo contaminado hasta los cuerpos de agua superficial y/o profunda. La solubilidad también afecta la volatilidad desde el agua. Por ejemplo, los químicos muy solubles en agua tienden a ser menos volátiles y también muy biodegradables (Díaz-Barriga GTZ, 1997).

2.13. Bioensayos ecotoxicológicos

La determinación de los peligros resultantes de la contaminación accidental o deliberada de ambientes terrestres y acuáticos está, en la mayoría de países, aún limitada a la detección y cuantificación de los

presuntos contaminantes por análisis químicos (Persoone et al., 2000). Bioensayo es el proceso de determinar la potencia de una sustancia o de un material a partir de las respuestas producidas en organismos biológicos. Las dosis de substancia administradas pueden venir dadas en diferentes unidades de medida. Las respuestas son una medida del resultado de la aplicación de la substancia en determinadas dosis y pueden ser de varios tipos, se intenta establecer una relación funcional entre dosis y respuesta. En este sentido, tenemos un problema de regresión con una clara interpretación causa/efecto. Considerando la potencia de la sustancia como la dosis requerida para producir una respuesta determinada en un organismo biológico, el problema que surge a menudo es que tales respuestas pueden ser variables, estas dependen del animal o de la especie en el que han sido ensayadas. La utilización del bioensayo usualmente finaliza cuando la estructura química del principio activo ha sido determinada y el método químico de análisis ha sido desarrollado.

Desafortunadamente, esta metodología se ve limitada por los siguientes factores:

Los costos y dificultades técnicas de analizar cada sustancia química individual que pueda estar presente en la muestra. La dificultad de calcular o valorar los peligros y riesgos de la contaminación ambiental a partir de un conjunto de datos químicos (Persoone et al., 2000). Durante las últimas décadas la comunidad científica y reguladora se ha

dado cuenta gradualmente que se deben considerar metodologías biológicas para una valoración de la significancia ecológica de los peligros toxicológicos de los contaminantes. Las evaluaciones de efectos obtenidas con técnicas biológicas integran el impacto de todos los contaminantes a los que la biota está expuesta (Persoone et al., 2000). Bioensayos con especies experimentales selectas, representantes de comunidades biológicas de los ambientes considerados, se utilizan en la actualidad (rutinariamente en algunos países industrializados) para determinar efectos tóxicos y genotóxicos. Considerando la especificidad de la toxicidad respecto de las especies y de los químicos, la necesidad de un enfoque con una "batería de ensayos" con especies de distintos niveles tróficos, generalmente se acepta e implementa en la actualidad (Persoone et al., 2000).

Entre los organismos que se utilizan o se han utilizado para efectuar bioensayos ("tradicionales") se pueden mencionar, varias especies de:

Bacterias; algas azulverdosas; levaduras; hongos; protistas flagelados y ciliados; algas microscópicas; plantas vasculares; celenterados; nemátodos; rotíferos lombrices de tierra; moluscos; crustáceos; insectos; erizos de mar; peces; ranas y; mamíferos (ratones, ratas, conejos y otros) (Kaiser y Palabrica, 1991). Debe quedar claro que un balance entre análisis químicos, biológicos, toxicológicos y microbiológicos es siempre la mejor estrategia para generar la base

de información más amplia sobre peligros ambientales (Persoone et al., 2000).

La necesidad de pruebas biológicas se ha topado con el problema de costos asociados con las pruebas ecotoxicológicas, especialmente las utilizadas para control rutinario y monitoreo. Un problema mayor (si no el mayor problema) que limita la aplicación de bioensayos a un número restringido de laboratorios especializados, es la necesidad intrínseca y los altos costos de cultivo y mantenimiento continuo de "stocks" de organismos vivos para los ensayos (Persoone et al., 2000). Intensa investigación se ha llevado a cabo en las últimas dos décadas en varios laboratorios para desarrollar microbioensayos alternativos para permitir llevar a cabo pruebas rutinarias de bajo costo, con equipo y materiales básicos de laboratorio (Persoone et al., 2000).

Las principales características con las que debe contar un bioensayo son:
Debe ser poco caro o rentable.
Generalmente no requiere de trabajo intensivo.
Potencialmente debe poder procesarse un alto número de muestras.
Los cultivos de organismos deben ser fáciles de mantener o no requerir mantenimiento del todo.
Debe utilizar un modesto espacio de laboratorio e incubación.
Bajo costo de consumibles (p.ej., recipientes para los bioensayos).
Requiere de poco volumen de muestra (Blaise, 1991).

La publicación de Persoone et al. (2000) evidencia la gran variedad de bioensayos en pequeña escala desarrollados y la diversidad de aplicaciones que tienen. Algunos ejemplos del tipo de materiales o muestras que se puede analizar con los bioensayos de toxicidad son los siguientes:

Aguas naturales (subterráneas, superficiales, intersticiales), efluentes industriales (con o sin tratamiento), lixiviados (p.ej., de vertederos de desechos), lluvia, nieve.

Suelos, sedimentos, lodos, compost, deposiciones atmosféricas.

Sustancias químicas sintéticas o naturales (puras o mezclas), productos de consumo (doméstico o industrial), materias primas, biocidas, reactivos de laboratorio, pinturas preservantes para buques, medicamentos, extractos vegetales, alimentos, biotoxinas (algas, hongos, bacterias).

Entre las determinaciones que se pueden efectuar con los bioensayos se pueden mencionar las siguientes:

Evaluación de reducción de toxicidad (p.ej., en plantas de tratamiento).

Dosis/concentración letal/efectiva/inhibitoria media (p.ej., DL50, CE50, CI50; en toxicidad aguda y crónica).

Dosis/concentración mínima inhibitoria.

Concentración sin efecto observado.

Riesgo ecotoxicológico de aguas naturales, efluentes y otras matrices.

Potencial de eutroficación de aguas naturales o de efluentes líquidos.

Para procesar los resultados de los efectos observados y obtener los datos numéricos de las determinaciones de toxicidad aguda

mencionadas anteriormente, existen paquetes de cálculos estadísticos para computadora (p.ej., Dunnett, Spearman-Karber, Probit y otros) y métodos manuales de interpolación gráfica.

2.14. Tipos de bioensayos

La primera decisión es elegir una técnica de bioensayo, decidir entre la utilización de un ensayo directo o indirecto. En este sentido, se han de tener en cuenta las definiciones siguientes:

Ensayo directo: si los datos obtenidos resultan exactamente las dosis de substancia (dosis umbrales) medidas en cada individuo para las cuales se observa una respuesta específica.

Ensayo indirecto: si las muestras obtenidas para cada substancia consisten en la observación de la respuesta a diferentes dosis fijadas anteriormente.

(www.ciencia.glosario.net/medio-ambiente-acuatico/bioensayo-10261.html).

2.15. Lombricultura

Se entiende por Lombricultura las diversas operaciones relacionadas con la cría, producción de lombrices, y el tratamiento, por medio de éstas, de residuos orgánicos para su reciclaje en forma de abonos y proteínas. Es una tecnología basada en la cría intensiva de lombrices para la producción de humus a partir de un sustrato orgánico (Gonzalez E. sf.). Es un proceso de descomposición natural, similar al compostaje, en el que el material orgánico,

además de ser atacado por los microorganismos (hongos, bacterias, actinomicetos, levaduras, etc.) existentes en el medio natural, también lo es por el complejo sistema digestivo de la lombriz (Gonzalez E. s.f.).

En el intestino de la lombriz ocurren procesos de fraccionamiento, desdoblamiento, síntesis y enriquecimiento enzimático y microbiano, lo cual tiene como consecuencia un aumento significativo en la velocidad de degradación y mineralización del residuo, obteniendo un producto de alta calidad (Gonzalez E. s.f.).

2.15.1. Potencial de la Lombricultura

El potencial de las lombrices para el manejo de desechos orgánicos fue demostrado por Fosgate y Babb 1972, quienes alimentaron las lombrices con estiércol animal, obteniendo un kilogramo (peso fresco) de lombrices por cada dos Kg (peso seco) de estiércol; en igual forma Hartenstein 1981, logró reproducir sobre lodos activados, un número determinado de lombrices y observó que la biomasa se multiplico en 4 semanas (citado por Martínez C. 1996).

Sabine 1983 ha sugerido que el potencial del cultivo intensivo de lombrices para el manejo de desechos orgánicos es el siguiente:

1. Reducen las características nocivas de desechos orgánicos, eliminando los malos olores y reduciendo los microorganismos dañinos al hombre.

2. Especie domestica alcanzan en poco tiempo altas densidades de población debido a su rápida reproducción y fácil manejo en camas.
3. Obtención de útiles subproducto como fertilizantes orgánicos (ácidos húmicos y fúlvicos) y lombricomposta.
4. Producción de harina de lombrices, con altos contenido de proteínas para alimentación animal y humana.

La Lombricultura está relacionada con la mayoría de las disciplinas que participan directamente en la elaboración y producción de los alimentos que necesita el hombre para su subsistencia. El beneficio de la Lombricultura se traduce en una vida sana y un ambiente en equilibrio. Por lo tanto tiene relación con los siguientes factores:
Ecología: desde el punto de vista ecológico la Lombricultura reduce los problemas de contaminación generados por los desechos orgánicos que se producen diariamente en las comunidades humanas. La falta de un manejo adecuado de estos desechos produce microorganismos patógenos al hombre, larvas e insectos dañinos y hedores.

El deterioro del paisaje y la destrucción de los recursos naturales por el depósito de desecho en lugares de uso humano como los parques, playas, mares, lagos, ríos y aguas de manantial. Así mismo los desechos en vías públicas como carretera, monumentos y centro históricos. La acumulación de desechos en forma permanente sobre una superficie como es el caso de los estiércoles, puede llegar a

contaminar los mantos friáticos y arroyos por el escurrimiento constante del purín, material líquido con alto contenido de nitrógeno (Martínez C. 1996).

Agricultura: la capacidad de la lombriz para transformar grandes cantidades de desechos permite obtener en corto tiempo volúmenes altos de abono orgánico, el cual puede ser aplicado al suelo sin ocasionar residualidad nociva y daños a la semilla por contacto con el abono, como sucede en la fertilización química; al contrario, la activad de las lombrices renueva la vida en el suelo estimulando la función enzimática, gracias a la alta carga microbiana presente en excreta de lombriz (Martínez C. 1996).

2.15.2. Lombrices de tierra

La lombriz es una unidad que desempeña el papel más importante entre las criatura, se encarga de cerrar el circuito de la vida y de la muerte (Darwin, C. 1881). La lombriz de tierra es un activo y eficiente animal que cumple una función importante en la naturaleza, aunque es difícil de observa porque vive siempre oculta en la tierra, donde trabaja para mejorar y mantener vivo el suelo, del cual brotan día a día los alimentos que requieren los hombre y animales para vivir (Martínez C. 1996).

2.15.3. Especies de lombrices

Muy pocas especies de lombrices existentes en el mundo que pueden ser explotadas o reproducidas en cautiverio. Entre estas pocas pueden considerarse como las más conocidas la Roja Californiana (*Eisenia foetida*) y la Roja Cubana o Africana (*Eudrillus* spp). Estas especies pueden vivir solo en substrato con alto contenido de materia orgánica, la falta de esta ocasiona que la lombriz emigre en busca de alimentos, come al menos su propio peso diario, de ahí la necesidad de mantener alto contenido de materia orgánica en los bancos de producción (Rostrán J. 2007).

2.15.4. Características de las Lombrices *Eisenia foetida* y *Eudrillus* spp.

Las más conocidas son la Roja Californiana (*Eisenia foetida*) y Roja Cubana o Africana (*Eudrillus* sp). Pertenecen al reino animal, son gusanos verdaderos, no poseen dientes y su color va desde rojo con tonalidades oscuras hasta claras. Su cuerpo es cilíndrico y está compuesto de anillos que utilizan para desplazarse y llegan a medir 5 a 18 cm. Las lombrices viven en substratos (tierra) húmedas. Respiran por la piel. Tienen 5 corazones, 6 riñones, lo que favorece su actividad fisiológica (Martinez C. 1996). Los cocones (huevos) pueden medir de 2 a 4 mm, estos eclosionan a los 12 ó 14 días dependiendo de las condiciones presente en el sitio (temperatura, humedad), en condiciones adversa pueden eclosionar hasta los 21 días, de un cocón pueden emerger de 2 a 21 lombrices. Las

lombrices llegan a su madurez sexual a los 90 días después de nacida. Se aparean una vez a la semana y ponen de 1 a 2 cocones (huevos) (Rostrán, J. 2006).

2.16. Abono orgánico tipo Bokashi

El abono orgánico tipo Bokashi, se le define como un abono fermentado suavemente, producido a partir de estiércol de gallina, granza de arroz, semolina y melaza. Actualmente, no existe una fórmula para preparar los abonos orgánicos, sólo existen principios básicos y una tecnología que los propios agricultores deben desarrollar utilizando una variedad de alternativas y manejo de recursos naturales que existen en su medio.

Características

El proceso es rápido, entre 7 a 10 días.

Controlar a menos de 50 ºC de temperatura de fermentación.

Es de fácil manejo y liviano.

Reproduce gran cantidad de microorganismo benéfico para los cultivo.

El contenido del nutrimento es alto, no sólo se puede utilizar como abono base, sino también como abono adicional.

Mejora las propiedades físicas y químicas de los suelos (Rostrán J. et al., 2009).

2.17. Respiración microbiana

Actividad microbiana (Emisión de CO_2)

La función básica de las bacterias es la descomposición y mineralización de los residuos orgánicos, de donde obtienen su fuente energética y alimenticia. Mediante su metabolismo liberan al medio, sustancias como enzimas, proteínas, reguladores de crecimiento, metabolitos y algunos nutrientes. Algunos autores afirman que la biomasa microbiana y su actividad en el suelo puede ser empleada como índice de comparación entre sistemas naturales o como indicador de las variaciones sufridas en el equilibrio de un suelo debido a la presencia de agentes nocivos o su manejo productivo (Doran et al., 1994). Es decir, que los parámetros microbiológicos y por lo tanto bioquímicos, sirven para indicar posibles cambios netos en el equilibrio del suelo que no podrían detectarse con métodos tradicionales (Brookes, 1985; Doran et al., 1994; García y Hernández, 2000).

Debido al papel de los microorganismos en la descomposición de residuos, la medida de actividad biológica puede ser un indicador valioso del efecto del manejo del sistema sobre la población microbiana del suelo. Algunas de las técnicas utilizadas reflejan la actividad de individuos o grupos de organismos específicos, mientras que otras se refieren a la actividad total de la biota del suelo. Entre las primeras técnicas se encuentran la medición en el suelo de la actividad de diferentes enzimas como la catalasa,

hidrolasa, proteasa y ureasa. La actividad total de la población microbiana del suelo puede determinarse también mediante la técnica de respiración, que refleja la actividad biológica de la microbiota del suelo. Las células microbianas oxidan materiales reducidos (carbohidratos) produciendo elementos y compuestos disponibles, como el CO_2.

Dicha actividad puede evaluarse al medir el CO_2 producido o el oxígeno consumido como resultado del metabolismo de los microorganismos. La técnica más simple se basa en incubar el suelo libre de raíces en jarras de vidrio y de boca ancha herméticamente cerradas durante 10 días.

La determinación de este parámetro nos indica la actividad de la microflora, mediante la degradación de residuos de plantas, exudados y de materia orgánica del suelo. Debe tenerse claro que una alta tasa de respiración microbiana no necesariamente significa un resultado positivo, ya que si el sistema evaluado no tiene un aporte adecuado de nutrientes, puede ocurrir pérdida de C que lleve a un empobrecimiento del mismo.

2.18. Manejo de la basura en los depósitos Municipales

En las ciudades la basura lleva siendo un problema casi desde el origen de éstas, debido a la alta densidad de población y al hecho de arrojar la basura a las calles. Esto ha producido la proliferación de

insectos, roedores y microorganismos patógenos. Un mal sistema de gestión de las basuras, producirá un deterioro y depreciación del entorno debido a la contaminación del aire, agua, suelo y la pérdida de tierras agrícolas. (Neri Vela, R. 1990).

En Nicaragua, la composición física de los desechos sólidos puede establecerse y/o clasificarse como, materia orgánica (restos de alimentos, follaje), papeles y cartones, plásticos, cauchos y cueros, textiles, escombros, cenizas y lodos, metales férricos, metales no férricos, vidrios, huesos, madera, otros. La tendencia de la composición de la basura en Nicaragua, según estudio el Instituto de Nicaragüense de Fomento Municipal (INIFOM) es similar desde el año 1993 hasta el año 2000 con proporciones de: 80-85% de materia orgánica, 6-12% de papel y cartón, 2-7% de metal, 1-6 de plástico y vidrio, otros de 6-10%. Sin embargo el denominador común en todas las municipalidades hasta ese momento, es que no se implementaba ningún tipo de mecanismo para selección de los residuos sólidos en las diferentes comunidades.

En Nicaragua el basurero de la ciudad de León, está ubicado en los linderos de la fortaleza Fortín de Acosasco y empezó como un lugar de transición, mientras se conseguía un sitio apropiado, ya que hasta ese entonces funcionaba dentro de la ciudad, detrás del Estadio de León. Después de veinte años, continúa en el mismo lugar sin contar con un tratamiento adecuado de los desechos y

amenazando con desplomarse. Este lugar se empezó a utilizar como basurero municipal desde el 1986 hasta 2010. Según la Alcaldía Municipal de la ciudad de León, la producción de basura por cada persona en León es de 0.57 kilogramo recibiendo así 111 toneladas diarias. El 67% son desechos orgánicos y el resto materia inorgánica dirigida al único vertedero que existe (Flores M. 2006).

2.19. Biorremediación

Definida a principios de la década de los años 80 y proviene del concepto de remediación, que hace referencia a la aplicación de estrategias físico-químicas para evitar el daño y la contaminación en suelos. Los científicos se dieron cuenta que era posible aplicar estrategias de remediación que fuesen biológicas, basadas esencialmente en la observación de la capacidad de los microorganismos de degradar en forma natural ciertos compuestos contaminantes. La biorremediación surge como una rama de la biotecnología que busca resolver los problemas de contaminación mediante el uso de seres vivos (microorganismos y plantas) capaces de degradar compuestos que provocan desequilibrio en el medio ambiente, ya sea suelo, sedimento, fango o mar. Otro concepto, es la utilización de organismos vivos (plantas, hongos, bacterias, entre otros), para remover (extraer), degradar (biodegradar) o transformar (biotransformar) compuestos orgánicos tóxicos en productos metabólicos menos tóxicos o inocuos (Van Deuren et al. 1997).

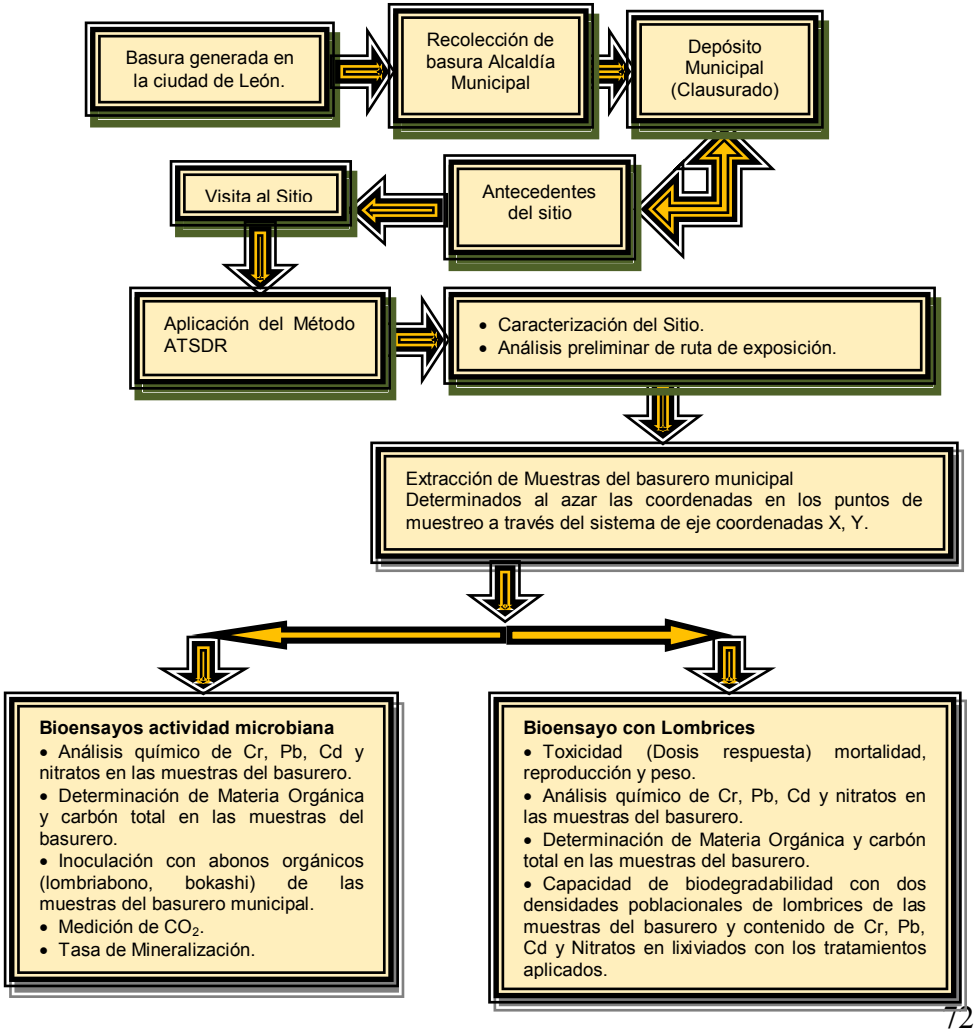
Los primeros procedimientos de biorremediación fueron empleados en la recuperación de zonas contaminadas con el petróleo, después fueron utilizados para la descontaminación de suelos con presencia de plaguicidas organoclorados y organofosforados; “se advirtió que los microorganismos no sólo eran patógenos, sino que además eran capaces de absorber compuestos orgánicos, algunos naturales, otros sintéticos, y degradables, lo que constituye el objetivo de la biorremediación”
(http://www.ingenieroambiental.com).

CAPITULO III

III. MATERIALES Y MÉTODOS

En la imagen N° 3 se resume el proceso de investigación, considerando las actividades de recolección de los desechos sólidos en la ciudad de León, previos a la deposición en el basurero Municipal Fortín de Acosasco.

Imagen N°3. Fases de la investigación



3.1. Descripción del área de estudio

El Basurero Municipal de León, actualmente clausurado, se encuentra ubicado en los linderos de El Fortín de Acosasco en la parte suroeste del casco urbano (Ver imagen N°4), en las coordenadas 12°25'0211"N y 86°53'3385"O en León, Nicaragua.

Imagen N°4. Foto Satelital del Basurero Municipal de León Fortín de Acosasco (Google, 2012)

Los bioensayos se realizaron en el Campus Agropecuario de la UNAN-León, situado a 1.5 Km al sureste de la ciudad de León, camino hacia la Ceiba, en el área de investigación y producción de abonos orgánicos. La zona presenta condiciones promedio de temperatura de 28.5 ºC con humedad relativa media de 75%, precipitación de 1500 mm anuales, 30–60% de sombra. El terreno

presenta topografía plana con una inclinación del 1%, la unidad de producción se ubica a una altitud de 90 msnm y en la latitud 12^0 26´ norte y longitud 86^0 53´ oeste.

3.2. Descripción de los materiales utilizados

3.2.1. Materiales utilizados en Bioensayo Dosis-Respuesta (probit) con lombrices de tierra

a) 18 Cubetas de plástico de 1600 cm^3 de capacidad (c/u)
b) 13965 cm^3 de lombriabono.
c) 735 cm^3 de estiércol de vacuno fresco.
d) 10500 cm^3 de basura previamente homogenizada
e) 180 lombrices adultas con clitelo desarrollado de tamaño ó peso homogéneo.
f) 2 bujías fluorescentes
g) 2 cepos de bujías
h) Un toma corriente Macho
i) Un toma corriente hembra
j) 20 metros de alambre duple n°12
k) Un atomizador manual de agua con volumen de 1 litro
l) 20 litros de agua con pH neutro.
m) Una mesa metálica con dimensiones de 3x1.15 metros (3.45 m^2)
n) 2 Termómetro REOTEMP
o) Cinta colorimétrica de pH con escala de 0-14.

3.2.2. Materiales para Bioensayo con dos densidades poblacionales de lombrices de tierra

En el estudio se utilizaron 9 kilogramos de lombrices, 9 tablas de madera de pino con dimensiones de 4.19 metros de largo, 25.4 cm de ancho y 25.4 mm de espesor, éstas se utilizaron para elaborar canoas de 0.08 m^3. Además plástico transparente de calibre 1000 que se utilizó para el recubrimiento de las tablas, clavos, termómetro con cubierta metálica, cinta colorimétrica para medir pH, 9 recipientes de 3 litros, 9 metros de manguera, 2 Termómetro REOTEMP y regadera de 10 litros.

3.2.3. Materiales utilizados en Bioensayo actividad microbiana

a) Abono orgánico tipo Bokashi 150 g; este abono es de fermentación suave pero rápida, por estar elaborado con materiales ricos en carbohidratos (semolina de arroz, almidón de yuca), rico en minerales y nitrógeno (gallinaza), energético (melaza y/o azúcar), carbón que proporciona un nicho para los microorganismos, absorción de agua y suelo preferiblemente con abundancia en materia orgánica que proporciona el inóculo de microorganismo.

b) Abono tipo Lombriabono 300 g; es la excreta de la lombriz de tierra y se caracteriza por su riqueza mineral y biológica, que actúa como mejorador de suelo en aspectos químicos, físicos y biológicos. Este abono por su contenido de humus permite la retención de metales y por la carga microbiana es capaz de desdoblar elementos químicos naturales y sintéticos.

c) 9 envases de vidrio de 3 litros de volumen con cerrojo (tapadera)
d) 9 envases de vidrio de capacidad de 120 cm^3 (vasos de Gerber)
e) NaHO (0,5 M; p.a Merck 6498) 2200 ml
f) HCL (1,0 M; Titrisol, Merck 9970) 500 ml
g) $BaCl_2$ (Solución saturada; p.a. Merck 1719) 150 ml
h) Fenolftaleína (0.1 g in 100 ml 60% Etanol; Merck 7227) 50 ml
i) Un rollo de papel parafilm "M"

3.3. Origen y características de las muestras contaminadas del depósito de basura municipal

Las muestras contaminadas fueron extraídas de los linderos sureste y suroeste de las estructuras del Fortín de Acosasco (Ver imagen 5 y 6), la basura depositada en este basurero no era selecciona (orgánica, inorgánica, reciclable, etc.) durante el tiempo operación, clasificado como mezcla compleja. El volumen de la muestra del basurero (tamizada) utilizado para el establecimiento de todos los bioensayos fue de 0.37 m^3.

Imagen N°5. Extracción de Muestra.

Imagen N°6. Tamizado de Muestras.

3.4. Metodología

3.4.1. Diseño experimental

Se establecieron dos bioensayos de laboratorio, donde muestras del basurero fueron inoculadas con 3 tipos de abonos orgánicos y el otro bioensayo se inoculó con lombrices de tierra. Estas mezclas conforman los tratamientos y se incubaron por 21 días para los inoculados con abonos orgánicos y 90 días para el caso de la inoculados con lombrices, que permita cerrar el periodo de reproducción y extraer 3 muestras de lixiviado. En el método de inoculación de muestras del basurero con abonos orgánicos se establecerá con Diseño Completamente al Azar (DCA) y con el método de aplicación de lombrices un Diseño de Bloque Completamente al Azar (DBCA). Cada tratamiento tendrá 3 repeticiones.

3.4.2. Método de inspección de sitio según agencia para las sustancias tóxicas y el registro de enfermedades del departamento de salud pública ATSDR (Díaz-Barriga GTZ, 1997)

Información requerida para cada sitio peligroso (ATSDR)

La recopilación de la información se realizó utilizando el formato adaptado por Diaz-Barriga en 1997. La información requerida para esta investigación está compuesta por dos acápites fundamentales Visita al sitio y Análisis preliminar de ruta de exposición, cada uno con subacapites (Ver anexo 1)

3.5. Establecimiento de los bioensayos

3.5.1. Establecimiento de bioensayo Dosis-Respuesta

El propósito de esta prueba es evaluar los niveles de toxicidad a diferentes dosis de basura recolectada del depósito de basura Fortín de Acosasco. En caso que ocurra mortalidad se realizó un análisis Probit de lo contrario el análisis de los datos se relazó con análisis de regresión simple.

El procedimiento de establecimiento de este bioensayo es una adaptación de bioensayos propuestos por la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos) y la EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos). La prueba consistió en incubar 10 lombrices de tierra *(Eudrilus* sp.*)* por cada dosis o tratamiento, en una mezcla previamente homogenizada de la basura, durante un periodo de 28 días. Finalizado los 28 días se requiere contabilizar la sobrevivencia y mortalidad de las lombrices de tierra incubadas en cada dosis, así como el peso de las mismas. En este caso la muerte de lombrices corresponde a lo que en Toxicología se considera el punto final de evaluación de esta prueba. Con los datos de muertes ocurridas de los organismos expuestos a cada dosis, se determina el valor de la dosis letal 50 (DL-50). Este valor representa la dosis de basura a la cual el 50% de la población de organismos se mueren. Se establecieron seis dosis o tratamientos con tres réplicas cada uno (EPA, 1996 y OECD, 1984).

Las proporciones volumétricas para cada tratamiento se definen en el Cuadro N°2.

Las diferentes dosis o tratamientos fueron colocadas en cubetas (panas) de 1600 cm^3 de volumen (Ver imagen 7 y 8). En cada cubeta se colocaron 1400 cm^3 en total de la mezcla homogenizada de lombriabono, estiércol fresco y residuo u basura del depósito municipal Fortín de Acosasco. Previo a la incubación de las 10 lombrices de tierra, se humedeció el material hasta obtener entre 75 y 85% de humedad, esta se mantuvo constante hasta finalizar el bioensayo.

Imagen 7. Cubetas o panas con 1400 cm^3 de mezcla para los diferentes

Imagen 8. Adición de H_2O a las cubetas para mantener humedad

Cuadro N° 2. Tratamientos para bioensayo dosis/respuesta

Tratamiento	Volumen de Lombriabono	Volumen de estiércol de bovino (5%)	Volumen de la muestra del basurero
Tratamiento 1 (0% basura)	1330 cm^3	70 cm^3.	
Tratamiento 2 (10% basura)	1197 cm^3	63 cm^3	140 cm^3
Tratamiento 3 (20% basura)	1064 cm^3	56 cm^3	280 cm^3
Tratamiento 4 (40% basura)	798 cm^3	42 cm^3	560 cm^3
Tratamiento 5 (80% basura)	266 cm^3	14 cm^3	1120 cm^3
Tratamiento 6 (100% basura)			1400 cm^3

Variables a medir

a) Temperatura ambiental cada 24 hora

b) Humedad relativa ambiental cada 24 horas

c) Temperatura de material en estudio colocada en las cubetas (tratamientos) cada 24 horas

d) pH del material en estudio colocada en las cubetas (tratamientos) cada 24 horas.

e) Sobrevivencia de lombrices en los tratamientos cada 7 días.

f) Mortalidad de lombrices en los tratamientos cada 7 días.

g) Número de cocones (huevos) de lombrices en los tratamientos cada 7 días.

3.5.2. Establecimiento del bioensayo con dos densidades poblacionales de lombrices de tierra

El en Cuadro N° 3 se definen los tratamientos para la inoculación de lombrices, para ser alimentadas con la mezcla de estiércol fresco de vacuno y material contaminado del basurero municipal.

Cuadro N°3. Tratamientos establecidos (con tres repeticiones cada uno)

Tratamiento uno Lombrices + Muestras contaminadas	1 kg de lombrices en un volumen de 0.08 m^3 (1 LMC).
Tratamiento dos Lombrices + Muestras contaminadas	2 kg de lombrices en un volumen de 0.08 m^3 (2 LMC).
Tratamiento Testigo (Muestras contaminadas)	Sin Lombrices (TMCS).

3.5.2.1. Fases para el establecimiento del bioensayo

(1) Construcción de canoas

Se elaboraron 9 canoas en forma de rombos de 0.088 m^3, cada una de ella comprende una unidad experimental. Estas se forraron con un plástico transparente de 1000 micras de calibre. En uno de los extremos de la parte inferior de la canoa se colocó un conducto (manguera) de polietileno de 16 mm de diámetro y en el extremo del conducto se ubicó un recipiente por canoa de 3 litros de volumen para recolectar los lixiviados (Ver imagen 9, 10 y 11).

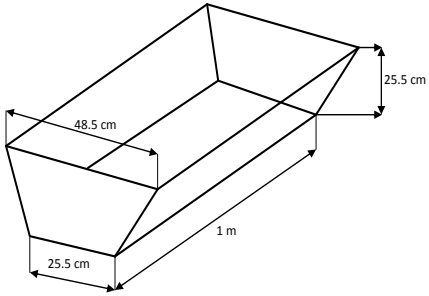


Imagen 9. Dimensiones de las Canoas de madera para el establecimiento del bioensayo con Lombrices.

Imagen 10. Perforación de canoa para colocación del conducto para recolectar lixiviados.

Imagen 11. Construcción de canoas de madera y forradas con plásticos de 0.088 m^3.

(2) Recolección de muestras

Se recolectaron las muestras del basurero municipal en el área colindante a la infraestructura del Fortín Acosasco a 100 metros con orientación al sur-este y sur-oeste. Se realizaron 9 calicatas de 1x1x0.5 metros, el método para la extracción de las muestras es un método probabilístico utilizando un plano cartesiano para la

ubicación de coordenadas y determinación de cada punto de muestreo (Ver imagen 12 y 13).

Las coordenadas “X” y “Y” se obtuvieron de manera aleatoria con el sistema de aleatoriedad integrado en la calculadora científica PROCALC PS-293. La coordenada” X” correspondió a los primeros dígitos del punto decimal y la coordenadas de las “Y” a los dos últimos dígitos del punto decimal, la escala utilizada fue en metros lineales. En caso que el primer digito tanto en el eje “X” o “Y” sea 0 se tomó como una coordenada en el área negativa del plano cartesiano. La intersección de las coordenada “X” y “Y” fue el lugar de muestreo. Se extrajeron 0.02 m^3 de muestra homogenizada por cada punto de muestreo. La homogenización de la muestra se realizó primeramente tamizando el volumen total extraído de la calicata, en un tamiz con calibre de 2 mm. Esto se realizó con el propósito de tener muestra con granulometría uniforme.

La última actividad se realizó 24 horas después mezclando y homogenizando las 9 muestras de 0.02 m^3 (Ver imagen 14 y 15) extraídas de la calicata realizadas en el basurero municipal las que fueron trasladadas al Centro Nacional de Referencia en Agroplasticultura del Campus Agropecuario de la UNAN-León y se colocaron en refrigeración a temperatura de 5 – 8 °C.

Imagen 12. Puntos de extracción de muestras del basurero municipal Fortín de Acosasco.

Imagen 13. Calicatas realizadas y características de los materiales.

Imagen 14. Traslado de las muestras del basurero municipal Fortín de Acosasco al CNRA-UNAN-León.

Imagen 15. Homogenización de las Muestras del Fortín de Acosasco

(3) Arreglo espacial de los tratamientos

El área total utilizada en el establecimiento fue de 20 m^2, en donde se distribuyeron los bloques con los distintos tratamientos, cada bloque tenía una distancia de 1 m y la distancia entre cada tratamiento es de 0.76 m. la orientación de cada bloque es de este a oeste y los tratamientos de norte a sur.

(4) Actividades realizadas para el establecimiento del bioensayo

1) Establecimiento del pie de cría: se inicia con proporcionarle un nicho a las lombrices, en vista de las características de los tratamientos el nicho se realizó con los primeros 20 cm de la superficie del suelo en una zona de arboleda, con el propósito de garantizar materia orgánica. El suelo recolectado se tamizó con un tamiz de 2 mm de calibre, posteriormente se colocó una capa de suelo en las canoas con tratamientos con lombrices de 10 cm de altura.

2) Inoculación de lombrices: se agregó agua hasta humedecer la capa de suelo colocada en las canoas, para obtener humedad de 70-80% que es la condición óptima de humedad para la sobrevivencia de las lombrices. Se inocularon las lombrices en dicho sustrato de acuerdo a los tratamientos definidos para este bioensayo en el Cuadro N° 3.

3) Alimentación: 24 horas después de haber inoculado el suelo con las lombrices se procedió a alimentar las lombrices utilizando el procedimiento siguiente: se mezclo la muestra contaminada con estiércol de bovino fresco en una proporción volumétrica de 1:1 (50% de muestras del basurero y 50% de estiércol de bovino). Esta mezcla uniforme se le agregó agua hasta obtener consistencia pastosa que permita distribuir uniformemente una capa de 1 a 2 cm sobre la superficie del nicho inicial de las lombrices (suelo). La

alimentación se realizó de acuerdo al nivel de consumo de cada tratamiento.

4) Riego: se realizó cada 24 horas, dependiendo de las condiciones ambientales se agregan de 1-3 litros por canoa. Esto se realizó utilizando una regadera para suministrar uniformemente el agua.

5) Muestras en sólidos:

Se realizó análisis químico de plomo, cadmio, cromo, nitratos y se determinó la materia orgánica y carbón total a las muestras del basurero municipal:

a) Antes del establecimiento de los bioensayos.

b) 90 días después de haber establecido el bioensayo.

c) Muestras en líquido (lixiviado): se tomaron con una frecuencia de 30 días hasta los 90 días.

6) Cosecha de lombrices: esta se realizó a los 90 días después de establecer el ensayo, con el siguiente procedimiento:

a) Colocación de trampas: se colocó una franja de estiércol en la canoa con dimensiones de 10 cm de ancho por 5 alto y 100 cm de largo (longitud de la canoa).

b) El riego en esta etapa se mantiene igual que en el periodo de los 90 días de duración del bioensayo.

c) Después de 3 días de colocadas las trampas se procede a la extracción de lombrices, para pesarlas y posteriormente se coloca

de nuevo otra trampa para lograr extraer al menos el 90% de las lombrices.

d) Extracción de abono y tamizado: una vez extraída las lombrices se procedió a la recolección de abono, para realizar los análisis químicos y la determinación de materia orgánica y carbón total en laboratorio.

Medición de Variables:

1) Temperatura: se medio diariamente a las 12:00 M y 1:00 pm, por presentarse la mayor temperatura del día.

2) La temperatura en la cría de lombrices (canoas) se realizó con un termómetro con cubierta metálica marca ERTCO con escala de cero a 200 ^{0}C. Este se colocaron en tres lugares diferentes de cada canoa, específicamente en los extremos y en la parte media, obtenidos los datos se promediaron, para obtener la temperatura de la canoa. La unidad de medida a utilizar es en grados Celsius.

3) pH: la medición se dividió en 5 fases:

a) Estiércol sin procesar

b) Medición de pH en Muestra del basurero (contaminada)

c) En la canoa antes de dar de comer

d) En la comida procesada (estiércol + sustrato contaminado)

e) En la canoa después de 24 horas de haberle dado de comer. La medición del pH se realizó con cinta colorimétrica con escala de 0-14.

4) Lixiviados: la recolección de los lixiviados en los tratamientos se realizó cada 30 días. Se colocó recipiente plástico conectado a una manguera que transporta los lixiviados de la canoa a un recipiente de 3 litros.

5) Peso de Lombrices: se determinó el peso (kg) de las lombrices, comparando la cantidad inicial al momento del establecimiento del bioensayo en cada tratamiento y la cantidad final al momento de la cosecha de lombrices y abono, con el objetivo de determinar el comportamiento reproductivo dé las lombrices en presencia de contaminantes.

6) Agua: la cantidad de agua necesaria (litros) para la preparación del alimento de las lombrices y riego de las canoas, por cada uno de las unidades experimentales.

7) Alimentación: se midió la cantidad de comida requerida por cada tratamiento y se comparó entre ellos para determinar si hay diferencia entre la densidad poblacional y el comportamiento de alimentación. La unidad de medida utilizada fue de volumen.

3.6. Establecimiento de bioensayos actividad microbiana (emisión CO_2)

3.6.1. Determinación de la respiración basal/Indicador de la actividad microbiana

La determinación de la respiración basal de las mezclas de abonos orgánicos y residuos tamizados se efectuó bajo condiciones de incubación en laboratorio, con temperatura constante (20-25 ^{0}C) y un contenido óptimo de agua en las muestras de 50-60% del máximo de la capacidad de retención de agua (Isermeyer, 1952; Alef 1991). Durante el período de incubación se mide la formación de bióxido de carbono (CO_2) y el consumo de oxígeno (O_2) respectivamente. Antes de la incubación las muestras se preincubaron por un tiempo de 24 horas, para evitar anomalía ocasionadas por la alza de la actividad microbiana después de haber pesado las muestras y de ajustar el contenido de humedad de la misma (Jenkinson, 1988).

3.6.2. Reactivos

NaOH (0,5 M; p.a Merck 6498)

HCL (1,0 M; Titrisol, Merck 9970)

$BaCl_2$ (Solución saturada; p.a. Merck 1719)

Fenolftaleína (0.1 g in 100 ml 60% Etanol; Merck 7227)

3.6.3. Ejecución y determinación

Se realizaron las diferentes mezclas homogenizadas de abonos orgánicos con las muestras de residuos del basurero municipal, con tres réplicas cada uno, en las siguientes proporciones:

a) Tratamiento 1; 50 gramos de abono orgánico tipo Bokashi + 50 gramos de residuo del basurero municipal (BMCL)

b) Tratamiento 2; 100 gramos de abono orgánico tipo lombriabono + 100 gramos de residuo del basurero municipal (LOMCL).

c) Tratamiento 3, Testigo; 200 gramos Muestras contaminadas (TMCL).

Se inicio el proceso secando al horno 3 muestras de 100 gramos de la mezcla de los diferentes tratamientos, con el propósito de determinar la cantidad de H_2O necesaria para obtener el 50% de la capacidad máxima hídrica de los diferentes tratamientos. El suelo se colocó en recipientes de incubación con cerrojos (tapas) de 3 litros y se preincubaron en un cuarto oscuro por 24 horas a 29 ^{0}C. Transcurrido este tiempo se colocó en el fondo de los recipientes de incubación un frasco de Gerber con 20 ml. de agua para humedecer el aire interno y un frasco con 20 ml de una solución de 0,5 Molar NaOH para la absorción del bióxido de carbono formado (CO_2). A continuación se incubó el suelo por 7 días seguidos para la medición de la respiración basal a 29 ^{0}C. en condiciones oscuras. Tras haber terminado la incubación se procedió al análisis de las muestras. Los frascos herméticos cerrados con la solución de NaOH se

conservaron en un desecador que contiene absorbente de soda cálcica (Hidróxido de sodio) antes de iniciar la titulación, para evitar la contaminación con CO_2 del ambiente. Para la determinación del CO_2 se tomaron de los 20 ml de NaOH dos alícuota de 1 ml y se aplicó un 1 ml de solución saturada de $BaCl_2$ así como también 3 gotas de fenolftaleína (punto de cambio pH 8,3). Con la aplicación de $BaCl_2$ se precipita el CO_2 absorbido como $BaCO_3$.

$2\ NaOH + CO_2 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O$

$Na_2CO_3 + BaCl_2 \rightarrow BaCO_3 + 2\ NaCl$

Con una bureta y una solución de 0,5 Molar HCL se titulo la cantidad no consumida de NaOH hasta el punto de cambio del indicador de la fenolftaleína.

Cálculos y evaluación

Para el nivel de pH hasta 8,3:

$$\mathbf{CO_2 - C\ (\mu g\ g^{-1} Suelo) = (B - S) * M * E * A / Dw}$$

B= HCl-Consumido por la muestra cero (µl)

S= HCl-Consumido por las muestras de suelo (µl)

M= Mol de la solución de HCl

E= Factor de conversión del Carbono (6)

A= Aliquota de la solución de NaOH

Dw= Peso seco de la muestra de suelo (g)

La determinación de la actividad microbiana se realizó cada 3 días, durante 22 días.

3.7. Análisis de laboratorios para muestras solidas y lixiviados Concentración de los contaminantes (Plomo, Cromo, Cadmio y nitratos)

El método utilizado para determinar los metales pesados fue de Espectrometría de absorción atómica e ICP. La absorción atómica se usa para medir metales pesados, después que se recolectan las partículas de metales mediante métodos gravimétricos o extracción mediante ácidos. En el proceso de absorción atómica, los metales absorben pequeñas cantidades de radiación. La radiación emitida por las muestras permite conocer la cantidad de átomos de metales en la muestra.

3.8. Contenido de materia orgánica y carbón total

3.8.1. Método Walkley – Black – Materia orgánica

En general la determinación de este elemento se fundamenta en procedimientos cuantitativos que implican la conversión de la forma orgánica a la inorgánica como CO_2. Esta transformación se puede inducir por procedimientos de combustión o por métodos de oxidación–reducción que involucran el tratamiento de la muestra con un agente oxidante fuerte. Los oxidantes más comúnmente utilizados son compuestos inorgánicos que contienen el anión $Cr_2O_7^{-2}$, cuyo exceso (no reducido) es cuantificado por titulación o por colorimetría.

El contenido de carbono orgánico en el suelo puede expresarse directamente en valor porcentual o ser estimado en forma de materia orgánica. En este caso el contenido de carbono orgánico se multiplica por 1.724 (factor de Van Bemmelen) y se basa en la hipótesis de que la materia orgánica del suelo tiene 58% de carbono. El método referido está basado en la reducción del $Cr_2O_7^2$.

3.8.2. Método de I. V. Tiurin – Carbono Total

El método para determinar la materia orgánica del suelo propuesta es rápido y preciso y se puede utilizar en los análisis de suelo. Dicho método está basado en la oxidación del humus con solución de dicromato de potasio 0.4 N, preparada con ácido sulfúrico diluido en agua en proporción (1:1).

De acuerdo con la cantidad de ácido crómico utilizado para oxidar la materia orgánica sabremos la riqueza de dicho suelo en humus.

El carbono orgánico se oxida por medio de ácido crómico de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$2\ K_2Cr_2O_7 + 8\ H_2SO_4 = 2\ Cr_2(SO_4)_3 + 2\ K_2SO_4 + 8\ H_2O + 3\ O_2$$

$$3\ C\ (humus) + 3\ O_2 = 3\ CO_2$$

En ese momento, el ácido crómico se consume de acuerdo a la cantidad de carbono presente, por eso, se agrega el ácido crómico conociendo su densidad con anticipación, después de la reacción, la cantidad del ácido crómico no utilizado en la oxidación del carbono orgánico se puede conocer mediante titulación con sulfato ferroso y

de esta manera la cantidad de carbono se puede calcular con la cantidad del ácido crómico consumido.

$12\ FeSO_4 + 6\ H_2SO_4 + 3\ O_2 = 6\ Fe_2(SO_4)_3 + 6\ H_2O$

En la valoración del exceso de dicromato de potasio con la solución de Mohr, se produce la siguiente ecuación:

$6FeSO_4 + K_2Cr_2O_7 + 7\ H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + 3\ Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 7\ H_2O$

3.9. Tasa de descontaminación en Sólidos

La tasa de descontaminación brinda la información del tiempo que requieren los tratamientos para poder reducir las concentraciones de los contaminantes en estudio. Una vez determinadas las tasas de descontaminación para los diferentes abonos orgánicos se logra establecer los periodos de aislamiento de los basureros bajo manejo alternativos. Esta variable se determinó con base al tiempo de duración de los tratamientos y la respectiva concentración de los metales pesados en los diferentes tratamientos. El cálculo de la tasa de descontaminación se ejecutó con la fórmula siguiente:

Fórmula 2: Tasa de mineralización

$$\%\ \text{índice de mineralización} = \frac{\text{g CO2 (respiración)}}{\text{g C total (M.O)}} \text{x100}$$

3.10. Análisis e interpretación de los resultados

El análisis de los datos se realizó con el programa estadístico SPSS. 12 y Excel.

CAPITULO IV

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización y análisis preliminar del basurero municipal de la Ciudad de León con metodología según ATSDR

4.1.1. Información del sitio de estudio basurero municipal de León

Según el Instituto Nicaragüense de Estudio Territoriales la ciudad de León, se encuentran en el clima de sabana tropical seco, que se extiende por la zona del Pacífico y las estribaciones occidentales del macizo montañoso central. Tiene temperaturas medias de entre 21°C y 30°C y máximas de 41°C. Se caracteriza por una estación seca de noviembre a abril y una estación lluviosa de mayo a octubre con precipitación anual máxima de 2000 mm y la mínima entre 700-800 mm anuales. El sitio donde se encuentra el basurero municipal de León (oficialmente clausurado) esta bordeado por la cordillera Los Maribios, esta faja volcánica del Pacífico es el rasgo geomorfológico más importante del occidente de Nicaragua: está constituida por una cadena de volcanes del cuaternario, con orientación noroeste sudeste, con aproximadamente 300 Km de longitud.

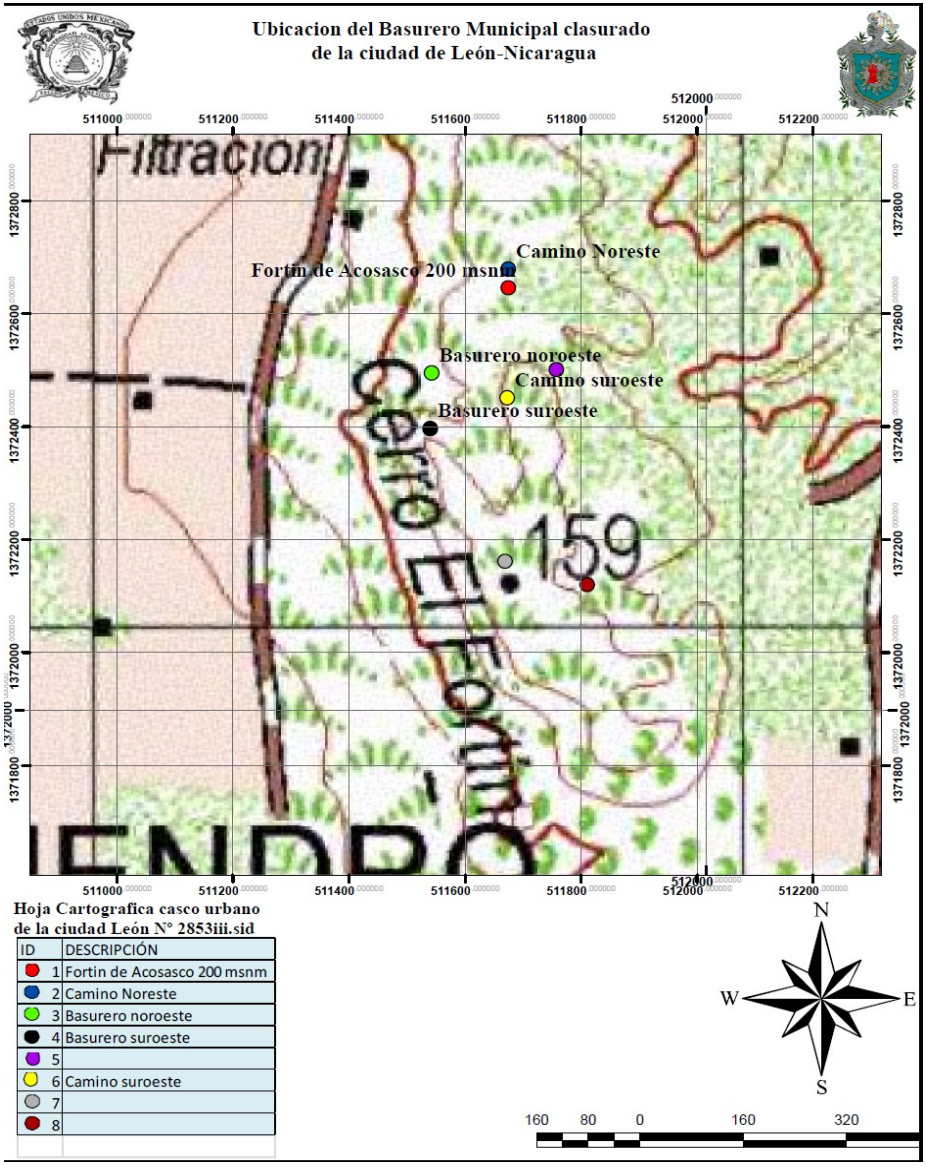
El basurero municipal de León actualmente clausurado, se encuentra ubicado en los linderos de El Fortín de Acosasco en la parte suroeste del casco urbano de la ciudad de León (Ver

coordenadas en el cuadro N°4 e imagen 16.). La ubicación exacta es del Asilo de Anciano 300 metros al este y 2300 metros al sur, ciudad de León. El sitio del basurero municipal de León, Fortín de Acosasco presenta un clima de sabana tropical seco, modificado por las actividades productivas agropecuarias. El basureo entra en operación a inicios de la década de 1980 y fue clausurado a finales de la década del 2000. En los 20 años de operación se depositaban entre 250 y 315 toneladas de basura diarios, esta basura no era seleccionada, se recolectaba en camión de la ciudad sin hacer selección previa del origen de la basura.

Cuadro N°4. Coordenadas de ubicación del basurero municipal Fortín de Acosasco

X	Y	DESCRIPCIÓN
511655	1372647	Fortín de Acosasco 130 msnm

Imagen N°16. Geo-referenciación del basurero municipal del Fortín de Acosasco en hoja cartografica del casco urbano de la ciudad de León



4.1.2. Bases para la calificación de los sitios inspeccionados (Basurero Municipal Fortín de Acosasco)

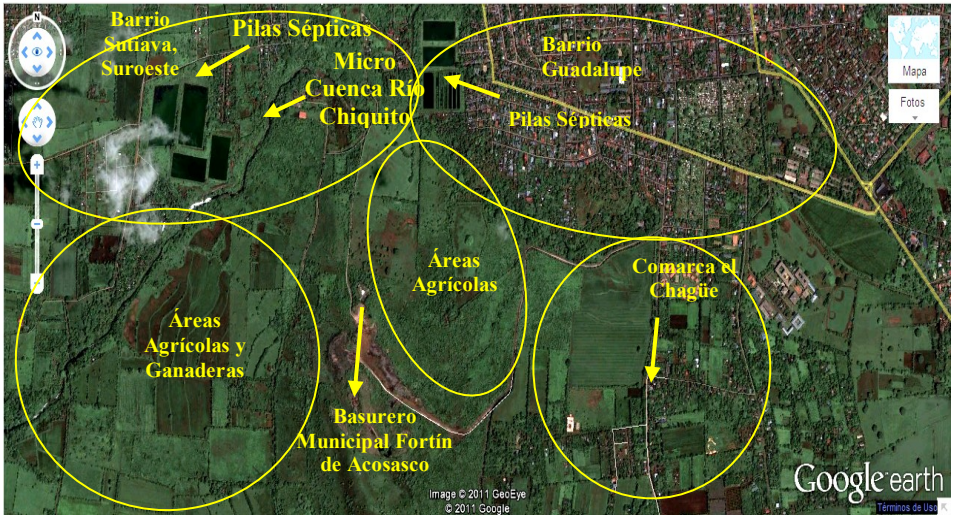
1) Antecedentes del sitio (máximo 17 puntos)

El cuadro N° 5, se detallan los valores ponderados de los antecedentes del sitio donde se relacionan la distancia al sitio (dentro de un radio) con el tamaño de la población. Las indagaciones realizadas en las visitas al Fortín de Acosasco permitieron precisar los barrios y repartos más cercanos, entre estos Barrio Guadalupe, Repartos Rigoberto López Pérez y Walter Ferreti con distancia del basurero a los repartos de 2000 metros, la parte suroeste del barrio de Sutiava, en la parte más cercana es de 1000 metros de distancia y la Comarca el Chagüe que se encuentra a 2000 metros de distancia. Existen alrededor de 25 unidades productivas dedicadas a la producción agropecuaria, pero de estas unidades hay 4 unidades que se encuentran entre 500 y 1500 metros de distancia del basurero Municipal, condición apreciable en la imagen N°17.

Cuadro N°5. Poblaciones cercanas al sitio (multiplique distancia x tamaño)

Distancia al sitio	Valor Ponderado	Valor Otorgado
0 - 1500 m	3 puntos	3
1501 - 3000 m	2 puntos	
> 3000 m	1 punto	
Número de Personas		
> 100 mil personas	4 puntos	
> 10 mil - 100 mil	3 puntos	
> mil - 10 mil	2 puntos	2
Mil	1 punto	
Total de Puntos		**6**

Imagen N°17. Imagen satelital de las áreas pobladas más cercanas al basurero municipal



2) ¿Existe preocupación Social?

En el cuadro N°6 se detallan los valores otorgados a cada uno de los ítem, según los valores ponderados del método de la ATSDR adaptado por Díaz-Barriga. La vulnerabilidad social se evidenció durante las visitas al sitio, las familias asentadas en las cercanías del basurero viven en condiciones precarias, la fuente de energía (leña) necesaria para preparar los alimentos son extraídos del basurero o de la flora cercana a este. El basurero sigue siendo una fuente de trabajo para estas familias, actualmente siguen pepenando los materiales que pueden ser reciclables o tenga algún valor para estas personas. El número de personas que laboran es bajo si lo comparamos con el tiempo de operación oficial del basurero.

La evidencia de vulnerabilidad social, se refleja en el trabajo realizado por cooperantes españoles en Nicaragua, a través del proyecto Niños del Fortín, con la investigación Evaluación psicopedagógica a niños en situación de fuerte exclusión social en Nicaragua publicado en el 2009. Se estudiaron 30 niños y adolecentes entre los 8 y 14 años de edad. Este estudio fue enfocado en la exclusión social de los niños y la condición de trabajo en el que se desarrollaban, para ello se realizó una valoración psicológica de estos niños y las causas de la problemática.

Los resultados del trabajo con los Niños del Fortín, señalan que las causas principales de la problemática, es que ninguno de los niños

tenían escolaridad de primaria aprobada, condiciones de pobreza extrema en el entorno familiar y en la mayoría de los casos abandono del hogar. Otro aspecto de importancia enfocaba en el estudio, fue la inseguridad laboral de los niños; trabajaban sin protección alguna, excepto un trapo que le cubría las vías respiratorias y la boca dejando al descubierto el resto del cuerpo.

Cuadro N° 6. Vulnerabilidad social asociada el Fortín de Acosasco

Vulnerabilidad Social	Valor Ponderado	Valor Otorgado
Sí	3 puntos	3
No	0 puntos	
Total de Puntos		**3**

4.1.3. Tipos de contaminantes presentes en el Fortín de Acosasco

En el cuadro N°7 se consideran los tipos de contaminantes presentes en el sitio y el origen de la contaminación (anexo 1 y 2). El origen de la contaminación es antropogénica, reflejo de las actividades productivas y domesticas de la ciudad de León. Los tipos de residuos es de mezclas complejas, donde predominan desechos plásticos en el área cercana a la estructura del fortín y en el área sur del basurero. Es notaria la presencia de desperdicios orgánicos, textiles, hospitalarios, cauchos, pedazos de láminas metálicas oxidadas, vidrio y predominantemente plásticos. En la zona sur del

basurero aun siguen depositando la basura de forma no controlada o ilegal.

En términos generales, en Nicaragua los desechos sólidos están compuestos por materia orgánica en 85%, papel y cartón 6%, metal 2%, plástico y vidrio 1% y residuos 6% (AMUNIC e INIFOM, 2001). En el basurero Fortin de Acosasco, según datos proporcionados por la Alcaldía de León, para el año 2010 se depositaron 3118,63 ton/mensuales de desechos, que con matemática básica se puede inferir en el volumen de desechos depositados al año y por ende durante los 20 años de operación de este basurero (informe de ejecución física PIAM, 2010).

En el caso de Nicaragua, el conocimiento de la composición física de los desechos sólidos puede establecerse, a partir de materia orgánica (restos de alimentos, follaje), papeles y cartones, plásticos, cauchos y cueros, textiles, escombros, cenizas y lodos, metales férricos, metales no férricos, vidrios, huesos, madera, otros (AMUNIC e INIFOM, 2001). La valoración ponderada en este acápite es de 12 puntos de 17 puntos propuesto por ATSDR, representando el 70% de la calificación ponderada.

Cuadro N°7. Ponderación de los tipos de contaminantes

Contaminante	Valor Ponderado	Valor Otorgado
Orgánicos	1 punto	1
Inorgánicos	1 punto	1
Microbiológicos	1 punto	1
Total de Puntos		**3**

- ✓ **Total de puntos por antecedentes del Sitio 12 puntos.**

4.1.4. Contaminación ambiental (máximo 28 puntos)

1) Análisis preliminar de la contaminación

En el cuadroN°8, se consideran las evidencias de contaminación, para el caso del Fortín de Acosasco no se encontró evidencia documentada del nivel de contaminación del sitio, pero la evidencia visual es incuestionable (Imagen 18, 19, 20 y 21). Los resultados de los análisis químicos realizados para la ejecución de este trabajo de investigación en el Laboratorio de Agua del Departamento de Química de la UNAN-León (Universidad nacional autónoma de Nicaragua, León) a las muestras de suelo contaminado extraído del basurero municipal, obteniendo valores para plomo (Pb) 71.11 mg/Kg, Cromo (Cr) 11.2 mg/Kg, Cadmio 1.88 mg/Kg y Nitratos <2.3 mg/Kg. La unidad de medida mg/Kg es equivalente a un ppm (partes por millón) Estudios realizados en China encontraron concentraciones de Pb, Cr y Cd en suelo cultivados a una profundidad de 20 cm en los siguientes rangos; Pb 22.4 - 43.46 µg/g, Cr 16.38 - 53.76 µg/g y Cd 2.17 - 4.19 µg/g, unidades de medidas equivalente a un ppm (Wen, Hu, Liu, Wang, Feng, & Shan, 2004).

Cuadro N°8. Evidencia de contaminación dentro y fuera del sitio (Fortín de Acosasco)

Criterios	Valor Ponderado	Valor Otorgado
Evidencia de Contaminación Dentro del Sitio	5 puntos	5
Evidencia de Contaminación Fuera del Sitio	5 puntos	5
Control de Calidad y Confiabilidad de las Muestras	5 puntos	
Presencia de Contaminantes Críticos	5 puntos	
Total de Puntos		**10**

Imagen N°18. Área suroeste del basurero.

Imagen N°19. Área Noreste del basurero.

Imagen N°20. Calicata de los puntos de Muestreo.

Imagen N°21. Área Noroeste del basurero.

2) Toxicidad del Contaminante más significativo

En los cuadros N°9 y 10 se considera el contaminante más significativo y la persistencia del mismo, definido por ser el contaminante crítico que superó con mayor valor la Guía de Evaluación para Medios Ambientales (EMEG) respectiva propuestos por la ATSDR o por ser el que más preocupación genera en la comunidad. El método propone que en caso de no disponer de información documentada sobre toxicidad y/o persistencia del contaminante más crítico, se asumirá toxicidad severa y alta persistencia. El total de puntos ponderados para contaminación ambiental es de 18 de 28 que propone el método, representando el 64.28%.

Cuadro N° 9. Contaminantes significativos

Toxicidad del Contaminante	Valor Ponderado	Valor Otorgado
Sin Toxicidad	0 puntos	
Toxicidad Moderada	3 puntos	
Toxicidad Ligera	2 puntos	
Toxicidad Severa	4 puntos	4
Total de Puntos		**4**

Cuadro N° 10. Persistencia del contaminante más significativo

Toxicidad del Contaminante	Valor Ponderado	Valor Otorgado
No Persistente	0 puntos	
Persistente	3 puntos	
Algo Persistente	2 puntos	
Altamente Persistente	4 puntos	4
Total de Puntos		**4**

- ✓ **Total de puntos para la CONTAMINACION AMBIENTAL 18 puntos.**

4.1.5. Análisis de rutas de exposición (máximo 15 puntos)

En el cuadro N°11 se consideran las rutas de exposición y el medio ambiental impactado, donde todos los indicadores evaluados tiene la puntuación máxima exceptuando el indicador de otro, de acuerdo al formato de la ATSDR adaptado por Díaz-Barriga 1997. La basura de la ciudad de León se colocó en este basurero durante más de veinte años en la hondonada natural del Cerro del Fortín y posteriormente se colocó la basura hacia el sur, sin tratamiento alguno, toda la basura se colocaba sobre la superficie del suelo, provocando cambio en su estructura física, química y biológica. Estas características de suelo (franco arenoso) permiten la infiltración y/o percolación de lixiviados a las capas subterráneas y de esta manera potencialmente contaminar las aguas subterráneas. La escorrentía arrastra las partículas superficiales del suelo de la zona más alta, depositándola en las zonas más bajas donde se encuentran las unidades productivas agropecuarias.

La principal preocupación se genera en el potencial transporte de los contaminantes, principalmente las partículas que pueden ser transportadas por el viento en época seca (verano) y en época lluviosa el transporte por escorrentía, percolación o lixiviados de los líquidos generados en las diferentes áreas donde se depositó basura, abonado por la condición de encontrarse el basurero en una de las zonas más alta del municipio. Los vientos predominantes en el municipio de León, son de Noreste a sur oeste y la gradiente

hídrica ocurre en los cuatro puntos cardinales, por encontrase el basurero en la parte más alta de la loma.

La contaminación de aguas subterráneas (pozos y ríos subterráneos) o de cuerpos de agua superficiales por escorrentía, partículas sólidas que llegan a los cuerpos de agua superficiales (Rio Chiquito), lixiviados que son las substancias procedentes de la basura descompuesta y que se filtra al suelo por medio del agua. Los basureros emiten gases de efecto invernadero a la atmósfera, estos gases son el metano y el bióxido de carbono, degradadores de la capa de ozono, gases conocidos como clorofluorocarbonados o CFC´s. Los vientos en época seca es la principal fuente de transporte de las partículas más livianas del suelo y el encargado de mover los gases y malos olores hacia otra zona (www.profesorenlinea.cl. s.f.).

En esta sección se considera la información directa, obtenida mediante el análisis ambiental en los puntos de exposición y la estimación teórica que se realice tomando en cuenta las propiedades fisicoquímicas de los contaminantes críticos y los factores específicos del sitio que pudieren influir en el destino y transporte de los contaminantes.
Las características del sitio que a continuación se listan, se tomarán en cuenta para suponer la presencia del contaminante significativo en más de un medio; índice de Precipitación Anual, Cubierta del

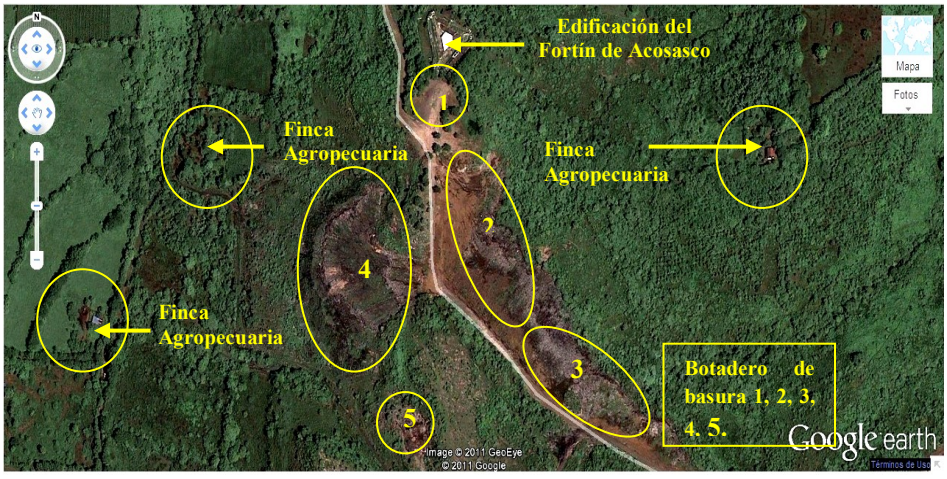
Suelo, Características Hidrogeológicas, Canales de Aguas Superficiales, Obras Públicas y Condiciones de Temperatura, Características Geomorfológicas, Flora y Fauna, Características del Suelo, Velocidad y Dirección de los Vientos.

Total de puntos en Medio Ambiental Impactado es de 11 puntos. Es el acápite con mayor puntuación con el 73%, valorándose que la zona posee suelos predominantes con textura franca, profundos, permeables, con alto riesgo de transporte de contaminantes por vía hídrica; lixiviación y/o, percolación, escorrentía de las zonas más altas a las planicies donde está concentrada la producción agropecuaria y las fuentes de agua subterráneas. En la imagen N°18 se aprecia las áreas donde se depositó basura y la cercanía con los sistemas agropecuarios. La calificación total para este sitio inspeccionado (basurero del Fortín de Acosasco) es de 41 puntos ponderados, según el método utilizado propone que para valoraciones de 40 a 74 puntos existe un Riesgo Ambiental y de Salud Pública, indicando que el sitio requiere una Evaluación de la Exposición. Los resultados de este análisis determinarán la temporalidad de su restauración.

Cuadro N° 11. Medio Ambiental Impactado (sume el total)

Medio de transporte	Valor Ponderado	Valor Otorgado
Suelo	2 puntos	2
Alimento	2 puntos	
Aire	3 puntos	3
Agua Subterránea	4 puntos	4
Agua Superficial	2 puntos	2
Otro	2 puntos	
Total de Puntos		**11**

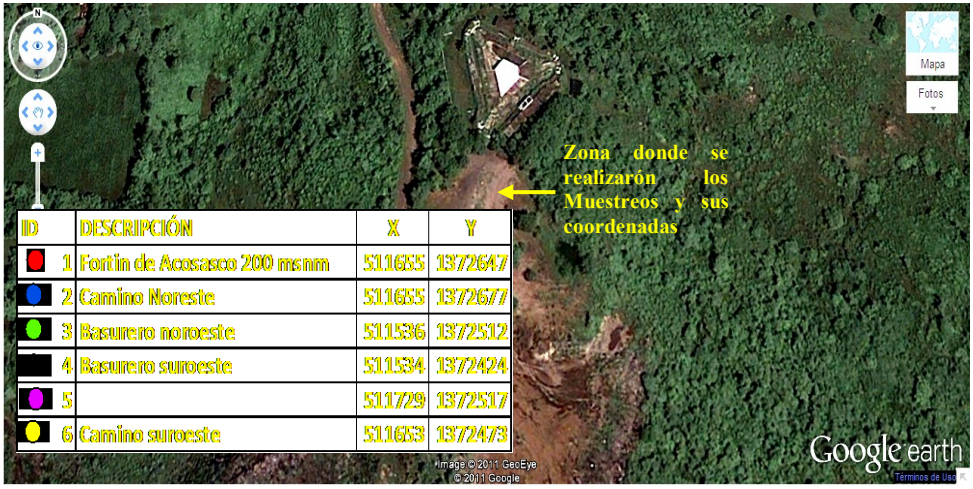
Imagen N°18. Áreas donde se depositó basura y unidades productivas más cercanas



Ubicación de la zona de Muestreo en el basurero municipal

En la imagen N°19 se ilustra la zona aledaña al Fortín de Acosasco donde se extrajeron las muestras sólidas, previamente tamizadas del basurero municipal. Los puntos de muestreos fueron determinados al azar a través del sistema de coordenadas del plano cartesiano.

Imagen N°19. Área donde se extrajeron las muestras para los Bioensayos de Biorremediación



4.2. Efecto de la aplicación de lombrices de tierra en la presencia y concentración de contaminantes en muestras del basurero municipal de la ciudad de León

4.2.1. Comportamiento del pH y temperatura en los diferentes tratamientos en el Bioensayo de cubetas (1400 cm^3) Dosis/Respuesta durante los 28 días

En el gráfico N°1 se ilustra el comportamiento del pH y la temperatura en los recipientes (cubetas) de 1400 cm^3 que contenían las mezclas proporcionales de estiércol fresco de bovino, lombriabono y material contaminado que corresponden a los diferentes tratamientos. La variación de temperatura en los 28 días del experimento estuvo entre los 17 °C el mínimo y 28 °C como

máximo (Anexo 3, tabla 9 y 10). Es de importancia mencionar que la recolección del dato de temperatura se realizó entre las 11:00 am y la 1:00 pm, intervalo de tiempo donde se tiene la mayor temperatura ambiental, con el propósito de valorar la susceptibilidad y/o estabilidad de los tratamientos a los cambios de temperatura ambiental. El factor temperatura en los rangos antes mencionados no influye en la sobrevivencia de las lombrices de tierra. En el análisis de varianza realizado, no presento diferencia significativa según Duncan, con confiabilidad del 95%. La temperatura considerada óptima para el desarrollo de las lombrices, oscila entre 18 a 25 ºC (su temperatura corporal es de 19-20 ºC). Cuando la temperatura desciende por debajo de 15 ºC las lombrices entran en un período de latencia, disminuyendo su actividad, dejando de reproducirse, crecer y los espermatóforos (cocones) no eclosionan hasta que se presentan condiciones favorables. Temperaturas por encima de los 35 – 40 ºC o por debajo de los 4 ºC resultan mortales para las lombrices de tierra (Rivas C. s.f.).

Los resultados del análisis de varianza al pH en los tratamientos evidencian que existe diferencia significativa según Duncan al 95%. El dato mínimo de pH fue 6 para el tratamiento 100% basura y el máximo de pH 9 para el tratamiento 0% basura. El factor pH no tuvo influencia en la sobrevivencia de las lombrices de tierra en los 28 días de duración del experimento. La lombriz vive en sustratos con

pH de 5 a 8,4 fuera de esta escala, la lombriz entra en una etapa de latencia (Rivas C. s.f.).

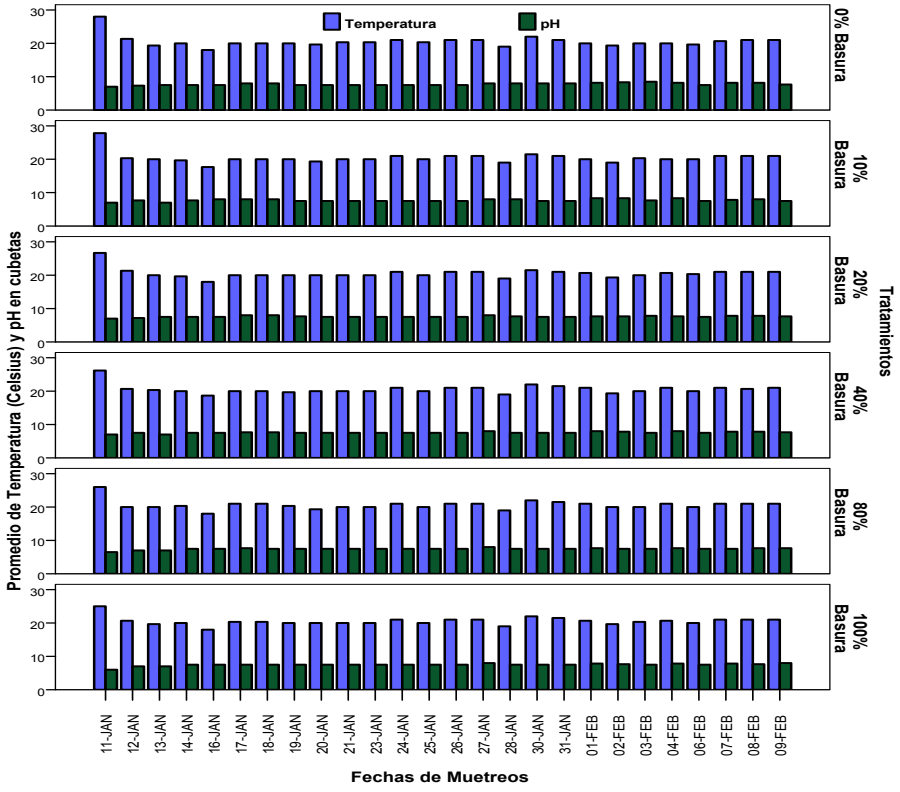


Gráfico N° 1. Comportamiento del pH y temperatura en los diferentes tratamientos en el Bioensayo de cubetas (1400 cm^3) Dosis/Respuesta durante los 28 días.

4.2.2. Bioensayo Dosis/Respuesta con lombrices de tierra en cubetas de 1400 cm^3 en los tratamientos durante 28 días

Los resultados en el Bioensayo de toxicidad establecidos en cubetas de 1400 cm^3 (dosis respuesta) no presentaron mortalidad de

lombrices por causa de las concentraciones de basura (tratamientos). En los tratamientos 0% basura, 40% basura, 80% basura y 100% basura murió un individuo en cada tratamiento por manipulación al momento de realizar los muestreos. Esto evidencia la capacidad de las lombrices de sobrevivir en las condiciones intrínsecas y modificas de las muestras provenientes del basurero municipal de León, pero si hubo efecto en la reproducción y peso que se ilustran a continuación en los gráficos 2 y 3.

En el gráfico N°2 se dilucida el comportamiento del peso de 10 lombrices a diferentes concentraciones de material tamizado (basura) procedente del basurero municipal de León. La tendencia en todos los tratamientos residió en el aumento de peso de las lombrices en los primeros 14 días del establecimiento del estudio. El tratamiento con mayor aumento de peso a los 14 días es el tratamiento 100% basura con 4.1 gramos en promedio de aumento de peso, sin embargo esta tendencia decrece a 1.3 gramos de aumento de pesos al finalizar el experimento (28 días).

El tratamiento de menor incremento de peso (lombrices) estuvo en el tratamiento 0% basura con 1.26 gramos en el mismo periodo de tiempo que el tratamiento 100% basura, pero al finalizar del experimento la respuesta en el peso fue negativa, con pérdida de 0.33 gramos en relación con el peso inicial. Es evidente que la inculcación de 10 lombrices para cada 1400 cm^3 del material

utilizado en los diferentes tratamientos contiene suficiente alimento expresado en materia orgánica para sustentar la vida de las lombrices. En este indicador no es apreciable el efecto adverso de la concentración del material contaminado, contrariamente los resultados demuestran que el material contaminado contiene suficiente alimento para aumentar la biomasa (peso) de las lombrices. Estudio realizado con lombrices de tierra de la especie *Eisenia andrei* y publicados por Journal of American Science, 2011, enuncia en su resultado que no hubo relación entre dosis y efecto para el crecimiento (peso de lombrices) a diferentes concentraciones de los metales probados (Cd, Zn y Pb) en todos los ensayos de toxicidad. Esto implica que el crecimiento (peso) no es un parámetro sensible para estimar los efectos de estos metales en la *Eisenia andrei* (Onuoha & D.C., 2011).

El análisis estadístico se efectúo en los tres momentos significativos del proceso del estudio, realizando el primer análisis con los datos de peso del día de establecimiento del experimento, el segundo momento a los 14 días después de establecido el experimento, momento que todos los tratamientos alcanzaron el mayor peso y el tercer momento al finalizar el experimento a los 28 días. Se ejecutó el ANOVA obteniendo como resultado que no existe diferencia significativa en el peso promedio de las 10 lombrices el día de establecimiento del experimento (Anexo 3, tabla 1 y 2). En el segundo momento (14 días después de establecido el experimento)

existe diferencia significativa en los diferentes tratamientos, resultando con mayor peso promedio 100% basura y con el menor peso 0% basura (Anexo 3, tabla 3 y 4). En el tercer momento al finalizar el experimento (28 días después de establecido el experimento) existe diferencia significativa en los diferentes tratamientos, resultando con mayor peso promedio 80% Basura y con el menor peso 20% Basura (Anexo 3, tabla 5 y 6).

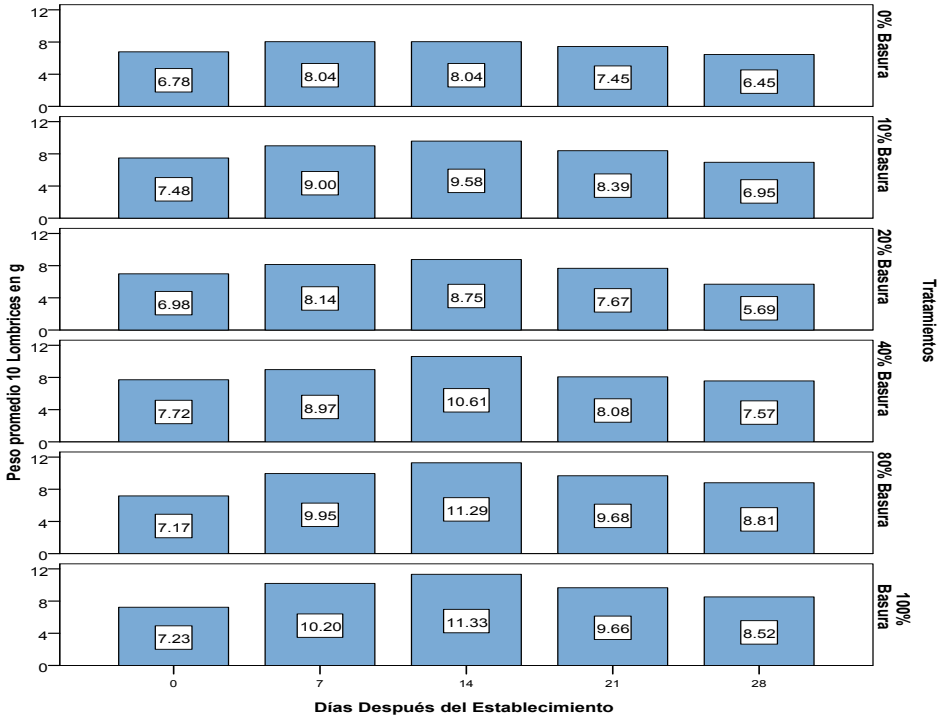


Gráfico N°2. Comportamiento del peso (g) de 10 Lombrices de tierra en los diferentes tratamientos durante los 28 días de monitoreo (bioensayos en cubetas)

En el gráfico N°3, muestra la tendencia reproductiva de las lombrices de tierra al someterla a diferentes dosis y/o proporciones de material contaminado provenientes del basurero municipal del Fortín de Acosasco. Es notoria la prevalencia reproductiva en el tratamiento 0% basura, desde la primera fecha de muestreo realizado a los 7 días después de establecido el experimento tiene un promedio de 2 cocones por semana, con tendencia de aumento a 2,33 cocones promedio en el último muestreo a los 28 días después de establecido el experimento.

Otro aspecto a destacar es la ausencia de cocones en los tratamientos 80% basura y 100% basura en la primera fecha de muestreo. En la segunda fecha de muestreo el tratamiento 80% basura tiene índices reproductivo con 50% menor que el tratamiento 0% basura y 25% menos comparado con el tratamiento 40% basura. En la última fecha de muestreo los 0% basura, 40% y 80% basura tiene tendencia de aumentar sus índices reproductivo, con excepción del tratamiento 100% basura que no presenta índices reproductivos en ninguna de las fechas de muestreo. Estudios realizados por Journal of the American Science, 2011 **(**Macki Aleagha and Abdol Ghaffar, 2011) manifiestan que el número de cocones promedio por semana varió de 1,67 hasta 0,34 en el experimento Cd, 1,12 a 0,00 con Zn y de 0,80 a 0,00 con Pb. Para estos metales, hubo un claro efecto de la dosis de los metales sobre el número de cocones producidos, ya que el rendimiento se redujo al menos un 50 por

ciento en los grupos expuestos y sólo con Zn y Pb no hubo producción de cocones a la mayor concentración aplicada.

Análisis químicos realizados a las muestras procedentes del basurero Fortín de Acosasco dieron como resultados concentraciones de Pb 71.11 mg/Kg, Cd 1.88 mg/Kg y Cr 11.2 mg/Kg. La CE 50 (concentración efectiva que afecta al 50% de la población) observado en la producción de cocones en el experimento con cadmio fue 103,9 mg/kg, donde el intervalo de confianza al 95% es de 102,4 -105,5 mg/kg. Con Pb la EC 50 se estimó en 1570 mg/kg (Onuoha & D.C. 2011). Las concentraciones reportadas por los análisis químicos realizados a las muestras de procedentes del basurero Fortín de Acosasco son menores a las estimadas por Onuoha & D.C. 2011. Los resultados evidencian que ha medida que se aumenta el volumen de material contaminado se afecta la produccion de cocones (Gráfico 2), considerando que las características del suelo puede tener gran influencia en la interacción de agentes químicos, la absorción y por lo tanto la biodisponibilidad de productos químicos en el suelo (Van Gestel, 1991).

La importancia de haber determinado esta variable se fundamenta en que una sustancia tóxica, que no conduce a la muerte inmediata, sino que afecta, la constitución genética o la capacidad de reproducción o crecimiento de un organismo, puede perturbar el equilibrio ecológico de esa población. Según Spurgeon et al., 1993,

trastornos de reproducción y de crecimiento son particularmente importantes medirlos debido a su influencia sobre la dinámica de la población de organismo y la evaluación de riesgo ecotoxicológicos de dicha población de organismos.

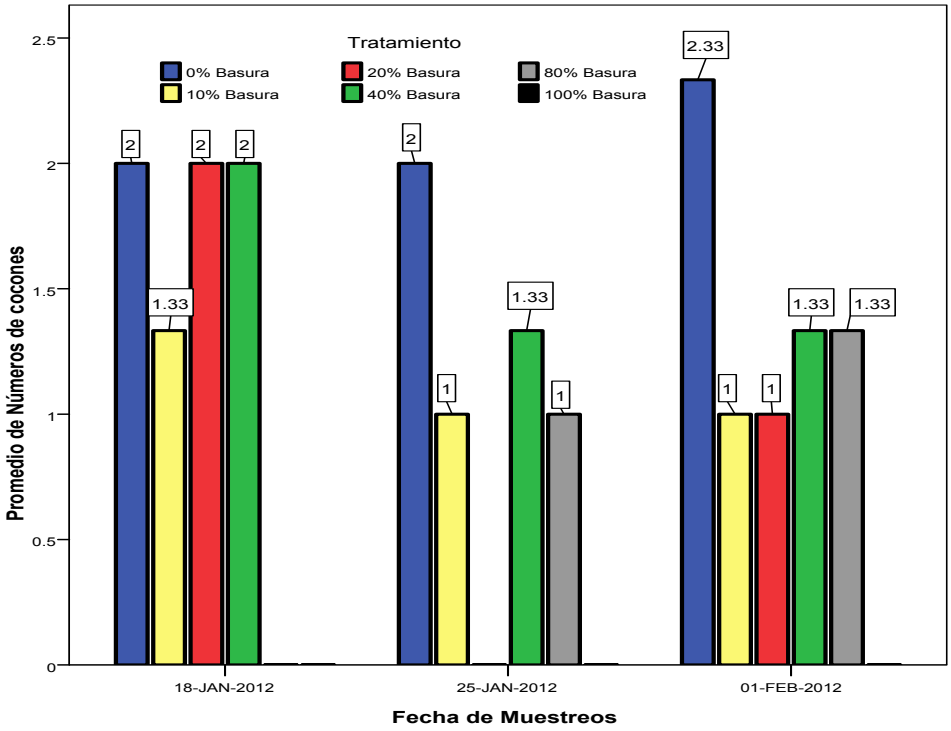


Gráfico N°3. Número promedio de Cocones por semana de 10 lombrices de tierra en los diferentes tratamientos (bioensayos en cubetas)

En la tabla N° 12 se aprecia la correlación entre el peso como variable independiente y el número de cocones como variable dependiente, mostrando una tendencia negativa, demostrando que a medida que las lombrices aumentan de peso disminuye su

capacidad reproductiva. En este caso el modelo es significativo (P=0.004).

Tabla N°1. Correlación del peso promedio de 10 lombrices tierra y el número de cocones promedios por semana en los diferentes tratamientos

Correlaciones

		Número de Cocones	Peso promedio 10 Lombrices
Correlación de Pearson	Número de Cocones	1.000	-.356
	Peso promedio 10 Lombrices	-.356	1.000
Sig. (unilateral)	Número de Cocones	.	.004
	Peso promedio 10 Lombrices	.004	.
N	Número de Cocones	54	54
	Peso promedio 10 Lombrices	54	54

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	.356[a]	.127	.110	1.177

a. Variables predictoras: (Constante), Peso promedio 10 Lombrices

4.2.3. Comportamiento de la reproducción de Lombrices de tierra y concentración de NO_3^-, Cr, Pb, Cd previo y posterior de la aplicación de los tratamientos

En La tabla N°2 se ilustra la reproducción de las lombrices de tierra en condiciones de cultivo en el bioensayo con dos densidades poblacionales en canoas de madera, proporcionándole el mismo volumen de alimento independiente a la densidad poblacional. La relación de peso de carne de lombrices de tierra y número de

lombrices por unidad de peso es de 1200 a 1300 lombrices adultas por Kg. En los tres meses de duración del bioensayo con lombrices de tierra, es notable la decrecida reproducción de las lombrices, comparada con los niveles reproductivos de las lombrices en condiciones de cultivo con énfasis comercial, estimada en 2 a 3 veces la población inicial en términos de tres meses (Rivas C. s.f.). En este estudio se obtuvo como resultado el 20% del aumento de peso en el tratamiento 1Kg de lombrices y 14.29% en el tratamiento de 2Kg. Este comportamiento reproductivo responde al hecho que entre menor peso (número de lombrices) mayor disponibilidad de alimento y espacio para el desarrollo de los individuos.

La escasa reproducción en los tratamientos del bioensayo coincide con la tendencia de estudios realizado por Onuoha & D.C. a traves de la Journal of American Science (2011) y African Journal of Biotechnology, (2011) aparentemente, hay una factor que influye en los indicadores de reproducción (cocones y lombrices juveniles), que podría ser el estado fisiológico de las lombrices o el contenido de nitrógeno (nitrato) presente en el medio de cultivo de lombrices, señala que a medida que se aumenta las concentraciones de Pb en condiciones controladas disminuyen los indicadores de reproducción de las lombrices, exceptuando el peso de lombrices, sin embargo ocurre mortalidad de individuos.

El aumento del contenido de nitrógeno (nitrato) en el medio de cultivo de las lombrices se explica por el volumen de estiércol mezclado con el material contaminado del basurero Fortín de Acosasco (proporción 50%:50%), en los 15 momentos de alimentación de las lombrices en el bioensayo, corroborado con los resultados de los análisis químicos realizados a las muestras solidas de la basura del Fortín de Acosasco, donde se detecta menos de 2.3 mg/Kg de nitrato y 90 días después en el tratamiento 1Kg lombrices se observa un aumento en el contenido de nitrato de 33.56 mg/Kg y el tratamiento 2Kg de lombrices 5.89 mg/Kg de nitrato. En el parámetro Pb la concentración obtuvo un valor de 71.11 mg/Kg el más alto de los metales pesados en estudio (Tabla N°3)

Tabla N° 2. Comportamiento en la reproducción de Lombrices de tierra con dos densidades poblacionales y proporciones en volumen de los materiales utilizados para su alimentación.

Tratamientos	Volumen de Estiércol/L	Volumen de Tierra contaminada/L	Volumen de Agua/L	Peso Final Kg	% de incremento peso Kg
1 Kg de Lombrices	9.93	9.93	8.87	1.25	20
2 Kg de Lombrices	9.93	9.93	8.87	2.33	14.29

En la tabla N°3 se observan los resultados de los análisis químicos realizados a las muestras (solidas) del basurero del Fortín de Acosasco (priori) y las concentraciones (posteriori) al concluir el

bioensayo en canoas de madera con dos densidades poblacionales de lombrices de tierra a los 90 días.

Los resultados de los análisis químicos realizados a la muestra de basura antes de someterla a los tratamientos detallan, para el parámetro de NO_3^- (nitrato) menor de 2.3 mg/Kg, 90 días posteriores, en el tratamiento 0Kg de lombrices se incremento la concentración en 3.98 veces (8.76 mg/Kg), tratamiento 1Kg de lombrices el incremento fue de 15 veces (33.56 mg/kg) y en el tratamiento 2Kg de lombrices 2.67 veces (5.89 mg/Kg). El fenómeno del incremento del NO_3^- se explica por la adición de estiércol fresco para alimentar a las lombrices en los tratamientos 1Kg y 2Kg de lombrices en 90 días. El otro aspecto relevante es, 60% de la ingesta de alimento diario de la lombriz lo excretan, esto significa que el 40% de la ingesta la utilizan para realizar sus funciones fisiológicas, entre ellas la generación de proteínas cuya concentración es de 70 a 75% (Martinez C. 1996).

La concentración inicial de Cr, antes de la aplicación de los tratamientos fue de 11.2 mg/Kg, pero a los 90 días después las concentraciones disminuyeron en 99.91%. En el parámetro de Pb la concentración inicial fue de 71.11 mg/Kg, decreciendo para el tratamiento 0Kg de lombrices 17.33%, 1Kg de lombrices 93.35% y 2Kg de lombrices 99.99%. En el caso de Cd los resultados obtenidos, en la concentración inicial fue 1.88 mg/Kg decreciendo las concentraciones en el tratamiento 0Kg de lombrices 10.59% y en los

tratamientos 1 y 2Kg de lombrices 34.12%. Referencias de concentraciones umbrales en suelos de metales pesados de Holanda, España y CE 1986 tiene valores para Cr 100-1000 mg/Kg, Pb 50-750 mg/Kg y Cd 1-20 mg/Kg (Anexo 3 Tabla N°) (www.miliarium.com).

La absorción, biodisponivilidad, pH y la movilidad de metales pesados presente en el suelo son influenciados por las características del suelo y la actividad biológica de las lombrices (Wen et al, 2004). Las lombrices muestran capacidad para retener y/o absorber metales pesados en su cuerpo. La absorción de un metal pesado en el cuerpo de una es lombriz tiene comportamiento lineal en función del tiempo, pero la absorción de metales que interactúan y/o forman simbiosis entre ellos, su comportamiento no es exactamente lineal (Davies et al., 2003).

En la revisión de literatura realizada no se encontró en la legislación nicaragüense umbrales de concentraciones de metales pesados en basureros municipales y/o botaderos de basura. La falta o ausencia de regulación específica para el monitoreo de metales pesados en estos sitios considerados peligrosos genera una inconsistencia regulatoria. Sin embargo la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense (NTON) para las Actividades de Exploración y Explotación de Hidrocarburos del 2004 define los siguientes criterios:

- Residuos sólidos DMEG que representa los niveles aproximados para vertidos de residuos sólidos en suelos, utilizados también para descarga al agua y emisiones a la atmósfera, niveles por debajo de los cuales no deberían producirse efectos inaceptables en poblaciones humanas o en comunidades biológicas naturales, aun bajo exposiciones continuas.
- En suelo AMEG, que representa los niveles aproximados de contaminación en el suelo, por debajo de los cuales no deberían producirse efectos inaceptables en poblaciones humanas o en comunidades biológicas naturales, aun bajo exposiciones continuas.

En esta investigación es determinante establecer niveles permisibles de toleración, al ambiente y sin riesgo a la salud, para poder ejecutar una actividad que sea aprobada por las autoridades correspondientes que basan su inspección y criterio sobre un marco jurídico. Ante la ausencia de una normativa específica, se hace uso de la analogía administrativa. Según Bobbio (1957) es "aquella operación llevada a cabo por los intérpretes del derecho, mediante la cual se atribuye a un caso o a una materia que no encuentra una reglamentación expresa en el ordenamiento jurídico, la misma disciplina prevista por el legislador para un caso y para una materia similar"

La NTON 05-026-04, define en la tabla de objetivos medio ambientales multimedia (DMEG/AMEG), para residuos sólidos y

suelo, por clase de contaminantes (metales pesados) que se utiliza en este investigación, por analogía, acorde con el principio de prevención, que prevalecerá sobre cualquier otro en la gestión pública y privada del ambiente. No podrá alegarse la falta de una certeza científica absoluta como razón para no adoptar medidas preventivas en todas las actividades que impacten el ambiente artos 4 Ley 217 (Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Ley N°217, 1996).

Determinándose técnicamente que los umbrales para residuos sólidos (DMEG) en Cr es de 44 mg/Kg, Pb 0.76 mg/Kg y para Cd 0.3 mg/Kg. Los umbrales para suelo (AMEG) para Cr 10 mg/Kg, Pb no está reportado y Cd 0.08 mg/Kg, (Fitchko, 1989; citado por Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, Ministerio de Fomento, Industria y Comercio, 2004). Asumiendo los umbrales para Cr, Pb y Cd de la NTON 05-026-04 como punto de referencia la concentración de Cr en las muestras del basureo municipal Fortín de Acosasco es el único parámetro que está por debajo del umbral permisible según esta norma, mientras que el Pb supera el umbral 93.57 veces y el Cd 23.5 veces, considerándose potencialmente peligrosos.

Tabla N° 3. Concentración inicial en mg/Kg de NO_3^-, Cr, Pb, Cd en muestras del basurero (solidas) y concentraciones finales en los tratamientos implementados con Lombrices de tierra

Elementos	Concentración Inicial muestra del basurero	Concentración Final Testigo (0Kg)	Concentración final 1Kg de Lombrices	Concentración Final 2Kg de Lombrices
Nitrato (NO_3^-)	< 2.3	8.76	33.56	5.89
Cromo (Cr)	11.2	<0.0017	<0.0017	<0.0017
Plomo (Pb)	71.11	58.79	4.73	0.0067
Cadmio (Cd)	1.88	1.7	1.3	1.3

En la tabla N° 4 se detallan los resultados de los análisis químicos realizados (NO_3^-, Cr, Pb, Cd), a los lixiviados producidos en el proceso del Bioensayos en canoas de madera, con dos densidades poblacionales de lombrices de tierra durante 90 días, periodo en el que las lombrices cumplen su ciclo reproductivo en nuestras condiciones de trópico seco.

Es notoria la tendencia del incremento de NO_3^- en función del tiempo, al compararlo con el tratamiento testigo, al que solo se le agregaba H_2O. El incremento de NO_3^- se debe a la misma causa que el incremento reportada en la tabla N° 3 de los análisis químicos realizados a la basura (sólidos) proveniente del basurero Fortín de Acosasco y la realizadas después de 90 días de alimentación de las lombrices con la mezcla de 50% de estiércol fresco de Bovino y 50% de basura. En el caso de los lixiviados la concentración de NO_3^- acrecienta 22.22% en los primeros 30 días (17.23 mg/L) a 90% a los 60 días (57.99 mg/L) y decrece a los 90 días a 39.55% (16.84 mg/L)

en el tratamiento 1Kg de lombrices. En el tratamiento 2Kg las concentraciones de nitrato tiene la misma tendencia de incremento en comparación con el testigo, sin embargo en el trascurso de los 90 días, porcentualmente las concentraciones descienden de 84.96% en los primero 30 días (83.4 mg/L) a 39.73% al completar los 90 días (16.89 mg/L). Este comportamiento decreciente está relacionado con el aumento de poblacional en la cría de lombrices, aunque este sea deficiente en analogía con sistemas comerciales de lombricultura.

En los parámetros de los metales pesados el Cr se mantiene estable en concentraciones por debajo del mínimo detectable por el método de absorción atómica. El Pb en los primeros 30 días, las concentraciones están por debajo del mínimo detectables por el método de análisis de absorción atómica (<0.00016). Las variaciones de las concentraciones en todos los tratamientos ocurre a los 60 días después de establecido el experimento, reduciéndose las concentraciones de Pb (0.00021 mg/L) en 43.24% para el tratamiento 1Kg de lombrices y 59.46% (<0.00016) en el tratamiento 2Kg de lombrices al compararlo con el tratamiento 0kg de lombrices (0.00037 mg/L). En Cd las concentraciones aumenta en los primeros 30 días en 23.78%(0.01224 mg/L) en el tratamiento 1Kg de lombrices y 24.46% (0.01235 mg/L) para el tratamiento 2Kg de lombrices al comparar con el tratamiento 0Kg de lombrices (0.00933 mg/L).

Estudios realizado J. Guatemala, Junio 2007 reportó concentraciones de NO_3^- en lixiviados de 310 mg/L en el basurero de Granada (Nicaragua), Marbella (España) 28.9 a 2524.3 mg/L, Kuwait 0.20 a 100 mg/L citado por M. Al-Mefleh, 2003. En metales pesados M. Al-Mefleh, 2003 cita concentraciones de lixviados en vertederos de Turquia para Cr 0.02 a 2.2 mg/L, para Pb 0.04 a 1.4 mg/L y Cd 0.01 a <0.2 mg/L. En Chile los valores tipico en lixiviados de rellenos sanitarios para Cr 2 mg/L, Pb 2 mg/L y Cd 0 – 17 mg/L (Arellano, 2005). Estas concentraciones son superiores a las encontradas en este estudio (Tabla 4), aunque la analogia no sea propicia, debido que los lixiviados no tienen el mismo origen (las muestras de lixiviados no fueron extraidad in Situ), pero si marca punto de referencias para la definicion de valores permesibles en lixiviados producidos en los basureros o vertederos de basura tecnificados.

En el estudio realizado por Guatemala J. en el 2007, cita a una serie de autores que definen los tipos de lixiviados, describen la ruta de entrada, el aporte de los basureros a la contaminación de la siguiente manera; los lixiviados son producidos por el agua de lluvia que se infiltra y drena a través de las capas de desechos en descomposición (Ward et al. 2005). Se han identificado dos tipos de lixiviados los cuales están relacionados al estado de fermentación de los desechos. El Tipo I es producido durante la etapa de acidificación y el Tipo II durante la etapa de fermentación de metano (Harmsen 1983). Los basureros pueden ser fuentes de contaminación del suelo

y las masas de agua superficiales y subterraneas. Las principales rutas de entradas son la escorrentía superficial y la contaminación de las aguas subterráneas producto de la generación de lixiviados que percolan a dichas aguas (Striebel et al. 1991; Mvungi et al. 2003; Zafar and Alappat 2004).

El daño ecológico de los basureros a los cuerpos de agua y el suelo estará en dependencia del tipo de material que ha sido depositado en ellos y el estado de fermentación que se encuentra los desechos que generan los lixiviados. En función de la concentración de NO_3^- y metales pesados puede volver las aguas inadecuadas incluso para usos industriales, si como resultado de la contaminación se producen compuestos corrosivos (Nicholson et al. 1983; citado por Guatemala J., Junio 2007).

Tabla N° 4. Concentración en mg/L de NO_3^-, Cr, Pb, Cd en lixiviados de las muestras del basurero en los tratamientos implementados con Lombrices de tierra.

Elementos	Días después de establecido el bioensayo	Concentración Testigo (0Kg)	Concentración 1Kg Lombrices	Concentración 2Kg Lombrices
Nitrato (NO_3^-)	30	12.54	17.23	83.4
	60	5.8	57.99	34.08
	90	10.18	16.84	16.89
Cromo (Cr)	30	0.017	0.017	0.017
	60	0.017	0.017	0.017
	90	0.017	0.017	0.017
Plomo (Pb)	30	0.00016	0.00016	0.00016
	60	0.00037	0.00021	0.00016
	90	0.00017	0.00016	0.00016
Cadmio (Cd)	30	0.00933	0.01224	0.01235
	60	0.00164	0.00164	0.00164
	90	0.00164	0.00164	0.018

4.3. Efecto de abonos orgánicos en el contenido de contaminantes y la actividad microbiana en muestras del basurero municipal de la ciudad de León a través de bioensayos

4.3.1. Influencia de sustratos orgánicos contaminados sobre la respiración microbiana (Tabla N°5)

Para evaluar el efecto que ejercen los microorganismos del suelo en el proceso de biorremedición, en especial los provenientes de la descomposición de la materia orgánica, se procedió a determinar la

actividad microbiana de diferentes tratamientos (Brookes, 1987). En primera instancia se evaluaron los abonos orgánicos y el material contaminado de forma individual, posterior se evaluó la aplicación de abonos orgánicos en el material contaminado, induciendo así a una estimulación de los organismos existentes. Los abonos o compuestos orgánicos tienen como finalidad activar el desarrollo de los microorganismos y favorecer el proceso metabólico de los mismos (De la Torre, 1998).

Los resultados de la actividad microbiana de los abonos orgánicos y el efecto de la aplicación de material contaminado con basura municipal, se presentan en la tabla 5. Entre los abonos de estudio el que presento mayor producción de dióxido de carbono fue el bokashi, obteniendo un máximo de 2.70 mg CO_2/g de abono. La muestra contaminada del basurero municipal es la que obtuvo el menor valor de dióxido de carbono producido con rangos entre 0.5 hasta 0.2 mg CO_2/g de muestra. Al comparar la producción promedio de CO_2 entre la muestra contaminada del basurero municipal con el abono bokashi, esté tiene una reducción en la producción de CO_2 hasta del 79.87 %. Todos los valores de emisión de CO_2 en las muestras puras se diferencian significativamente una de otras (Anexo 4: Tabla N° 3. ANOVA). El valor de CO_2 para el lombriabono varia de 0.06 a 0.31 mg de CO_2/g/día, bokashi 0.097 a 0.867 mg de CO_2/g/día y para el suelo contaminado (basura) 0.027 a 0.15 mg de CO_2/g/día (Anexo 4, gráfico N° 1).

La respuesta de la actividad microbiana a la aplicación de abonos orgánicos a material contaminado se presenta en los resultados de los tratamientos mixtos, donde la producción de CO_2 aumento en ambas mezclas bokashi mas suelo contaminado (BKSC) y lombriabono mas suelo contaminado (LBSC) en comparación con el valor obtenido del material contaminado puro. La aplicación de bokashi a las muestras contaminadas aumento la producción de CO_2 significativamente en 0.79 mg CO_2/g BKSC, mientras que la adición de lombriabono solo produjo un intrascendentes aumento de 0.04 mg CO_2/g de LBSC.

Este aumento de la actividad microbiana en las muestras mixtas, expresada en la producción de CO_2, se atribuye a los altos niveles de carbono soluble en agua presentes en los abonos orgánicos (materiales rico de C-orgánico) (Pascual et al., 1999), así mismo esto es un indicativo del estimulo por la incorporación del abonos orgánicos sobre la actividad microbiana durante este periodo. El contenido de carbón orgánico de los abonos utilizados en este experimentos se encuentran para bokashi 6.78 % y para lombriabono 16.52%. (Tabla N° 7).

Los resultados de la adición de sustratos orgánicos ricos en C o N, indican sobre la capacidad de la microflora en reaccionar a fuentes de C accesibles (fácil de degradar), al mismo tiempo indica el contenido de sustancia que poseen carbón de fácil acceso para los

microorganismo (Lalande et. al; 1998). En relación a los resultados obtenidos en las mezclas de materiales (BKSC), expresan que una mayor actividad microbiana fue inducida por la presencia de carbón orgánico de fácil degradación. Esto concuerda debido a la composición química de los materiales utilizados en el proceso de elaboración del bokashi, donde la adición de melaza y almidón son la fuente de energía orgánica de más fácil acceso para los organismos. Si el análisis de los resultados se realiza de forma inversa y comparamos los valores obtenido en las muestras de abonos puros con las muestras mixtas conteniendo material contaminado, la actividad microbiana de estos se ve reducida. Esta reducción indica el efecto negativo que ejerció el material contaminado con respecto a la actividad microbiana en el sustrato.

Reporta Ross, 1994 que la actividad microbiana es uno de los indicadores biológicos más sensibles a alteraciones en el suelo y que las formas disponibles de los metales causan alta toxicidad a los microorganismos que habitan en los agroecosistemas, sobreviviendo solamente aquellos que por sus mecanismos bioquímicos presentan tolerancia a los metales pesados. Esta es la posible explicación de la reducción de la actividad microbiana de los abonos orgánicos, al ser mezclados con el sustrato contaminado del basurero municipal, donde la presencia de metales pesados (Tabla N° 7), indujo a una disminución de la población microbiana y por ende de su actividad mineralizadora de la materia orgánica. Resultados obtenidos por

(Alloway, 1995) demuestran que la pérdida de algunos grupos microbianos sensibles a este estrés químico ocasiona disminución en la actividad microbiológica del suelo y en los procesos de biodegradación que en él ocurren. Otros estudios demuestran que cuando la concentración de contaminantes es alta puede ocurrir inhibición de la actividad microbiana por toxicidad de la fuentes de carbono (LaGrega y Col., 2001; Nápoles, 2005).

Tabla N° 5. Emisión de CO_2-C en dependencia de los tratamientos durante 22 días de incubación

Tratamientos	Promedio*	Mínimo	Máximo	SD
	CO_2-C (mg/g)			
BK	**1.54**	0.80	2.70	0.59
LB	0.85	0.70	1.10	0.13
SC	**0.31**	0.20	0.50	0.09
BKSC	1.10	0.40	2.50	0.58
LBSC	0.35	0.02	0.80	0.18

(*) N = 21. Bk=Bokashi; LB=Lombriabono; SC=Suelo Contaminado (basura); BKSC=Mezcla de Bokashi con Suelo Contaminado; LBSC=Mezcla de Lombriabono con Suelo Contaminado.

Al relacionar los valores de la actividad microbiana con los contenidos de carbono orgánico de los respectivos materiales utilizados durante el ensayo (Tabla N° 6), se obtiene el **Índice de mineralización** de los sustratos, que es la proporción estimada de CO_2 en función al C-total del suelo (%). El índice de mineralización, nos indica la cantidad de energía o liberación de CO_2 utilizada por

los organismos del suelo en el proceso de descomposición de la materia orgánica. Éstos porque en la medida en que una unidad de C es incorporada al tejido celular de los microorganismos se desprenden aproximadamente 0.4-0.6 unidades de $C\text{-}CO_2$ de acuerdo a la eficiencia de conversión (Osorio, 2005).

Los ensayos de mineralización nos permiten evaluar el efecto de variaciones de factores bióticos y abióticos sobre la descomposición de materia orgánica, así mismo podemos determinar la susceptibilidad y razón de descomposición de compuestos orgánicos naturales y sintéticos. El mayor índice de mineralización se determino en el tratamiento de abono orgánico bokashi con valores de 2.21%, mientras que el resultados más bajo se presento en la mezcla realizada con lombriabono y material contaminado del basureo municipal. Es razonable señalar que a medida que aumenta la población de microorganismo en el suelo, la mineralización de materia orgánica en el suelo incrementa, pero el aumento de la población microbiana esta directamente relaciona con la disponibilidad de alimento. El valor de mineralización obtenido por el abono orgánico tipo bokashi (2.21%), está relacionado con la disponibilidad de carbohidrato y fuente de energía presentes en el abono. Estas fuentes de carbohidratos y de energía son proporcionadas al bokashi por el almidón, semolina (alimento balanceado para cerdos) y la melaza (miel de caña de azúcar).

Tabla N° 6. Efectos de los tratamientos sobre el Índice de mineralización (%) de los sustratos

Tratamientos	CO_2-C (g/100g)	C-org (g/100g)	MO (%)	Índice de Mineralización (%)
	(1)	(2)		(1/2) x 100
BK	0.15	6.78	11.69	**2.27**
LB	0.08	16.52	28.48	0.51
SC	0.03	5.42	9.34	**0.56**
BKSC	0.11	19.87	34.23	0.55
LBSC	0.04	13.81	23.81	**0.26**

Bk=Bokashi; LB=Lombriabono; SC=Suelo Contaminado (basura); BKSC=Mezcla de Bokashi con Suelo Contaminado; LBSC=Mezcla de Lombriabono con Suelo Contaminado.

Los resultados promedios de la actividad microbiana en dependencia del tiempo de incubación, se plasman en el gráfico N°4. El flujo de las emisiones de CO_2 fue mayor en las muestras de abonos orgánicos en comparación con la muestra contaminada, presentándose el máximo de actividad microbiana a los 13 días de incubación. En el tratamiento bokashi fue donde se obtuvieron las emisiones más altas, con valores de 2.63 mg/g de bokashi (muestras secas). Estos incrementos de la respiración se concentraron para los tres tratamientos en los primeros 16 días de incubación como máximo, descendiendo progresivamente con el tiempo de incubación. Esto se debe a la presencia de carbón fácilmente degradable y cantidades importantes de materiales más resistentes

a la degradación por microorganismos (Ortiz y Alcañiz, 1993; Chuan-kuan et al., 2005).

Estos resultados coinciden con los señalados por Rivero y Hernández (2001) al utilizar residuos orgánicos compostados, después de 20 días de incubación hubo un descenso gradual de la respiración a consecuencia de la presencia de materiales de mayor resistencia a la degradación.

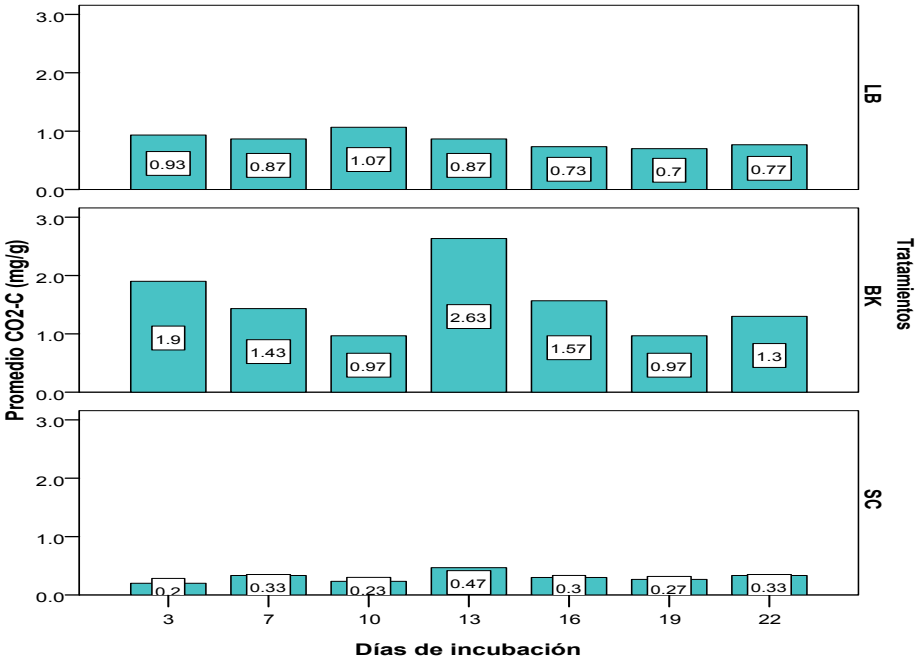


Gráfico N° 4. Producción de dióxido de carbono durante los 22 días de incubación en los abonos orgánicos (lombriabono y bokashi) y suelo contaminado (basura)

En el gráfico N°5 el aumento de la liberación de CO_2 se traduce en un aumento del consumo de O_2 por parte de los microorganismos

aerobios, sin embargo esta energía resultante, no se traduce en un aumento de la masa microbiana por lo que debe estar destinada a mantener las funciones vitales de los mismos en condiciones de estrés. Es obvio deducir que el incremento de la actividad microbiana de las mezclas LBSC y BKSC, es por el inoculo de microorganismo presentes en los abonos orgánicos, en comparación con las muestras de SC (Gráfico N° 4)

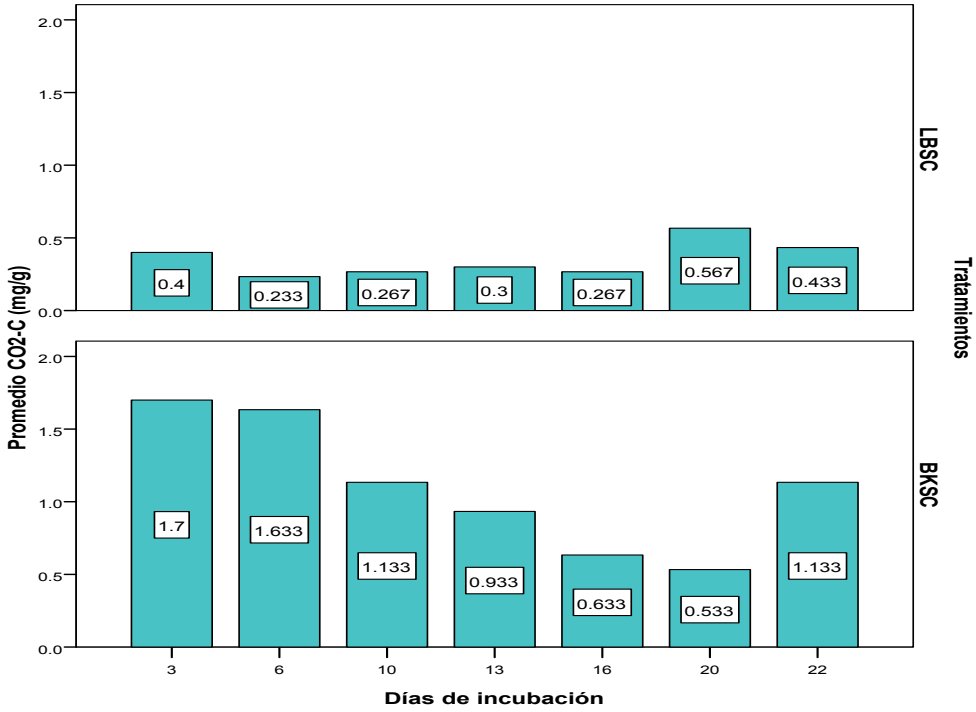


Gráfico N° 5. Efectos de la aplicación de contaminantes sobre la producción de CO_2 durante 22 días de incubación.

4.3.2. Concentración inicial de NO_3^-, Cr, Pb, Cd, Materia Orgánica y Carbón Total en muestras del basurero (solidas) y concentraciones finales en los tratamientos con abonos orgánicos Bokashi, Lombriabono en 22 días de incubación

En la tabla N° 7 se presentan las concentraciones de los parámetros NO_3^-, Cr, Pb, Cd, materia orgánica, carbono total aprioris y posteriori de la implementación de los tratamientos con abonos orgánicos, mezclados con suelo contaminado (basura) durante 22 días de incubación.

Los resultados del análisis químico para el parámetro de NO_3^-, tiene un comportamiento de incremento en los tratamientos. En el tratamiento LBSC el contenido aumento 118.42 mg/100g y en BKSC 209.41 mg/100g, al tener como referencia la concentración inicial de SC (<2.3 mg/Kg). Este comportamiento se explica por el aporte de nitrógeno de los abonos orgánicos. En el abono orgánico tipo lombriabono aporta 3.36% de nitrógeno y el bokashi 2.06% (Rostrán, et al., 2009). Es contradictorio que el bokashi que aporta menor cantidad de nitrógeno, en el tratamiento BKSC obtenga mayor concentración que el LBSC. La clave está en el proceso de elaboración del lombriabono y el bokashi.

En el caso de la elaboración del lombriabono la descomposición primaria de la materia orgánica se realiza a través del sistema

digestivo de las lombrices y posteriormente por los microorganismos presentes en las excretas, el tiempo para elaborar el abono es de 90 días, periodo necesario para que la lombriz cierre ciclo reproductivo. Este confiere al lombriabono característica estable en cuanto a la actividad microbiana, corroborado por los resultados obtenidos en la emisión de CO_2, indicador de la actividad microbiana en el tratamiento LBSC (Gráfico N° 5) y mayor contenido de humus en comparación con otros abonos orgánicos (Martinez C. 1996; Rostrán et al., 2009).

El proceso de elaboración del bokashi es de 7 - 10 días y se utilizan materia prima rica en nitrógeno (gallinaza), carbohidratos (semolina de arroz, almidón), carbón (cascarilla de arroz carbonizada), sacarosa (melaza o miel de caña de azúcar) y material lignificado, rico en silicio (cascarilla de arroz) que es difícil de descomponer. La razón para utilizar estos materiales es para incentivar el aumento de la población microbiana de manera acelerada y como el tiempo de elaboración es corto, no se permite la descomposición completa del material, existe en el abono suficiente reservas nutricionales con alta disponibilidad. Este análisis es congruente con lo reflejado en el gráfico N°5, en el BKSC la actividad microbiana deciente 30% a los 10 días de incubación.

Los resultados para los parámetros de metales pesados demuestran que los contenidos de Cr, Pb y Cd se reducen en los tratamientos

aplicados LBSC y BKSC a los 22 días de incubación. En Cr el contenido se reduce de 11.2 mg/Kg en la muestra inicial SC a un nivel por debajo de la detección del método por absorción atómica en los tratamientos LBSC y BKSC. En Pb la reducción del contenido es de 76.19% (16.93 mg/Kg) en el tratamiento LBSC y de 74.88% (17.86 mg/Kg) en BKSC, al hacer la analogía con respecto SC inicial (71.11 mg/Kg). El contenido Cd decrece en el tratamiento LBSC 26.06% (1.3 mg/Kg) y en BKSC 30.85% (1.3 mg/Kg) en comparación a la concentración inicial SC (1.88 mg/Kg).

Tabla N° 7. Concentración inicial de NO_3^-, Cr, Pb, Cd, Materia Orgánica y Carbón Total en muestras del basurero (solidas) y concentración final en los tratamientos con abonos orgánicos Bokashi, Lombriabono en 22 días de incubación

Parámetros	Unidad de medida	Contenido Inicial SC	Concentración final SC	Concentración final LBSC	Concentración final BKSC
Nitrato (NO_3^-)	mg/100g	< 2.3	2.49	120.62	211.61
Cromo (Cr)	mg/Kg	11.2	0.00017	0.00017	<0.00017
Plomo (Pb)	mg/Kg	71.11	17.35	16.93	17.86
Cadmio (Cd)	mg/Kg	1.88	1.5	1.39	1.30
MO	%	11.60	9.34	23.81	34.23
CT	%	6.73	5.42	13.81	19.87

BKSC=Mezcla de Bokashi con Suelo Contaminado; LBSC=Mezcla de Lombriabono con Suelo Contaminado; MO=Materia Orgánica; CT=Carbón Total.

CAPITULO V

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

1. La calificación para la caracterización y las rutas de exposición preliminar del basurero Fortín de Acosasco es de 41 puntos, existiendo Riesgo Ambiental y de Salud Pública, el sitio requiere una Evaluación de la Exposición según el método ATSDR.

2. En la legislación Nicaragüense no hay normativas que establezcan los umbrales permisibles en basureros a cielo abierto para el ambiente y que no causen daño a la salud en los parámetros estudiados, análogamente las concentraciones de contaminantes en las muestras del basurero en estudio superan los umbrales de la NTON 05-026-04.

3. La inoculación de lombrices de tierra en las muestras solidas del basurero Fortín de Acosasco disminuyeron las concentraciones de metales pesados estudiados después de 90 días para Cr 99.91%, Pb de 93.35% - 99.99%, Cd 34.12% y en lixiviados Pb entre 43.24% - 59.46%, Cd las concentraciones aumenta 23.78% - 24.46%.

4. El contenido NO_3^- incrementa en las muestras solidas del basurero Fortín de Acosasco de 2.67 a 15 veces y en lixiviados a los 90 días 39.73% en los tratamientos con lombrices.

5. Las concentraciones de contaminantes en las muestras del basureo no evidencian ser letales para la lombrices de tierra. Las evidencias de afectaciones en las lombrices se presento en la reproducción, reduciéndose el número de cocones a medida que se aumentaron las concentraciones de material contaminado (basura), demostrando que existe una correlación negativa significativa (P=0.004).

6. La emisión de CO_2 indicador de la actividad microbiana se incrementó con la inoculación de abonos orgánicos en muestras del basurero municipal con bokashi-suelo contaminado en 0.79 mg/g y lombriabono-suelo contaminado 0.04 mg/g en relación al suelo contaminado.

7. El NO_3^- incrementa sus concentraciones entre 118.43 y 209.11 mg/100g, en metales pesados el Cr es el elemento más susceptible a reducir sus concentraciones, finalizando con concentración por debajo del nivel de detección por absorción atómica, Pb disminuye las concentraciones de 74.88% - 76.19%, Cd 26.06% - 30.85%.

5.2. Recomendaciones

- Es conveniente realizar el estudio de Evaluación de la Exposición para tener criterios científicos-técnicos, que permitan definir estrategias de remediación del Fortín de Acosasco. Esto reducirá el riesgo a la salud de las poblaciones cercanas, teniendo como implicación conservar su valor histórico y explotar su potencial turístico.

- Es necesario establecer Normas Técnicas Obligatorias, que definan umbrales permisibles de las concentraciones de NO_3^-, metales pesados en suelo y lixiviados de basureros a cielo abierto clausurado, para iniciar programas de biorremediacion.

VI. BIBLIOGRAFÍA

1. Adriano, D. C, Wenzel, W. W., Vangronsveld, J., and Bolan, N. S. 2004. Role of assisted natural remediation in environmental clean-up. Geoderma, 122: 121-142.

2. Adriano, D. C. 2001. Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability, and Risks of Metals. 2 Edition. Springer, New York, NY.

3. African Journal of Biotechnology Vol. 10(36), pp. 6997-7001. (18 de Julio de 2011). Department of Environmental Science, Roudehen branch, Islamic Azad University, Roudehen, Iran. Recuperado el 20 de Junio de 2012, de Department of Biological Sciences, Jouybar branch, Islamic Azad University, Jouybar, Iran.: http://www.academicjournals.org/AJB

4. Alcaldía de Santa Rosa del Peñón. (2000). Plan de Gestión Municipal 2000-2004. León, Santa Rosa del Peñón.

5. Alloway, B.J.1995. Heavy Metals in Soils, second ed. Blackie Academic & Professional, London.

6. Alloway, B.J.1995. Heavy metals in soils. Second edition. The University of Reading, UK. 362p.

7. ALLPE, Ingeniería y Medio Ambiente. (s.f.). Blog Medioambiente.org. Recuperado el 04 de 06 de 2012, de http://www.medioambiente.org/2010/12/lombrices-para-descontaminar-los-suelos.html

8. Al-Mefleh, M. N. (2003). Investigación Relativa a la Minimización de Lixiviados en Vetederos y su Depuración . Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

9. Álvarez, F. E., Ribera, J. M., Renna, A. I., Segarra, R. M., & López, M. A. (2003). Patente nº 200100581. España.

10. AMUNIC e INIFOM. (2001). Recolección y Tratamiento de Desechos Sólidos. Manuales Elementales de Servicios Municipales, 11-33.

11. ATSDR, 2007. Toxicological profile for lead.

12. Banco interamericano de Desarrollo. (s.f.). Inter-American Development Bank. Recuperado el 18 de Abril de 2012, de http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=927721

13. Barazani, A., Dudai, N., Khadka, U., & Golan-Goldhirsh, A. 2004. Cadmium accumulation in Allium schoenoprasum L. grown in an aqueous médium. Chemosphere 57: 1213-1218.

14. Becquer, T., Quantin, C, Sicot, M., Boudot, JP. 2003. Chromium availability in ultramafic soils from New Caledonia. Science of the total environment 301: 251-61.

15. Brinton, W. F. (December de 2000). Woods End Research Laboratory, Inc. Compost Standards & Guidelines. Recuperado el 09 de Junio de 2012, de compost.css.cornell.edu/Brinton.pdf

16. Brookes, P.1987. The soil biomasa: concept, measurement and applications in soil ecosistem research. Microbes and Enviroment 16, 3: 131-140.

17. Cabrera, P. P., Blanco, A. V., Toujague, R., Leal, R. M., Acosta, F., & Jaimez, E. (10 de 2009). Evaluación del riesgo para la salud humana por exposición a arsénico y plomo en la mina delita y sus alrededores. Revista Ciencias de la Tierra y el Espacio, Disponible en http://www.iga.cu/Publicaciones/revista/cte_10/art_10-06/id610.htm.

18. Cantle, E. 1982. Atomic absorption spectrometry, Volumen 5. Elsevier, New York. 482 pp.

19. Casas, J., Sordo, J. (Eds). 2006. Lead Chemistry, Analytical Aspects, Environmental impact and Health Effects. Elsevier, Reino Unido. 367 pp.

20. Chuan-kuan, W.; D. C. Feldkirchner; S. T. Gower; J. Ferris and E. L. Kruger. 2005. Effects of amendments of paper mill sludge and nutrients on soil surface CO2 flux. J. Forestry Res. 16: 265-269

ciencia.glosario.net/medio-ambiente-acuatico/bioensayo-10261.html

21. Claudia, M. (1996). Potencial de la Lombricultura, elementos básicos para su desarrollo (Primera Edición en Español ed.). Mexico.

22. Clemens, S. 2006. Toxic metal accumulation, responses to exposure and mechanisms of tolerance in plants. Biochimie 88: 1707–1719.

23. Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, Ministerio de Fomento, Industria y Comercio. (23 de Junio de 2004). Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense para las Actividades de Exploración y Explotación de Hidrocarburos Recuperado el 18 de Junio de 2012, de

http://www.ine.gob.ni/DCA/leyes/normaTecnica/NTON_05-026-04.pdf

24. Contaminación por basura. on line. www.laprensa.com.ni/.../nacionales/es-20040613-02.ht.

25. Davies NA, Hodson ME, Black S (2003). Is the OECD acute worm toxicity test environmentally relevant? The effect of mineral form on calculated lead toxicity. Environ. Pollut., 121: 49-54.

26. De la Torre, A. La atenuación natural: una técnica alternativa para la descontaminación de suelos. En “Terceras Jornadas sobre Suelos Contaminados”. Series monográficas del Ministerio de .Medio Ambiente (1998) pp. 177-197.

27. ECODES. (s.f.). Recuperado el 01 de Agosto de 2011, de http://www.ecodes.org/.

28. EPA (1996). Earthworm subchronic toxicity test. EPA 712-C-96-167. Ecological effects test guidelines: PPPTS 850.6200.

29. Espinosa, A.S., González, A. 2001. La acumulación de basuras como material geotécnico II: comportamiento de las basuras. Revista de Ingeniería, Universidad De Los Andes 14: 56-70.

30. Flores, M. 2006. El basurero municipal ya no aguanta más. impreso.elnuevodiario.com.ni/2006/02/13/…/12565.

31. Gestión y Tratamientos de Residuos Urbanos, UNED. (25 de Mayo de 2012). www.uned.es. Obtenido de http://www.uned.es/biblioteca/rsu/pagina7.htm

32. Giraldo, E. 2001. Tratamiento de lixiviados de rellanos sanitarios: avances recientes., Revista de Ingeniería 14:44-55.

33. Gonzales, E. (s.f.) fundamentos para el cultivos de lombriz.

34. Guatemala, J. L. (Junio 2007). Caracterización de la estela de contaminación del basurero La Joya en Granada, Nicaragua. (C./. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA (UNAN – Managua), Ed. Managua.

35. GuiaAmbiental.com.ar Conocimiento y Medio ambiente. (31 de Mayo de 2012). Calidad de Agua - Materia Orgánica - Guia Ambiental. Obtenido de http://www.guiaambiental.com.ar/conocimiento-calidad-de-agua-materia-organica.html

36. Hamon, R. E., McLaughlin, J. M., and Cozens, G. 2002. Mechanisms of attenuation of metal availability in situ remediation treatments. Environmental Science and Technology, 36: 3991-3996.

37. Hazra, T., Goel, S. 2009. Solid waste management in Kolkata, India: Practices and challenges. Waste Management 29: 470–478.

38. http://archivo.laprensa.com.ni/archivo/2007/junio/23/noticias/nacionales/199064.shtml.

39. http://impreso.end.com.ni/2007/02/20/departamentales/41792.

40. http://www.lib.utexas.edu/benson/lagovdocs/nicaragua/federal/ambiente/Plan%20for%20Municipio%20de%20Leon.pdf.

41. http://www.monografias.com/trabajos10/contam/contam.shtml. on line.

42. Instituto Nacional de Información de Desarrollo, INIDE. (2007). http://www.inide.gob.ni. Recuperado el 03 de Abril de 2012, de http://www.inide.gob.ni/estadisticas/proyecciones/Proyeccion07.pdf

43. Integral, 2000. Estudio para la recuperación ambiental de la zona de Moravia en el municipio de Medellín – informe final., Mayo I, volumen 1-3, Centro de documentación, Área Metropolitana del Valle del Aburrá. Medellín, Colombia.

44. Intervención Integral del Barrio Moravia, 2004.

45. Kabata-Pendias, A., 2004. Soil–plant transfer of trace elements—an environmental issue. Geoderma 122: 143–149.

46. LaGrega, M. D.; Buckingham, P. L.; Evans, J. C. and Environmental Resources Management. 2001. Hazardous waste management. Mc Graw-Hill. pp 7-23

47. Lalande, R.; V. Furlan; D. Angers and G. Lemieux. 1998. Soil improvement following addition of chipped wood from twigs. Am. J. Alternative Agric. 13:132-137.

48. Lalor, G. 2008. Review of cadmium transfers from soil to humans and its health effects in the Jamaican environment. Science of the total environment 400: 162-172.

49. Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Ley N°217. (27 de Marzo de 1996). La Gaceta.

50. Lopez.1994. Biorremediación y fitorremediación en suelos contaminados.

51. Mesta Ana Ma., Ruiz. N. 2002. Biotratamientos, con base en el uso de la lombriz Eisenia sp. aislada de pozos composteros para la remediación de suelos contaminados con residuos industriales de parafina. XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Cancún, México.

52. Miliarium Aureum, S.L. (2001, 2004). Miliarium.com, Ingeniería Civil y Medio Ambiente. Recuperado el 16 de Marzo de 2012, de http://www.miliarium.com/Proyectos/SuelosContaminados/Manuales/Contmetalespesados.asp
53. Miliarium. (s.f.). http:/www.miliarium.com/Proyectos/SueloContaminados/Contmetalespesadosasp. Recuperado el 30 de Junio de 2012
54. Miller, PA., Clesceri, NL (Eds.). 2003. Waste sites as biological reactors: characterization and modeling. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
55. Ministerio del Medio Ambiente. 2002. Saneamiento y cierre de botaderos a cielo abierto: guía ambiental/Colombia. Ministerio del Medio Ambiente. Consultado en línea: http://www.minambiente.gov.co/documentos/Rellenos_Sanitarios.pdf
56. Mulligan Martin , El Nuevo Diario, 2007. www.elnuevodiario.com.ni. Recuperado el 06 de Julio de 2011, de
57. http://archivo.elnuevodiario.com.ni/2007/01/23/departamentales/39465
58. Nagendran, R., Selvam, A., Kurian, J., Chiemchaisri, C. 2006. Phytoremediation and rehabilitation of municipal solid waste landfills and dumpsites: A brief review. Waste Management 26: 1357–1369.
59. Nápoles, J. 2005. Ensayos de tratabilidad en suelos contaminados con petróleo. Tesis en opción al título de Máster en Biotecnología. Mención Ambiental. Universidad de Oriente.

60. National Research Council. 1992. Restoration of Aquatic Ecosystems. Science Technology, and Public Policy. National Academy Press, Washington, USA. 421 pp.

61. Neri Vela, Rodolfo (1993) (en Spanish). Estaciones espaciales habitadas. México: Atlántida. ISBN 968686802X.on line

62. OECD. (1984). Earthworm, acute toxicity test. Guideline for testing of chimecals .

63. Onuoha, P. C., & D.C., W. (07 de Julio de 2011). Journal of American Science, 2011; Combination toxicity effects of heavy metals on terrestrial animal (Earthworm- Eisenia andre). Recuperado el 09 de Junio de 2012, de http://www.americanscience.org

64. Ortiz, O. and J. M. Alcañiz. 1993. Respiration pontential of microbial biomass in a calcareous soil treated with sewage sludge. Geomicrobiology J. 11: 333-340.

65. OSORIO N. W. 2005 Guía de laboratorio Practica 3. Aislamiento de microorganismos del suelo. Preparación se diluciones seriales. Preparación de medios de cultivo. Siembra en platos y conteo de UFC. Universidad Nacional de Colombia.

66. Palacios, C. (s.f.). Monografia.com. Recuperado el 16 de Marzo de 2012, de http://www.monografias.com/trabajos16/proceso-severo/proceso-severo.shtml

67. Pascual, J. A.; C. García and T. Hernández. 1999. Lasting microbiological and biochemical effects of the addition of municipal solid waste to an arid soil. Biol. Fertil. Soils 30:1-6.

68. Peralta-Videa, JR., Lopez, ML., Narayan, M., Saupe, G., Gardea-Torresdey, J. 2009.

69. Persoone, G., C. Janssen y W. de Coen (eds.). 2000. New microbiotests for routine toxicity.

70. Pilon-Smits, E., 2005. Phytoremediation. Annual Review Plant Biology 56: 15-39.

71. Pinzón, M. S. (2010). Contaminación por metales pesados en el botadero de basuras de Moravia en Medellin: transferencia a flora y fauna y evaluacion del potencial fitorremediador de especies nativas e introducidas. Bogota, DC: Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ciencias Programa de Posgrado Departamento de Quimica Gibuj.

72. Restrepo, J. (2000). Agricultura Orgánica, como preparar caldos minerales para controlar algunas deficiencias nutricionales y enfermedades en los cultivos. Cali, Colombia.

73. Restrepo, J. (2002). Agricultura Orgánica, biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca (Primera, Edición ed.). Santiago de Cali, Colombia.

74. Rivas, C. O. (s.f.). Compostadores, sostenibilidad en estado puro. Recuperado el 09 de Junio de 2012, de http://www.compostadores.com/h/biodiversidad/anatomia-y-fisiologia-de-la-lombriz-roja

75. Rivero, C. y E. Hernández. 2001. Efecto de la aplicación de dos tipos de compost sobre la producción de CO2 y la actividad de fosfatasa en un suelo inceptisol. Venesuelos. 9: 24-32.

76. Rodríguez, R., & Contreras, O. (10 de Noviembre de 2006). Propuesta de Remoción de Metales Pesados. Recuperado el 31 de Mayo de 2012, de http://remocion.blogspot.com/2006/11/propuesta-de-remocion-de-metales.html

77. Ross, S. 1994. Toxic metals in soil-plant systems. New York. USA. 432pp.

78. Rostrán, J. L., Naruo, K., Castillo, X., Bárcenas, M. & Escobar, J. E. (2009). Manual para la producción de abonos orgánicos. UNAN-León, Carrera de Agroecología, León.

79. Rostrán, J., Castillo, X. 2007. Manual para el manejo de la Lombricultura. León, Nicaragua._. 11 pág.

80. Saint-Denisa, M., Narbonneb, J., Arnaudb, C., & Ribera, D. (18 de Julio de 2000). Biochemical responses of the earthworm Eisenia fetida andrei exposed to contaminated artifcial soil: effects of lead acetate. Recuperado el 31 de Mayo de 2012, de www.elservier.com/locate/soilbio

81. Saint-Denisa, M., Narbonneb, J., Arnaudb, C., & Ribera, D. (18 de Julio de 2000). Biochemical responses of the earthworm Eisenia fetida andrei exposed to contaminated artifcial soil: effects of lead acetate. Recuperado el 31 de Mayo de 2012, de www.elservier.com/locate/soilbio

82. Sánchez, M. S., Bedoya, A., & Barahona, R. (2010). Estudio preliminar de la fauna en el morro de basuras de Moravia y presencia de metales pesados en artrópodos y roedores. Medellín, Colombia: Universitas. SCIENTIARUM, Disponible en línea en: www.javeriana.edu.co/universitas_scientiarum.

83. Santamaria S., Ferrera. R. 2002. Dinámica de población de Essenia spp. en diferentes residuos orgánicos. Universidad Autónoma Chapingo.Mexico.

84. Screening and biomonitoring. Kluwer Academic / Plenum Publishers, New York. 550 pp.

85. Shanker, A.K., Cervantes, C, Loza-Tavera, H., Avudainayagam, S. 2005. Chromium toxicity in plants. Environment International 31, 739– 753.

86. Sharma, P., Dubey, RS. 2005. Lead toxicity in plants. Brazilian Journal of Plant Physiology 17:35–52.

87. Skoog, D., Holler, F.J., Nieman, T.A. 2000. Principios de análisis instrumental 5ª edición. MacGraw-Hill, Madrid, España.

88. Spurgeon, D. J., Hopkin, S.p., and Jones, D.T., 1993. Effects of cadmium, copper, lead and zincon growh, reproduction and survival of Eisenia fetida (Savigny): assessing the environmental impact of point-source metal contamination in terrestrial ecosystems. Enviromental Pollution (in press).

89. Sustentator.com/bloges/2010/12/11/venezolanos-y-argentinos-muestran-que-las-lombrices.

90. Suthersan, S. 2001. Natural and enhanced remediation systems. Lewis Publishers, New York. 442 pp.

91. Tammemagi, H. 1999. The waste crisis: landfills, incinerators, and the search for a sustainable future, Oxford University Press, New York.

92. The biochemistry of environmental heavy metal uptake by plants: implications for the food chain. The International Journal of Biochemistry and Cell Biology 41: 1665–1677.

93. Thesis Consultores, S.C. (2002). Análisis de los Mercados de Instituto Nacional de Ecologia, Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental, México.

94. Timbrell, J. Principles of biochemical toxicology, fourth Ed. 2008. Informa Healthcare, USA, 466 pp.

95. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Escuela de Postgrado. (2005). Diplomas en Medio Ambiente 2005, Manejo de Residuos Sólidos. Recuperado el 20 de Junio de 2012, de https://www.ucursos.cl/diplomados/2009/0/DIPRS/1/material_docente/bajar?id_material=260720

96. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. (2008). Informe Preliminar La Afección de los Lixiviados del Botadero de “La Chureca” a las Masas de Agua y Algunas Consideraciones Técnicas a la Atenuación del Impacto. Managua.

97. Van de Moortele, N. 2010. Contaminación.

98. Van Deuren, J., Wang, Z. y Ledbetter, J. 1997. Remediation technologies screening matrix and reference Guide. 3ª Ed. Technology Innovation Office, EPA.
http://www.epa.gov/tio/remed.htm
99. Van Gestel, C.A.M. 1991. Earthworms in ecotoxicology. Ph.D Thesis Rijksuniversiteit Utrecht; Utrecht, The Netherlands.
100. Varekamp, J. C. (s.f.). U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration. Safety and Health Topics: Toxic Metals.". Recuperado el 09 de Junio de 2012, de http://www.osha-slc.gov/SLTC/metalsheavy .
101. Vullo, D. L. (2003). Microorganismos y Metales Pesados: Una Interaccion en Beneficio del Ambiente. Red de Revista Cientificas de America Latina y el Caribe, España y Portucal , 93-104.
102. Wen, B., Hu, X.-y., Liu, Y., Wang, W.-s., Feng, M.-h., & Shan, X.-q. (18 de May de 2004). The role of earthworms (Eisenia fetida) in influencing bioavailability of heavy metals in soils.
103. World Health Organization, Regional Office for Europe, 2000. Air quality guidelinesfor Europe. Second edition. WHO Regional Publications, European Series, N°. 91. Copenhagen, Denmark.
104. WWW.fundacionecologicaydesarrollo.org. (s.f.). www.ecodes.org. Recuperado el 01 de Agosto de 2011, de http://archivo.ecodes.org/pages/areas/cooperacion/vertedero_leon.asp).
105. www.profesorenlinea.cl. (s.f.). WWW.Profesor en Linea, ¡tu ayuda para las tareas! Recuperado el 06 de Julio de 2011, de

http://www.profesorenlinea.cl/ecologiaambiente/ContaminacionBasura.htm
106. Z. 2000. Chromium occurrence in the environment and methods of its speciation. Environmental Pollution 107: 263–283.
107. Zhang, X.H., Liu, J., Huang, H.T., Chen, J., Nian, Z. Y., Wang, D.Q., 2007. Chromium accumulation by the hyperaccumulator plant Leersia hexandra Swartz. Chemosphere 67: 1138–1143.

Anexo 1
1.1. Información requerida para cada sitio peligroso ATSDR

Anexo 1. Información requerida para cada sitio peligroso (ATSDR)

Ficha Nº.1

Cada sitio llevará un número que facilitará su archivo e identificación en mapas.

1. Nombre del Sitio.
Nombre oficial: Basurero Municipal del Fortín de Acosasco de León.
Nombre común: Basurero del Fortín.

2. Ubicación Exacta (utilizando el número de ficha para localizar al sitio en el mapa).
El basureo municipal del municipio León actualmente clausurado, se encuentra ubicado en los linderos de El Fortín de Acosasco en la parte suroeste del casco urbano, en una loma desde donde se alcanza a percibir la cordillera de los Maribios y la panorámica de la ciudad que lo convierte en un lugar potencialmente turístico.

La ubicación exacta es Asilo de Anciano 300 metros al este y 2300 metros al sur., ciudad de León, Nicaragua.

X	Y	DESCRIPCIÓN
511655	1372647	Fortín de Acosasco 200 msnm

3. ¿Existe Preocupación Social? Sí __X__ No _____ Pasada _____ Potencial __X__

4. Fuente Contaminante.

El origen de la contaminación es antropogenica, reflejo de las actividades productivas y domesticas de la ciudad de León, Nicaragua. El basurero Municipal se encuentra en las periferias de la ciudad, en una de las áreas más alta del municipio, aproximadamente a 200 msnm y la ciudad se encuentra entre los 100 y 130 msnm. Esta diferencia de altitud facilita los gradientes de desimanación de los contaminantes por vía eólica, hídrica u otra.

Los vientos predominantes en el municipio de León, son de Noreste a sur oeste y la gradiente hídrica ocurre en los cuatro puntos cardinales, por encontrase el basurero en la parte más alta de loma (ver anexo 1, 2, 3, 4, 5,).

El basureo entra en operación a inicios de la década de 1980 y fue clausurado a finales de la década del 2000. En los 30 años de operación se depositaban entre 250 y 315 toneladas de basura diarios, esta basura no era seleccionada, se recolectaba en camión o tren de aseo de la ciudad sin hacer selección previa del origen de la basura.

5. Tipo de Residuos (Metales, Orgánicos, Plaguicidas, Mezclas Complejas).

Tipo de residuos es de mezclas complejas, donde predominan desechos plásticos en el área cercana a la estructura del fortín y en el área sur del basurero (ver anexo 1 y 2) es notaria la presencia de desperdicios orgánicos pero igualmente predominan los desperdicios plásticos.

En zonas del basurero en la parte sur aun siguen depositando la basura de forma no controlada o clandestina.

6. Clasificación del Sitio (Minería, Industrial, Valle Agrícola, Petrolera, Microempresa, Depósito No Controlado, Otro).

Es de tipo no controlado y en este caso durante tuvo en operación el basurero no se realizaba selección de los residuos orgánicos, inorgánicos, hospitalarios, etc.

7. ¿Se Cuenta con Evidencia de Contaminación Ambiental Química? Si ó No. En Caso Afirmativo: ¿Evidencia directa de estudios calificados ó Evidencia indirecta?; en este último caso ¿Cuál?

Si existen evidencias de contaminación química de los basureros o rellenos sanitarios de forma indirecta.

Estudios realizados en España, Chile, México, Estados Unidos de Norte América han evidenciado los efectos en las fuentes de aguas de agua subterráneas y principalmente en la contaminación atmosférica.

En el caso del Basureo Municipal de León, no se cuentan con estudios específicos en la determinación de contaminación ambiental química, pero es evidente la cantidad de materia inorgánica existente principalmente plásticos, la materia orgánica visualmente determina de restos del proceso de curtido de cuero y materiales peligrosos procedentes de hospitales como jeringas, botellas de suero con los accesorios intravenoso.

Un par de ejemplos:

Chile: Composición de líquidos percolados de un relleno sanitario con desechos domésticos (Errázuriz), (www.**sinia.cl**/1292/articles-39508_pdf_anex.pdf)

Componentes	Rango (mg/l)
Cloruros	100 - 400
Cobre	0 - 9
Fierro	50 - 600
Flúor	0 - 1
Cadmio	0 - 17
Cromo (VI)	2
Plomo	2
Sodio	200 – 2000
Sulfatos	100 – 1500
Nitratos	5 – 40
Dureza ($CaCO_3$)	300 – 10000
DBO	2000 – 30000
DQO	3000 – 45000
pH	5.3 – 8.5

Contaminación Atmosférica por Basura en el Relleno Sanitario de Piura (España)
http://www.monografias.com/trabajos13/infinal/infinal.shtml

FOCOS DE CONTAMINACIÓN

La basura se considera un problema de contaminación por varios motivos. Así por ejemplo en ella se desarrolla gran cantidad de organismos nocivos para la salud humana.
El aspecto más importante que agrava el problema sanitario es la quema o incineración de la basura; las áreas donde se depositan la basura constituyen un problema sanitario que contamina el ambiente ya sea por una combustión directa o indirecta; cuando se queman los residuos sólidos se desprenden sustancias indeseables en forma de gases o partículas produciendo mucha contaminación.

Gran parte de los residuos sólidos no son desagradables pero se acumulan y provocan perdidas en la calidad y productividad de los suelos y el agua, además de problemas de salud en los humanos, y en los animales y las plantas.

DAÑOS QUE OCASIONAN AL MEDIO AMBIENTE

ATMÓSFERA

La quema a cielo abierto de basura municipal ocasiona la emisión de distintos contaminantes. Basados en el cálculo de cargas de contaminación del aire proveniente de la disposición de desechos sólidos, según el Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud de la Organización Panamericana de la Salud, las cantidades calculadas de los principales contaminantes por la quema a cielo abierto de basura municipal son:

Por cada tonelada de desechos sólidos quemados (t):
- Partículas: 8 Kg/t
- SO2: 0.5 Kg/t
- Óxidos de Nitrógeno (NOx): 3 Kg/t
- Hidrocarburos : 15 Kg/t
- CO: 42 Kg/t

La basura genera dos tipos de gases:
- Gases de invernadero: Estos gases son el metano y el bióxido de carbono cuyas propiedades son retener el calor generado por la radiación solar y elevar la temperatura de la atmósfera.

-Degradadores de la capa de ozono: Hay productos que por la naturaleza de su fabricación y los agentes químicos utilizados en su elaboración, generan ciertos gases que desintegran la capa de ozono. Estos gases son conocidos como clorofluorocarbonados o CFC´s y se emplean en la fabricación de envases de unicel, como propulsores de aerosoles para el cabello, en algunas pinturas y desodorantes. Cuando los envases de estos productos son desechados a la basura se convierten en fuentes de emisión de estos gases.

5.2. SERES VIVOS

Los contaminantes generados durante la quema de basura tienen consecuencias sobre la salud humana, y en general efectos sobre los seres vivos y los ecosistemas.

Los contaminantes del aire, tanto gaseosos como particulados, pueden tener efectos negativos sobre los pulmones. Las partículas sólidas se pueden impregnar en las paredes de la tráquea, bronquios y bronquiolos. La mayoría de estas partículas se eliminan de los pulmones mediante la acción de limpieza de los cilios de los pulmones. Sin embargo, las partículas sumamente pequeñas pueden alcanzar los alveolos pulmonares, donde a menudo toma semanas, meses o incluso años para que el cuerpo las elimine. Los contaminantes gaseosos del aire también pueden afectar la función de los pulmones mediante la reducción de la acción de los cilios. La respiración continua de aire contaminado disminuye la función de limpieza normal de los pulmones.

Las basuras atraen ratas, insectos, moscas y otros animales que transmiten enfermedades; contaminan el aire al desprender químicos tóxicos (Bióxido de carbono y otros), polvos y olores de la basura durante su putrefacción. Además, los vertederos de basura cuando llueve, contribuyen a contaminar las aguas superficiales y subterráneas.

La mayoría de los tiraderos de basura se ubican en terrenos grandes y planos, carentes de vegetación. En tiempos de sequía, los vientos levantan una gran cantidad de polvo que es transportado por el viento, contaminando el agua de ríos, lagos, pozos, alimentos, poblaciones cercanas, etc., debido a que estas partículas de polvo permanecen suspendidas en el aire.

Entre la basura depositada en los tiraderos generalmente hay heces fecales de seres humanos y animales. Estos excrementos contienen microorganismos, que los vientos arrastran y depositan en el agua y alimentos expuestos al aire libre, y en general sobre las poblaciones cercanas.

La basura es causa de muchas enfermedades, porque en ella se multiplican microbios y otras plagas como moscas, cucarachas y ratas. También atrae perros y otros animales que pueden trasmitirlas. La basura debe manejarse con cuidado y depositarse en lugares adecuados, para evitar los olores y el aspecto desagradable; con ello contribuimos a evitar la contaminación del suelo, del agua y del aire.

Son muchas las enfermedades causadas por los microbios que se producen por la acumulación de basura, sobre todo cuando entran en contacto con el agua de beber o los alimentos; por eso, se debe manejar adecuadamente y eliminarla sanitariamente.

5.3. AGUA

La contaminación del agua puede darse en rellenos sanitarios no diseñados siguiendo normas técnicas. Así, puede haber contaminación de aguas subterráneas o de cuerpos de agua superficiales por agua de escorrentía. Para el caso específico de la quema de basura, existirá contaminación del agua si las partículas producidas llegan hasta cuerpos de agua. Puede haber contaminación por medio de la producción de lixiviados que son las

substancias procedentes de la basura descompuesta y que se filtra al suelo por medio del agua.

8. ¿Se Cuenta con Evidencia de Vulnerabilidad Social?

Si existe un trabajo realizado por cooperantes españoles en Nicaragua, a través de un proyecto denominado niños del Fortín, se estudiaron 30 niños y adolecentes entre los 8 y 14 años de edad. Este estudio fue enfocado en la exclusión social de los niños y la condición de trabajo en el que se desarrollaban, para ello realizaron una valoración psicológica de estos niños y las causas de la problemática. Los resultados del trabajo señalan que las causas principales de la problemática eran que ninguno de los niños tenían escolaridad de primaria aprobada, condiciones de pobreza extrema en el entorno familiar y en la mayoría de los casos abandono del hogar.

Otro aspecto mención es la inseguridad con la trabajaban estos niños; sin protección alguna excepto un trapo que le cubría las vías respiratorias y la boca dejando al descubierto el resto del cuerpo.

9. Medio Ambiental Impactado.

Suelo: la basura de la ciudad de León se coloco en este basurero durante treinta años en la hondonada natural del Cerro del Fortín y posteriormente se coloco la basura hacia el sur, sin tratamiento alguno, toda la basura se colocaba sobre la superficie del suelo, provocando cambio es su estructura física y química.

Aire: los basureros emiten gases a la atmosfera Gases de invernadero: Estos gases son el metano y el bióxido de carbono. Degradadores de la capa de ozono: estos gases son conocidos como clorofluorocarbonados o CFC´s .

Agua: contaminación de aguas subterráneas (pozos y ríos subterráneos) o de cuerpos de agua superficiales por agua de escorrentía, partículas solida que llegan a los cuerpos de agua superficiales (Rio Chiquito), lixiviados que son las substancias procedentes de la basura descompuesta y que se filtra al suelo por medio del agua.

10. ¿Existe Evidencia de Exposición Humana a los Contaminantes? Si ó No. En Caso Afirmativo: ¿Evidencia directa de estudios calificados ó Evidencia indirecta?; en este último caso ¿Cuál?

Actualmente de manera oficial el basurero del Fortín está cerrado pero sin embargo personas no autorizadas de manera clandestina siguen botando basura en dicho lugar y todavía se observa personas trabajando como pepenadores o recicladores que tiene contacto directo con los desechos, protegiéndose las vías respiratorias únicamente con ropa envuelta en sus caras, dejando libre únicamente los ojos. De ésta forma, quedan poco protegidos o expuestos a polvos, partículas en suspensión, esporas de microorganismos, quistes de parásitos, etc.

11. Población más Cercana.

11. Población más Cercana

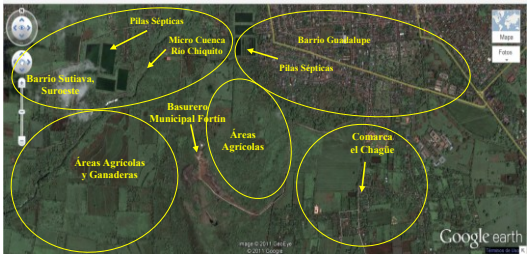
La poblaciones más cercanas son el Barrio Guadalupe, Los Repartos Rigoberto López Pérez, con distancia del basurero al reparto de 2000 metros, la parte suroeste del barrio de Sutiava, en la parte más cercana es de 1000 metros de distancia y la Comarca el Chagüe que se encuentra a 2000 metros de distancia.

Existen alrededor de 25 unidades productivas dedicadas a la producción agropecuaria, pero de estas unidades hay 4 unidades que se encuentran entre 1000 y 1500 metros de distancia del basurero Municipal.

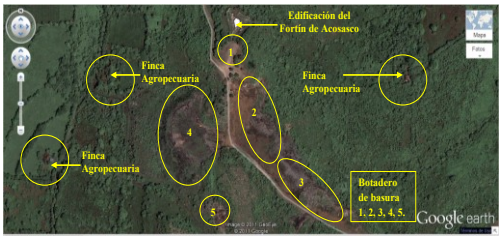
12. Anexar Mapa del Departamento de León, Municipio de León, Casco Urbano de la Ciudad de León.

Anexo 1. Imágenes del Mapa de Nicaragua y el Casco Urbano de la Ciudad de León.

Anexo 2. Zonas aledañas al Basurero Municipal El Fortín de Acosasco de la Ciudad de León.

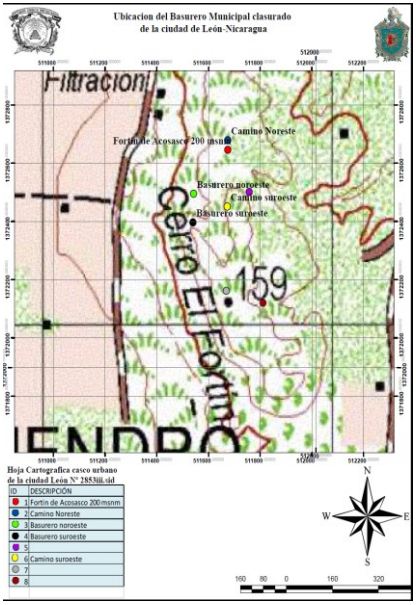


Anexo 3. Áreas donde se deposito basura y unidades productivas más cercanas.



Anexo 4. Área de donde se extraerán las muestras para los Bioensayos de Biorremediación.

Anexo 5. Geo-referenciación del Basurero Municipal del Fortín de Acosasco en Hoja Cartografica del Casco Urbano de la Ciudad de León



FORMATO PARA LA INFORMACION DE SITIOS PELIGROSOS

FICHA Nº. 2

1. Nombre del Sitio: Nombre oficial: Basurero Municipal del Fortín de Acosasco de León.

2. Ubicación Exacta: La ubicación exacta es Asilo de Anciano 300 metros al este y 2300 metros al sur., ciudad de León, Nicaragua.

Municipio: León (utilizar el número de ficha para localizar al sitio en el mapa)

3. ¿Existe Preocupación Social? Sí X No _____ Pasada _____ Potencial X

4. Fuente Contaminante: Basurero Municipal Clausurado de la Ciudad de León.

5. Tipo de Residuos: Metales _____ Orgánicos _____ Plaguicidas _____

Mezclas Complejas X

6. Clasificación del Sitio. * Minería _____ *. Industrial _____ (Giro) _____

* Zona Agrícola ____ * Petrolera _____ *. Microempresa _____ (Giro) _____

* Manejo de Residuos _____ (Tipo) _____ *. Otros X___ (Tipo) No Controlado

7. ¿Se Cuenta con Evidencia de Contaminación Ambiental Química? Sí X No _____

Evidencia directa de estudios calificados: X Evidencia indirecta X ¿Cuál?

Observación visual: X otros_____ ¿Cuáles? Estudios realizados en el extranjero en rellenos sanitarios (España Chile, México, Estados Unidos).

8. ¿Se Cuenta con Evidencia de Vulnerabilidad Social?

Sí X No _____

9. Medio Ambiental Impactado: Suelo X Aire X Agua Superficial X

(Tipo de agua superficial) Micro Cuenca Rio Chiquito Agua Subterránea Por Lixiviación o percolación.

Alimento ____ Otro (s) _____

Alimento _____ Otro (s) _____

10. ¿Existe Evidencia de Exposición Humana a los Contaminantes? Sí X No _____

Evidencia directa de estudios calificados _____ Evidencia indirecta X (explicar cuál) Se observaron personas haciendo el trabajo de pepena las que tienen contacto directo con la basura.

11. Población más Cercana: Nombre Barrio Guadalupe, Sutiava, Comarca el Chagüe.

Distancia al Sitio: 2000, 1000, 2000 metros respectivamente.

Número Aproximado de Habitantes: 2000, 2500, 1500 personas respectivamente en cada localidad.

Principal Actividad Económica: Cerca del depósito de basura es la actividad agropecuaria.

12. Anexar mapa de la Entidad Federativa.

13. ¿Se Adjuntan Documentos? Sí X No _____

14. Fuente de Información: Literatura de Estudios realizados en España, Chile, México, Estados Unidos y Documento pdf. Relacionados con la Exclusión Social de los Niños del Fortín.

Calificación de la Fuente Confiable: X Dudosa _____ Ignorable _____

CALIFICACION PARA LA PRIORIZACION DE VISITA AL SITIO 41 puntos.

Llenó el cuestionario (nombre): Jorge Luis Rostrán Molina

Dependencia: Carrera de Agroecología de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-León

Télefono: 505-23139226 Fax _____

Dirección: Arrocera de la Ciudad de León, 1.5 Km. Al este.
E-mail; jlrostranmolina@yahoo.es.

PRIORIZACION PRELIMINAR DE SITIOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS CON RESIDUOS PELIGROSOS

1. ¿Existe un medio ambiental para el transporte del contaminante?

Medio de transporte	Valor Ponderado	Valor Otorgado
Suelo	2 puntos	2
Alimento Local	*2 puntos	
Aire	3 puntos	3
Agua Subterránea	4 puntos	4
Agua Superficial	2 puntos	2
Otro **(a juicio del investigador) *	Puntos	
Producto de consumo humano		
** Pintura, polvo doméstico, etc.		
Total de Puntos		**11**

2. ¿Existe probabilidad de exposición humana a los contaminantes?

Exposición Humana	Valor ponderado	Valor Otorgado
Sí, en el sitio	3 puntos	
Sí, lejana al sitio	6 puntos	6 puntos
No	0 puntos	

3. ¿Existe población potencialmente bajo riesgo?

Distancia al sitio (dentro de un radio) tamaño de la población

Distancia al sitio	Valor Ponderado	Valor Otorgado
0 - 1500 m	3 puntos	3 puntos
1501 - 3000 m	2 puntos	
> 3000 m	1 punto	
Número de Personas		
> 100 mil personas	4 puntos	
> 10 mil - 100 mil	3 puntos	
> mil - 10 mil	2 puntos	2 puntos
Mil	1 punto	
Total de Puntos		**6**

4. ¿Se cuenta con evidencia de vulnerabilidad social?

Vulnerabilidad Social	Valor Ponderado	Valor Otorgado
Sí	3 puntos	3 puntos
No	0 puntos	
Total de Puntos		**3**

5. ¿Existe preocupación social?

Vulnerabilidad Social	Valor Ponderado	Valor Otorgado
Sí	3 puntos	3 puntos
No	0 puntos	
Total de Puntos		**3**

6. Criterios de desempate.

Cuando se realiza la priorización de una lista con numerosos sitios, es común encontrar sitios que tienen un mismo total de puntos. Para dichos casos se requieren de criterios de desempate. Estos criterios deberán ser definidos por el grupo que haya originado el listado. Sin embargo, a continuación se exponen los que fueron empleados para el caso de San Luis Potosí, que es el ejemplo que se presentó en el capítulo uno de este manual.

El primer criterio fue el factor obtenido del producto de la calificación del punto dos (probabilidad de exposición humana a los contaminantes) por la calificación del punto tres (poblaciones cercanas).

El segundo criterio fue la calificación del punto tres.

El tercer criterio fue la calificación del punto uno (medios ambientales impactados).

Finalmente, hubo casos que requirieron un cuarto criterio, en dichos casos el cuarto criterio fue el tamaño numérico de la población.

Anexo 2

2.1. Base para la calificación de sitios inspeccionados

Anexo 2. BASES PARA LA CALIFICACIÓN DE LOS SITIOS INSPECCIONADOS

I. ANTECEDENTES DEL SITIO máximo 17 puntos

1. Poblaciones cercanas al sitio (multiplique distancia x tamaño)
Distancia al sitio (dentro de un radio) tamaño de la población

Distancia al sitio	Valor Ponderado	Valor Otorgado
0 - 1500 m	3 puntos	3 puntos
1501 - 3000 m	2 puntos	
> 3000 m	1 punto	
Número de Personas		
> 100 mil personas	4 puntos	
> 10 mil - 100 mil	3 puntos	
> mil - 10 mil	2 puntos	2 puntos
Mil	1 punto	
Total de Puntos		**6**

1. ¿Existe PREOCUPACION Social?

Vulnerabilidad Social	Valor Ponderado	Valor Otorgado
Si	3 puntos	3 puntos
No	0 puntos	
Total de Puntos		**3**

3. TIPOS DE CONTAMINANTES PRESENTES EN EL SITIO (sume el total)

Contaminante	Valor Ponderado	Valor Otorgado
Orgánicos	1 punto	
Inorgánicos	1 punto	
Microbiológicos	1 punto	
Total de Puntos		**3**

✓ **Total de puntos por antecedentes del Sitio 12 puntos.**

II. CONTAMINACION AMBIENTAL (máximo 28 puntos)

1. ANALISIS PRELIMINAR DE LA CONTAMINACION

Criterios	Valor Ponderado	Valor Otorgado
Evidencia de Contaminación Dentro del Sitio	5 puntos	5 puntos
Evidencia de Contaminación Fuera del Sitio	5 puntos	5 puntos
Control de Calidad y Confiabilidad de las Muestras	5 puntos	
Presencia de Contaminantes Críticos	5 puntos	
Total de Puntos		**10**

2. Toxicidad del Contaminante MÁS SIGNIFICATIVO
(El contaminante más significativo se define por ser el contaminante crítico que superó con mayor valor la EMEG respectiva, o por ser el que mas preocupación generó en la comunidad).

Toxicidad del Contaminante	Valor Ponderado	Valor Otorgado
Sin Toxicidad	0 puntos	
Toxicidad Moderada	3 puntos	
Toxicidad Ligera	2 puntos	
Toxicidad Severa	4 puntos	4 puntos
Total de Puntos		**4**

3. Persistencia del Contaminante MÁS SIGNIFICATIVO

Toxicidad del Contaminante	Valor Ponderado	Valor Otorgado
No Persistente	0 puntos	
Persistente	3 puntos	
Algo Persistente	2 puntos	
Altamente Persistente	4 puntos	4 puntos
Total de Puntos		**4**

En el caso de que no exista información sobre toxicidad y/o persistencia del contaminante mas crítico, se asumirá toxicidad severa y alta persistencia.

✓ **Total de puntos para la CONTAMINACION AMBIENTAL 18 puntos.**

III. ANALISIS DE RUTAS DE EXPOSICION (máximo 15 puntos).

Para esta sección se considerará la información directa obtenida mediante el análisis ambiental en los puntos de exposición y la estimación teórica que se realice tomando en cuenta las propiedades fisicoquímicas de los contaminantes críticos y los factores específicos del sitio que pudieren influir en el destino y transporte de los contaminantes.

1. Medio Ambiental Impactado (sume el total)

Medio de transporte	Valor Ponderado	Valor Otorgado
Suelo	2 puntos	2
Alimento	2 puntos	
Aire	3 puntos	3
Agua Subterránea	4 puntos	4
Agua Superficial	2 puntos	2
Otro	2 puntos	
Total de Puntos		**11**

✓ Total de puntos en **Medio Ambiental Impactado es de 11 puntos.**

Los parámetros fisicoquímicos que a continuación se listan, se tomarán en cuenta para suponer la presencia del contaminante significativo en más de un medio: Solubilidad en Agua, Constante de la Ley de Henry, Factor de Bioconcentración (FBC) y Coeficiente de Partición Octanol/Agua, Coeficiente de
Partición de Carbono Orgánico, Velocidad de Transformación y de Degradación.
Las características del sitio que a continuación se listan, se tomarán en cuenta para suponer la presencia del contaminante significativo en más de un medio:

Índice de Precipitación Anual, Cubierta del Suelo, Características Hidrogeológicas, Canales de Aguas Superficiales, Obras Públicas y Condiciones de Temperatura, Características Geomorfológicas, Flora y Fauna, Características del Suelo, Velocidad y Dirección de los Vientos.

4. FACTORES ASOCIADOS AL RIESGO (nivel de marginación económica)
Alta Marginación 10 puntos
Marginación Media 5 puntos

IV. CALIFICACION DE LOS SITIOS INSPECCIONADOS

(75 - 100 puntos)
URGENCIA AMBIENTAL Y DE SALUD PÚBLICA
El sitio requiere restauración inmediata, en conjunto con una evaluación DE LA EXPOSICION.

(40 - 74 puntos)
RIESGO AMBIENTAL Y DE SALUD PÚBLICA
El sitio requiere la Evaluación de la Exposición. Los resultados de dicho análisis determinarán la temporalidad de su restauración.

(0 - 39 puntos)
MINIMO RIESGO AMBIENTAL Y DE SALUD PÚBLICA

El sitio no requiere un análisis más profundo. se instrumentará un programa de vigilancia ambiental para evitar un riesgo futuro.

Conclusión

La sumatoria de los puntos en los acápites ANTECEDENTES DEL SITIO (12 puntos), CONTAMINACION AMBIENTAL (18) y ANALISIS DE RUTAS DE EXPOSICION (máximo 11 puntos) tiene un total de 41 puntos, según esta guía El sitio requiere la Evaluación de la Exposición. Los resultados de dicho análisis determinarán la temporalidad de su restauración.

Anexo 3

3.1. Estadísticos de los bioensayos con lombrices de tierra

Tabla 1. Peso promedio (g) de 10 Lombrices de tierra el día de establecimiento del Bioensayo de Toxicidad (dosis-respuesta)

Descriptivos

Peso promedio 10 Lombrices el día de establecimiento

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
0% Basura	3	6.7833	.77501	.4474	4.8581	8.7086	6.09	7.62
10% Basura	3	7.4833	.44770	.2585	6.3712	8.5955	7.01	7.90
20% Basura	3	6.9800	.44677	.2579	5.8702	8.0898	6.62	7.48
40% Basura	3	7.7167	.08083	.0467	7.5159	7.9175	7.63	7.79
80% Basura	3	7.1700	.64467	.3722	5.5685	8.7715	6.43	7.61
100% Basura	3	7.2333	1.18052	.6816	4.3008	10.1659	6.44	8.59
Total	18	7.2278	.65676	.1548	6.9012	7.5544	6.09	8.59

Tabla N°2. Prueba de homogeneidad de varianza del peso promedio de 10 Lombrices de tierra el día de establecimiento del Bioensayo de Toxicidad (dosis-respuesta)

Peso promedio 10 Lombrices el día de establecimiento

Duncan[a]

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = .05
		1
0% Basura	3	6.7833
20% Basura	3	6.9800
80% Basura	3	7.1700
100% Basura	3	7.2333
10% Basura	3	7.4833
40% Basura	3	7.7167
Sig.		.157

Se muestran las medias para los grupos en los subconjunto homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

Tabla 3. Peso promedio (g) de 10 Lombrices de tierra 14 días después del establecimiento del Bioensayo de Toxicidad (dosis-respuesta)

Descriptivos

Peso promedio 10 Lombrices a los 14 días después del establecimiento

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
0% Basura	3	8.040	1.54399	.89142	4.2045	11.8755	6.87	9.79
10% Basura	3	9.580	.49487	.28572	8.3507	10.8093	9.26	10.15
20% Basura	3	8.753	.17039	.09838	8.3301	9.1766	8.59	8.93
40% Basura	3	10.61	.28583	.16503	9.9000	11.3200	10.38	10.93
80% Basura	3	11.29	1.36005	.78522	7.9148	14.6719	9.94	12.66
100% Basura	3	11.33	.18339	.10588	10.8778	11.7889	11.19	11.54
Total	18	9.935	1.48233	.34939	9.1979	10.6721	6.87	12.66

Tabla N°4.Prueba de homogeneidad de varianza del peso promedio (g) de 10 Lombrices de tierra 14 días después del establecimiento del Bioensayo de Toxicidad (dosis-respuesta)

Peso promedio 10 Lombrices a los 14 días después del establecimiento

Duncan[a]

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = .05		
		1	2	3
0% Basura	3	8.0400		
20% Basura	3	8.7533		
10% Basura	3	9.5800	9.5800	
40% Basura	3		10.6100	10.6100
80% Basura	3			11.2933
100% Basura	3			11.3333
Sig.		.063	.176	.356

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

Tabla N°5. Peso promedio (g) de 10 Lombrices de tierra a los 28 días de duración del Bioensayo de Toxicidad (dosis-respuesta)

Descriptivos

Peso promedio 10 lombrices a los 28 diías después del establecimiento

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
0% Basura	3	6.4533	.98083	.5663	4.0168	8.8899	5.66	7.55
10% Basura	3	6.9533	.44792	.2586	5.8406	8.0660	6.58	7.45
20% Basura	3	5.6900	.75425	.4355	3.8163	7.5637	5.22	6.56
40% Basura	3	7.5700	.48384	.2793	6.3681	8.7719	7.02	7.93
80% Basura	3	8.8133	.47258	.2728	7.6394	9.9873	8.28	9.18
100% Basura	3	8.5167	1.23824	.7149	5.4407	11.5926	7.12	9.48
Total	18	7.3328	1.31155	.3091	6.6806	7.9850	5.22	9.48

Tabla N°6. Prueba de homogeneidad de varianza del peso promedio (g) de 10 Lombrices de tierra a los 28 días de duración del Bioensayo de Toxicidad (dosis-respuesta)

Peso promedio 10 lombrices a los 28 diías después del establecimiento

Duncan[a]

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = .05		
		1	2	3
20% Basura	3	5.6900		
0% Basura	3	6.4533	6.4533	
10% Basura	3	6.9533	6.9533	
40% Basura	3		7.5700	7.5700
100% Basura	3			8.5167
80% Basura	3			8.8133
Sig.		.085	.124	.090

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

Tabla N°7. Número promedios de Cocones y peso promedio de 10 Lombrices de tierra en los 28 días de duración del Bioensayo de Toxicidad (dosis-respuesta)

Descriptivos

		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Número de Cocones	0% Basura	9	2.11	1.269	.423	1.14	3.09	1	4
	10% Basura	9	1.11	.928	.309	.40	1.82	0	3
	20% Basura	9	1.00	1.323	.441	-.02	2.02	0	3
	40% Basura	9	1.56	1.130	.377	.69	2.42	0	3
	80% Basura	9	.78	1.394	.465	-.29	1.85	0	4
	100% Basura	9	.00	.000	.000	.00	.00	0	0
	Total	54	1.09	1.248	.170	.75	1.43	0	4
Peso promedio 10 Lombrices	0% Basura	15	7.3533	1.11894	.28891	6.7337	7.9730	5.66	9.79
	10% Basura	15	8.2807	1.07186	.27675	7.6871	8.8742	6.58	10.15
	20% Basura	15	7.4460	1.14876	.29661	6.8098	8.0822	5.22	8.93
	40% Basura	15	8.5893	1.21741	.31433	7.9152	9.2635	7.02	10.93
	80% Basura	15	9.3807	1.58965	.41045	8.5003	10.2610	6.43	12.66
	100% Basura	15	9.3893	1.67433	.43231	8.4621	10.3165	6.44	11.71
	Total	90	8.4066	1.52655	.16091	8.0868	8.7263	5.22	12.66

Tabla N°8. Prueba de homogeneidad de varianza del número promedios de Cocones en los 28 días de duración del Bioensayo de Toxicidad (dosis-respuesta).

Número de Cocones

Duncan[a]

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = .05		
		1	2	3
100% Basura	9	.00		
80% Basura	9	.78	.78	
20% Basura	9	1.00	1.00	1.00
10% Basura	9	1.11	1.11	1.11
40% Basura	9		1.56	1.56
0% Basura	9			2.11
Sig.		.057	.184	.057

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9.000.

Tabla N°9. Temperatura y pH promedio en las cubetas de los diferentes tratamientos los 28 días de duración del Bioensayo de Toxicidad (dosis-respuesta)

Descriptivos

		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Temperatura	0% Basura	78	20.538	1.7335	.1963	20.148	20.929	18.0	28.0
	10% Basura	78	20.449	1.7067	.1932	20.064	20.834	17.0	28.0
	20% Basura	78	20.545	1.4753	.1670	20.212	20.878	18.0	27.0
	40% Basura	78	20.577	1.3724	.1554	20.267	20.886	18.0	26.5
	80% Basura	78	20.635	1.3691	.1550	20.326	20.943	18.0	26.0
	100% Basura	78	20.532	1.2256	.1388	20.256	20.808	18.0	25.0
	Total	468	20.546	1.4849	.0686	20.411	20.681	17.0	28.0
pH	0% Basura	78	7.769	.4085	.0462	7.677	7.861	7.0	9.0
	10% Basura	78	7.705	.3817	.0432	7.619	7.791	7.0	8.5
	20% Basura	78	7.603	.2833	.0321	7.539	7.666	7.0	8.0
	40% Basura	78	7.577	.2914	.0330	7.511	7.643	7.0	8.5
	80% Basura	78	7.474	.2894	.0328	7.409	7.540	6.5	8.0
	100% Basura	78	7.494	.4069	.0461	7.402	7.585	6.0	8.5
	Total	468	7.604	.3621	.0167	7.571	7.637	6.0	9.0

Tabla N°10. Prueba de homogeneidad de varianza de la temperatura los 28 días de duración del Bioensayo de Toxicidad (dosis-respuesta)

Temperatura

Duncan[a]

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = .05
		1
10% Basura	78	20.449
100% Basura	78	20.532
0% Basura	78	20.538
20% Basura	78	20.545
40% Basura	78	20.577
80% Basura	78	20.635
Sig.		.508

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 78.000.

Tabla N°11. Prueba de homogeneidad de varianza de pH los 28 días de duración del Bioensayo de Toxicidad (dosis-respuesta)

pH

Duncan[a]

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = .05			
		1	2	3	4
80% Basura	78	7.474			
100% Basura	78	7.494	7.494		
40% Basura	78	7.577	7.577		
20% Basura	78		7.603	7.603	
10% Basura	78			7.705	7.705
0% Basura	78				7.769
Sig.		.082	.064	.066	.251

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 78.000.

Tabla N° 12. Descriptivos de la tendencia de temperatura (Celsius) y pH en los tratamientos con dos densidades de lombrices de tierra cultivadas en canoas de madera.

Descriptivos

		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Temperatura	1 Kg de Lombrices	237	19.42	1.399	.091	19.24	19.60	16	22
	2 Kg de Lombrces	237	19.42	1.399	.091	19.24	19.60	16	23
	0 Kg de Lombrices	237	19.12	1.250	.081	18.96	19.28	16	22
	Total	711	19.32	1.357	.051	19.22	19.42	16	23
pH	1 Kg de Lombrices	237	8.150	.4240	.0275	8.096	8.204	7.5	9.0
	2 Kg de Lombrces	237	8.156	.3836	.0249	8.107	8.205	7.5	9.0
	0 Kg de Lombrices	237	7.797	.4233	.0275	7.743	7.852	7.0	9.0
	Total	711	8.034	.4431	.0166	8.002	8.067	7.0	9.0

Tabla N° 13. Prueba pots hoc de temperatura (Celsius) en los tratamientos con dos densidades de lombrices de tierra cultivadas en canoas de madera.

Temperatura

Duncan[a]

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
0 Kg de Lombrices	237	19.12	
1 Kg de Lombrices	237		19.42
2 Kg de Lombrces	237		19.42
Sig.		1.000	1.000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 237.000.

Tabla N° 14. Prueba pots hoc de pH en los tratamientos con dos densidades de lombrices de tierra cultivadas en canoas de madera.

pH

Duncan[a]

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
0 Kg de Lombrices	237	7.797	
1 Kg de Lombrices	237		8.150
2 Kg de Lombrces	237		8.156
Sig.		1.000	.867

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 237.000.

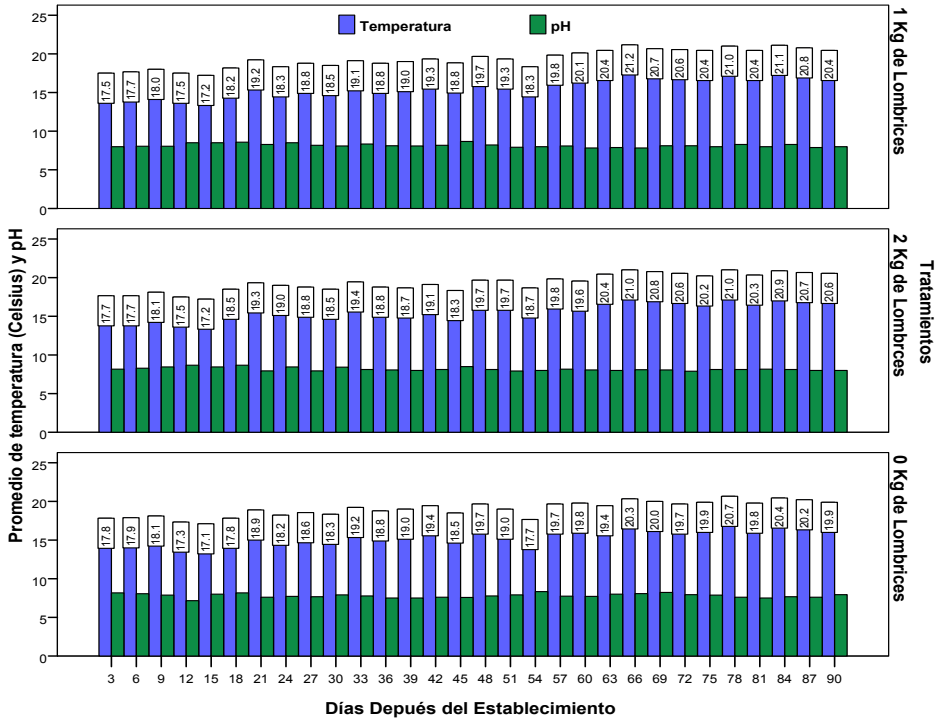


Gráfico N° 1. Comportamiento de la temperatura y pH en los tratamientos con dos densidades de Lombrices de tierra en cultivadas en canoas de madera.

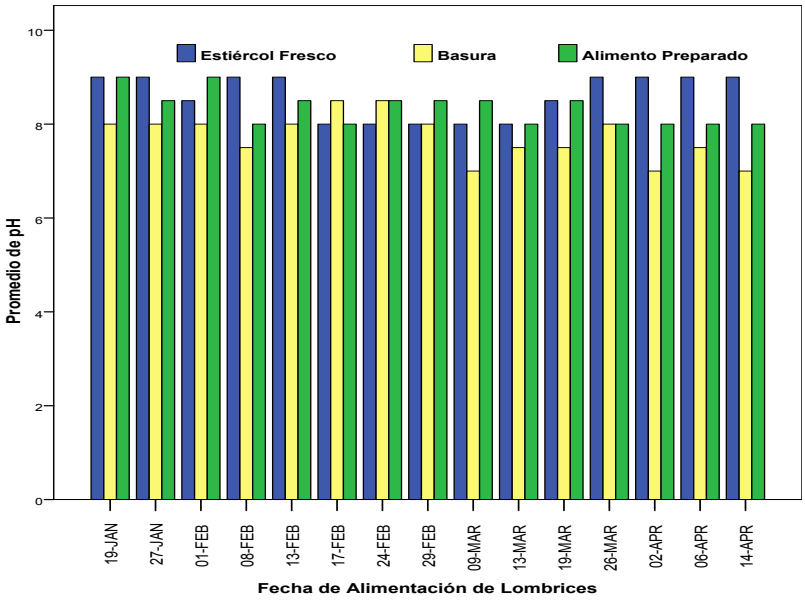


Gráfico N° 2. Comportamiento del pH en los materiales utilizados en la preparación del alimento de las lombrices de tierra.

Tabla N° 15. Concentraciones umbrales de metales pesados en Holanda, España y Según CE 1986

Metal	Refernc. Holanda	C en Holanda	España	CE, 1986
Cr	100	800	100-1000	---
Co	20	300	---	---
Ni	50	500	30-300	75
Cu	50	500	50-1000	140
Zn	200	3000	150-2500	300
As	20	50	---	---
Mo	10	200	---	---
Cd	1	20	1-20	3
Sn	20	300		
Ba	200	2000		
Hg	0,5	10	1-16	1,5
Pb	50	600	50-750	300

1: Nivel de referencia en Holanda. Nivel indicativo por encima del cual hay contaminación demostrable; 2: Nivel C en Holanda. Superado este valor el suelo ha de ser saneado; 3: Límite de concentración para poder añadir lodos en España (suelos de pH <7 y >7 respectivamente); 4: Máximo aceptable en suelos agrícolas (CE, 1986).

Anexo 4

4.1. Estadísticos de los bioensayos con abonos orgánicos

Tabla N° 1. Influencia de los sustratos orgánicos contaminados sobre la tasa de respiración

Tratamientos	Promedio	Mínimo	Máximo	SD
	CO_2 (mg/g/d)			
BK	0.329	0.1	0.9	0.292
BKSC	0.152	0	0.6	0.189
LB	0.157	0.1	0.3	0.093
LBBK	0.2	0	0.7	0.212
LBSC	0.019	0	0.1	0.04
SC	0.048	0	0.2	0.068

N = 21

Tabla N° 2: Efecto de la aplicación de abonos orgánicos sobre el cociente de respiración de muestras obtenidas del basurero municipal

Tratamientos	SC	LBSC	BKSC	SC/LBSC	SC/BKSC
Repetición*	Promedio de CO_2-C (mg/g)			Cociente de respiración	
1	0.320	0.421	1.241	0.761	0.258
2	0.291	0.236	0.958	1.236	0.304
3	0.274	0.387	1.044	0.709	0.263
Promedio total	0.295	0.348	1.081	0.902	0.275

(*) N = 7

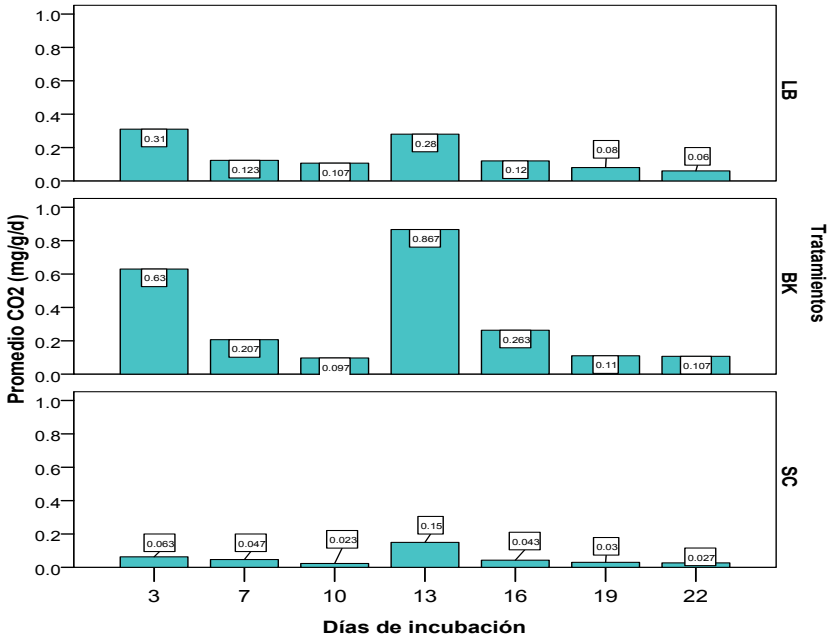


Gráfico N°1. Emisión de CO_2 promedio por día en el Bokashi, Lombriabono y Suelo contaminado (basura) en 22 días de incubación

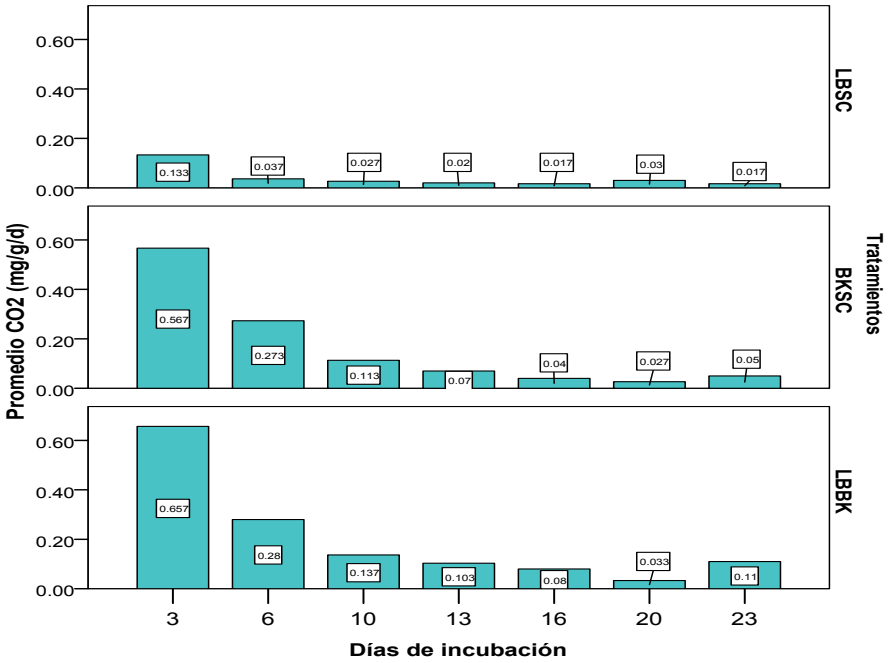


Gráfico N°2. Emisión de CO_2 promedio por día de las mezclas Bokashi/suelo contaminado, Lombriabono/Suelo contaminado y Lombriabono/Bokashi en 22 días de incubación

Tabla N° 3. Fishers PLSD para CO2-C (mg/g)

Efecto: Tratamientos

Nivel de significancia: 5 %

Tratamientos	Diferencia de promedios	Dif. Critica	Valor de P	Significancia
BK, LB	0.69	0.258	<.0001	S
BK, SC	1.233	0.258	<.0001	S
LB, SC	0.543	0.258	<.0001	S
BK, BKSC	0.438	0.258	0.0011	S
BK, LBSC	1.185	0.258	<.0001	S
BKSC, LB	0.252	0.258	0.0555	
BKSC, LBSC	0.747	0.258	<.0001	S
BKSC, SC	0.795	0.258	<.0001	S
LB, LBSC	0.494	0.258	0.0003	S
LBSC, SC	0.049	0.258	0.7089	

Anexo 5

5.1. Resultados de los análisis químicos de NO_3^-, Cr, Pb y Cd en las muestras del basurero Fortín de Acosasco

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
Laboratorio de Agua
Telfax. 311-4012
Facultad de Ciencias – Departamento de Química

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUA

Interesado: Jorge Luis Rostrán M

Tipo de muestra: Sólida

Identificación de la muestra: Muestra compuesta

Tomada por: El Cliente

Procedencia de la muestra: Basurero Municipal de León (Fortin de Acosasco)

Identificación del laboratorio: 110205

Fecha de recepción de la muestra: 28-11-11

Fecha de inicio del análisis: 29-11-11

Fecha de finalización del análisis: 18-01-12

Fecha de elaboración del informe: 16-02-12

Parámetros	Resultados	Unidad	Métodos de análisis) (a)
Nitrato	<2.3	mg NO_3/100g	Método ultravioleta selectivo (4500-NO_3^-)
Cromo	11.2	mg Cr/Kg	Método de Absorción Atómica (3111B- Cr)
Plomo	71.11	mgPb/Kg.	Método de Absorción Atómica (3111B-pb)
Cadmio	1.88	*mgCd/Kg.*	*Método de Absorción Atómica (3111B-Cd)*

Notas:
El laboratorio se hace responsable de la muestra a partir de su recepción en el laboratorio. No se hace responsable del muestreo y el etiquetado
El informe solo corresponde a la muestra analizada.
No Puede ser reproducido parcialmente sin permiso del laboratorio.
Nota: (a) APHA-AWWA-WEF METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANALISIS DE AGUA POTABLE Y RESIDUALES, 20 Edición, 1998

Msc. Auxiliadora Ramírez
Responsable Técnico

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA – FACULTAD DE CIENCIAS – LABORATORIO DE AGUAS – LEON

5.2. Resultados de los análisis químicos NO_3^-, Cr, Pb y Cd de lixiviados de los tratamientos con dos densidades de lombrices (cada 30 días)

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
Laboratorio de Agua
Telfax. 311-4012
Facultad de Ciencias – Departamento de Química

INFORME DE RESULTADOS PRELIMINARES DE ANÁLISIS DE AGUA

Interesado: Jorge Luis Rostran Molina

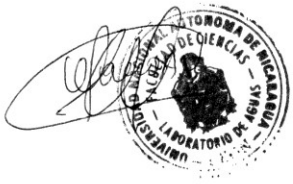
Tomada por: El Cliente

Procedencia de la muestra: Basurero Municipal Fortín de Acosasco

Fecha de elaboración del informe: 31-05-12

Identificación del laboratorio	Identificación De la muestra	Tipo de Muestra	Parámetros físicos químicos					
			Nitrato (mg/L)	Cromo (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Plomo (mg/L)	Materia Orgánica (/%)	Carbono orgánico Total (%)
120008	Agua de Lixiviado 1Kg de lombrices (15-02-12)	Liquida	17.23	<0.017	0.01224	<0.00016	NSA	NSA
120009	Agua de Lixiviado 2 Kg de lombrices (15-02-12)	Liquida	83.64	<0.017	0.01235	<0.00016	NSA	NSA
120010	Agua de lixiviado Testigo (15-02-12)	Liquida	12.54	<0.017	0.00933	<0.00016	NSA	NSA
120047	Agua de lixiviado Testigo de lombrices (22-03-12)	Liquida	5.80	<0.017	<0.00164	0.00037	NSA	NSA
120048	Agua de lixiviado 1Kg de *lombrices* (22-03-12)	Liquida	57.99	<0.017	<0.00164	0.00021	NSA	NSA
120049	Agua de lixiviado 2kg de lombrices (22-03-12)	Liquida	34.08	<0.017	<0.00164	<0.00016	NSA	NSA
120060	Agua de lixiviado Testigo (20-04-12)	Liquida	10.18	<0.017	<0.00164	0.00017	NSA	NSA
120061	Agua de lixiviado 1Kg de lombrices (20-04-12)	Liquida	16.84	<0.017	<0.00164	<0.00016	NSA	NSA
120062	Agua de lixiviado 2kg de lombrices (20-04-12)	Liquida	16.89	<0.017	0.018	<0.00016	NSA	NSA

NSA (no se analizan)



5.3. Resultados de los análisis químicos NO_3^-, Cr, Pb, Cd y Materia Orgánico, Carbono total en abonos orgánicos, BKSC, LBSC, SC y los tratamientos con dos densidades de lombrices de tierra al finalizar los bioensayos

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
Laboratorio de Agua
Telfax. 311-4012
Facultad de Ciencias – Departamento de Química

INFORME DE RESULTADOS PRELIMINARES DE ANÁLISIS DE AGUA

Identificación del laboratorio	Identificación De la muestra	Tipo de Muestra	Parámetros físicos químicos					
			Nitrato (mg/100g)	Cromo (mg/kg)	Cadmio (mg/kg)	Plomo (mg/Kg)	Materia Orgánica (%)	Carbono orgánico Total (%)
120078	Bocashi, Suelo Contaminado (24-04-12)	Solida	211.61	<0.0017	1.30	17.86	34.23	19.87
120079	*Bocashi, Lombriabono (24-04-12)*	*Solida*	*281.26*	*<0.0017*	*0.80*	*0.688*	16.1	9.58
120080	Lombriabono , Suelo Contaminado (24-04-12)	Solida	120.62	<0.0017	1.39	18.93	23.81	13.81
120081	Lombriabono (24-04-12)	Solida	123.28	<0.0017	0.77	1.35	28.48	16.52
120082	Bocashi (24-04-12)	Solida	128.91	<0.0017	1.03	1.37	11.69	6.78
120083	Suelo Contaminado (24-04-12)	Solida	2.49	<0.0017	1.50	17.35	9.34	5.42
120103	0 Kg de lombrices o testigo (11-05-12)	Solida	8.76	<0.0017	1.70	58.79	5.52	9.52
120104	1 Kg de lombrices (11-05-12)	Solida	33.56	<0.0017	1.30	4.73	3.33	5.7
120105	2 kg de lombrices (11-05-12)	Solida	5.89	<0.0017	1.30	0.0067	5.61	9.67

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA – FACULTAD DE CIENCIAS – LABORATORIO DE AGUA – LEON