Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Secretaría de Investigación y Postgrado. Maestría en Salud Pública y Enfermedades Transmisibles

Maestranda
Bqca. Leticia Viviana Wimmer

Prevalencia de huevos de helmintos en biosolidos efluentes de un proceso de tratamiento por lagunas aireadas sometidas a un proceso de compostaje en pilas

Tesis de Maestría presentada para obtener el título de "Magíster en Salud Pública y Enfermedades Transmisibles"

"Este documento es resultado del financiamiento otorgado por el Estado Nacional, por lo tanto, queda sujeto al complimiento de la Ley N°26.899".

Director
Mgter. Marcial Raul Piris Da Motta

Posadas, Misiones 2018

Esta obra está licenciado bajo Licencia Creative Commons (CC) Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

rid.unam.edu.ar

FACULTAD DE CIENCIAS, EXACTAS, QUÍMICAS Y NATURALES

Maestría en Salud Pública y Enfermedades Transmisibles

"Prevalencia de Huevos de Helmintos en biosolidos efluentes de un proceso de tratamiento por lagunas aireadas sometidas a un proceso de compostaje en pilas"

TESIS DE MAESTRIA

AUTOR: Bqca. Leticia Viviana Wimmer

DIRECTOR: Mgter. Marcial Raul Piris Da Motta

AÑO 2018

RESUMEN

Introducción. La utilización de los biosólidos provenientes de los sistemas de tratamiento de líquidos residuales (EDAR) es una práctica común en la agricultura debido a su alta concentración de nutrientes, lo cual mejora el rendimiento de las cosechas. Sin embargo, la presencia en ellos de microorganismos

patógenos de origen fecal genera riesgos sanitarios para los agricultores y los consumidores.

Objetivo. Determinar la concentración y viabilidad de huevos de helmintos en los lodos generados en la EDAR de la Ciudad de Posadas, Provincia de Misiones (Argentina) y en los biosolidos obtenidos del compostaje de los mismos.

Materiales y métodos. Se recolectaron y analizaron muestras, biosólidos, de las playas de secado (sin compostar) y en el producto del compostaje para la detección y el conteo del total de huevos de helmintos y de huevos viables, y para la evaluación de la factibilidad de la utilización del método de compostaje como una alternativa de tratamiento para la obtención de un producto de alta calidad que pueda ser utilizado sin riesgo alguno para la salud pública y el ambiente.

.

Resultados. En los lodos sin compostar se encontraron concentraciones totales de 14 a 33 huevos de helminto por 4 g de peso seco, y entre 4.6 y 15 huevos viables por 4 g de peso seco lo correspondería a biosólidos clase B , requiriéndose un tratamiento adicional de los barros almacenados en las playas de secado para su uso sin restricción en la agricultura o cualquier otro uso que implique contacto directo.

En el compost se encontraron concentraciones totales de 0,4 a 0,86 huevos de helminto por 4 g de peso seco, y entre 0 y 0,43 huevos viables por 4 g de peso seco.

.

Conclusiones. La presencia de huevos de helmintos en los lodos sin compostar confirmó el riesgo sanitario de su utilización que implique contacto directo o para la producción de alimentos que se consumen crudos, por lo cual es importante su control e inclusión en las normas sobre el uso de biosólidos en la agricultura.Se confirma la factibilidad de la utilización del método de compostaje como una alternativa de tratamiento para la obtención de un producto de alta calidad que pueda ser utilizado sin riesgo alguno para la salud pública y el ambiente

Palabras clave: helmintos; indicadores de contaminación; biosolidos; riesgo sanitario;

TABLAS DE CONTENIDO

Capítulo I: introducción.

1.1. Introducción.
1.2. Alcance y definición del problema.
1.3. Objetivo general y objetivo específicos.
1.3.1. Objetivo general.
1.3.2. Objetivo específico.
1.4. Justificación.

Capítulo II: Antecedentes o revisión de la Literatura.

2.1. Aguas residuales.

2.1.1. Lodos Biológicos.

2.1.2. Legislación sobre Biosólidos.

2.2.1. Microorganismos presentes en los lodos de la EDAR.

2.2.2. Aspecto sanitario de los lodos de las EDAR.

2.2.3. Usos de lodos tratados de las EDAR en suelos de cultivos agrícolas, forestales, terrenos arcillosos, etc.

2.3. Parásitos intestinales: helmintos.

2.3.1. Clasificación de los parásitos intestinales y sus principales síntomas.

2.3.2. Características de los principales huevos de helmintos y su morfología.

2.3.3. Situación actual de los helmintos: prevalencia en Población Argentina y de Misiones.

2.3.4. Principales técnicas utilizadas para la identificación, clasificación y cuantificación de huevos de helmintos en los lodos y biosólidos.

2.4. Fundamentos del compostaje.

2.4.1 Métodos del compostaje.

2.4.2. Antecedentes del compostaje.

Capitulo III: cuerpo de desarrollo del trabajo de investigación.

3.1. Diseño de estudio.

3.2. Área y población.

3.3. Muestreo.

3.4. Caracterización físico-química y microbiología de los lodos a tratar.

3.5. Métodos parasitológicos.

3.5.1. Métodos de cuantificación.

3.5.1.1. Fundamento.

3.5.1.2. Equipos, materiales y reactivos.

3.5.1.3. Técnica del método de cuantificación.

3.5.2. Estudio de la viabilidad.

3.5.2.1. Fundamento.

3.5.2.2. Equipos, materiales y reactivos.

3.5.2.3. Técnica del método de incubación.

3.6. Ensayo del compostaje.

3.6.1. Acondicionamiento térmico.

3.6.2. Precompostaje.

3.6.2.1. Balance de nutrientes.

3.6.2.1. Relación carbono/nitrógeno (C/N).

3.6.3. Compostaje.

3.6.3.1. Conformación de las Pila.

3.6.3.2. Preparación de la Pila.

3.6.3.3. Seguimiento y control del Proceso de estabilización.

3.6.3.4. Características del Compost.

3.7. Resultado y discusión.

3.7.1. Área y Población de Estudio.

3.7.2. Descripción de la EDAR.

3.7.3. Toma de Muestras de Biosólidos.

3.7.4. Ensayo preliminar.

3.7.5. Acondicionamiento térmico.

3.7.6. Ensayo de Compostaje.

3.7.7. Características del Compost.

4.0 Resultados y Discusión

5.0 Conclusiones

6.0 Bibliografía

LISTA DE TABLAS

Tabla Nº1: Microorganismos presentes en Aguas Residuales Y Lodos.

Tabla Nº2: Principales Características de algunos Huevos de Helmintos.

Tabla N°3: Helmintos entéricos encontrados en muestras ambientales en Argentina.

Tabla N°4: Periodo de supervivencia de patógenos en lodos Fecales.

Tabla N° 5: temperatura necesaria para la eliminación de algunos Patógenos.

Tabla N°6: Beneficios entregados por la Técnica de Compostaje Abierto.

Tabla N° 7: Métodos Analíticos

Tabla N° 8: Método de Yankoo Modificado.

Tabla N° 9: Relación de carbono/ nitrógeno de los componentes de Soporte.

Tabla N° 10: Composición de la Pila.

Tabla N°11. Población Total según grupo de edad. Aglomerado Posadas. 2017.

Tabla N°12: Etapas de los tratamientos de la EDAR Posadas.

Tabla N°13: Caracterización Fisicoquímica de los Lodos de las Playas de Secado.

Tabla N°14: Indicadores de Contaminación Microbiológica.

Tabla N°15: Caracterización Físico, Química y Bacteriológica del Compost.

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1: Pilas Estáticas con Aireación Forzada.

Figura N°2: Pilas con Volteo con Aireación Pasiva.

Figura N° 3: Esquema de Cuarteo.

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico Nº1: Etapas del compostaje.

Grafico N°2: Diagrama de flujo de la EDAR de Posadas

Grafico N°3: Diagrama de Flujo del Procesos de Depuración de la EDAR.

LISTA DE ILUSTRACIÓN FOTOGRÁFICA

Ilustración Fotográfica N°1: ciudad de Posadas.

Ilustración Fotográfica N°2: lodo de la playa de secado.

Ilustracion Fotográfica N°3: Ubicación de la EDAR en la Ciudad de Posadas.

Ilustración Fotográfica N°4: Muestra de biosólidos de la Playa de Secado.

Ilustración Fotográfica N°5: Procedimiento de Cuarteo.

Ilustración Fotográfica N°6: Procedimiento de Cuarteo.

Ilustración Fotográfica N°7: Procedimiento de Cuarteo.

Ilustración Fotográfica N°8: Biosólido Seco.

Ilustración Fotográfica N°9: Material del Soporte: Hojas Trituradas.

Ilustración Fotográfica N°10: Mezcla a Compostar.

Ilustración Fotográfica N°11: Compost.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS Y SÍMBOLOS

EDAR: Estaciones Depuradoras de Agua Residuales.

OMS: Organización Mundial de la Salud

USEPA: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos

EEUU: Estados Unidos

ARU: aguas residuales urbanas

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno

SENASA: Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria

LPS: Partido de la Plata Sur

LPN: Partido de La Plata Norte

LPU: Zona Urbana de La Plata.

BR: Ciudad de Bransen

SR: Santa Rosa

INDEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos

EEAR: Estación Elevadora de Aguas Residuales

NMP: Numero más Probable

CT: Coliformes totales

CF: Coliformes fecales

C/N: Carbono/Nitrógeno

HH: Huevos de Helmintos

HHV: Huevos de Helmintos Viables

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUCCION

Las aguas residuales y lodos generados en las Estaciones Depuradoras de Agua Residuales (EDAR) contienen microorganismos patógenos, que reflejan de manera directa el estado de salud de la población, y en los países con altas prevalencia de enfermedades relacionadas con estos organismos patógenos es necesario extremar el control del reúso de los mismos con la finalidad de resguardar la salud pública de las personas expuestas directamente o través de alimentos producidos o el ambiente.

El tratamiento de los líquidos cloacales generados por los conglomerados urbanos en las (EDAR), producen barros biológicos como subproducto, cuya reutilización depende en gran medida, de un adecuado manejo y tratamiento.

En estos últimos años ha adquirido una destacada importancia la gestión sustentable de los biosólidos a nivel mundial. Se denomina biosólidos al producto originado en el proceso de estabilización de lodos orgánicos provenientes del tratamiento de las aguas residuales procesadas.

La estabilización se realiza para reducir su nivel de patogenicidad, su poder de fermentación y su capacidad de atracción de vectores. Gracias a este proceso, los biosólidos adquieren aptitud para su utilización agrícola, forestal y recuperación de suelos degradados debido a su alto contenido de macro y micronutrientes. [1]

El uso de los lodos generados en las estaciones de depuración como mejoradores y acondicionadores de suelos de cultivos es una práctica muy

difundida que proporciona grandes beneficios al suelo y a la productividad agrícola. [2]

Sin embargo, su utilización sin que se cumplan los estándares de calidad química y microbiológica establecidos y aceptados a nivel mundial representan un riesgo para la salud pública, siendo los riesgos efectivos más importantes los asociados con las enfermedades helmínticas [3].

Estas enfermedades son producidas por parásitos altamente resistentes a las prácticas tradicionales de desinfección, lo cual hace necesario un control de estos para evaluar la eficiencia de los tratamientos de las aguas residuales y especialmente sus productos (lodos cloacales).

El sistema de tratamiento de las Aguas Cloacales, como el de la Ciudad de Posadas, constituido por lagunas aireadas de mezcla completa seguidas de unidades de decantación, constituyen uno de los sistemas más eficientes para la remoción de helmintos (de 1 a 3 unidades log) con claras ventajas de sencillez, bajo costo y eficiencia respecto a los tratamientos convencionales.

Su desventaja radica en que los sólidos obtenidos en las lagunas de sedimentación deben sufrir un proceso posterior para completar la estabilización de la materia orgánica y reducir la cantidad de huevos de helmintos a valores compatibles con los límites fijados por las normas para su uso o disposición.

Para solucionar esta desventaja la alternativa más conveniente por su simplicidad, eficiencia y eficacia lo constituye el compostaje, que permite transformar los lodos biológicos resultantes en un producto mejorador de suelo que no represente ningún riesgo para la salud de la población expuesta en forma directa e indirecta, como por ejemplo a través de los alimentos cultivados.

El compostaje consiste en un proceso biooxidativo controlado que involucra un sustrato heterogéneo en estado sólido, una etapa termofílica y liberación temporaria de fitotoxinas, y una etapa de maduración que finaliza en la producción de materia orgánica estabilizada con un residuo de minerales. Esta

biooxidación controlada es muy efectiva en la reducción de patógenos si se alcanza determinadas temperaturas en la mezcla sujeta a compostaje.
Es importante lograr un compost de buena calidad, si el proceso se realiza de manera inadecuada y es utilizado como biofertilizante o nutriente del suelo, ya sea en la agricultura orgánica o no orgánica, puede dar lugar a la contaminación de los productos y/o de las fuentes de aguas, por lo que su aplicación descontrolada constituye un peligro para la salud pública y una amenaza para el medio ambiente por la exposición a microorganismos patógenos que esto representa.
Estas enfermedades son producidas por parásitos altamente resistentes a las prácticas tradicionales de desinfección, lo cual hace necesario un control de estos para evaluar la eficiencia de los tratamientos de las aguas residuales y especialmente sus productos (lodos cloacales).

Los huevos de helmintos se han convertido en uno de los principales grupos indicadores de contaminación microbiológica en muestras de biosólidos, lodos y aguas residuales, porque sobreviven años soportando las diferentes adversidades que se presenten en el ambiente, a diferencia de las bacterias y virus que sobreviven solamente por meses y los protozoos semanas.

Otra característica de gran importancia es que las estructuras que rodean estos huevos de helmintos, son capas muy resistentes, impermeables a gran variedad de sustancias, las cuales les proporcionan resistencia mecánica y química, previniendo su destrucción y desecación. [1,4]

La Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce los beneficios que se pueden obtener utilizando aguas residuales y lodos adecuadamente tratados y buscan fomentar la utilización de los mismos tomando en cuenta las condiciones sociales, epidemiológicas y económicas que existen en cada país.

Se estima que en el mundo hay alrededor de 2000 millones de personas infectadas por parásitos intestinales, siendo un problema de salud pública principalmente en los países en vía de desarrollo (OMS 2006), que a menudo

tiene consecuencias graves como alteraciones cognitivas, disentería importante, anemia y desnutrición calórico-proteica sobre todo en la población infantil. [4]

Estas patologías causan 9400 defunciones anuales (evitables) (OMS 2004), y están asociadas con la contaminación fecal de los suelos, aguas y alimentos, la carencia de agua potable, el reúso de aguas y lodos residuales inadecuadamente tratados, déficit de saneamiento ambiental, baja escolaridad y bajo nivel socioeconómico, hace que continúe siendo un problema de salud pública en países como el nuestro en vías de desarrollo. [4]

En Argentina las frecuencias de parasitosis por geohelmintos varían entre 0.6 y 74.8 % distribuyéndose de manera heterogénea a lo largo del país. El agua, el suelo y las mascotas juegan un rol importante en la transmisión parasitaria. [5]

La provincia de Misiones presenta un clima de tipo subtropical sin estación seca, caracterizado por las elevadas temperaturas y abundantes precipitaciones a lo largo de todo el año, reuniendo las condiciones ideales para el desarrollo de los geohelmintos.

La población más vulnerable de contagiarse con estos parásitos es la de niños en edad escolar, que habitan áreas rurales y zonas urbanas con altas tasas de hacinamiento, los cuales no cuentan con un sistema de abastecimiento agua potable y sistemas de tratamientos de líquidos cloacales.

Según Méndez y col. [6] en cuanto a la prevalencia de parasitosis en la Ciudad de Posadas, el único antecedente, registrado es la publicación "Prevalencia de las Enteroparasitosis al Ingreso Escolar en la Ciudad de Posadas- Pcia. De Misiones" (1997). En este trabajo de 160 alumnos incluido en la muestra, 101 estaban parasitados, lo que representa una prevalencia del 63 %, valor que sin lugar dudas pone de manifiesto el impacto de este tipo de patología en el contexto de la salud pública.

En este contexto, el desarrollo de esta investigación se justifica en la importancia de la producción de resultados que suministre información respecto a la prevalencia de huevos de helmintos en los biosolidos producidos en la EDAR de la Ciudad de Posadas y la utilización de método de compostaje como la alternativa de tratamiento más eficiente, sencillo y confiable para la obtención de un producto de alta calidad que pueda ser utilizado sin riesgo alguno para la salud pública y el ambiente.

1.2. ALCANCES Y DEFINICION DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION

La utilización de lodos sin tratamiento o con tratamientos deficientes en la agricultura comercial o familiar en zonas tropicales o subtropicales, representa un riesgo para la salud, por la alta prevalencia de infecciones entéricas en humanos y animales.

Si bien se conoce la importancia de las parasitosis a nivel mundial transmitidas por aguas residuales y lodos usados en la agricultura, paisajismo, áreas de recreación, etc., la información sobre la calidad microbiológica de estos es mínima o inexistente en los países en vía de desarrollo y constituye el principal obstáculo en la utilización de lodos.

Al respecto la Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce los beneficios que se pueden obtener utilizando aguas residuales y lodos adecuadamente tratados y buscan fomentar la utilización de los mismos tomando en cuenta las condiciones sociales, epidemiológicas y económicas que existen en cada país.

La ley que regula el destino final de los lodos en Argentina es la ley Nacional N□ 24051/91 y el Decreto Reglamentario N□ 831/93 (Ley de Residuos Peligrosos). Si bien esta ley contempla en el artículo N□ 33 la posibilidad de usos beneficiosos de los residuos, no lo reglamenta, de manera que los únicos destinos posibles son la incineración y la acumulación en vertederos. [7,8]

Otra regulación de referencia es la Resolución del Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente, que reglamenta por medio de la Resolución N 97/2001 el manejo razonable de barros generados en plantas de tratamientos de efluentes líquidos: efluentes cloacales, mixtos cloacales-industriales, industriales, agroindustriales y/o especiales. Esta resolución surge debido a que normas legales relacionadas con el tratamiento y manejo de los barros eran insuficientes para asegurar su gestión ambientalmente sustentable, constituyendo, además una herramienta orientada a la minimización de residuos y al reciclado de material de desecho según tendencias internacionales. Sin embargo, su ámbito de aplicación está restringido a las áreas de prestación de servicios de agua y cloacas concesionadas por el gobierno nacional, teniendo en cuenta únicamente el área metropolitana bonaerense y su entorno rural inmediato.[7,9]

Cabe destacar que en la Provincia de Misiones no existen normas que regulen el uso o disposición final de los barros generados en la EDAR, adoptándose las regulaciones de la Agencia de Protección Ambiental de EEUU (USEPA).

En países como Brasil, México, Chile, China, India, etc., se ha prestado gran atención al empleo de indicadores sanitarios para el análisis de la calidad de los efluentes y los lodos o biosólidos, y en nuestro país se hace necesario establecer directrices, para llevar a cabo estudios que permitan obtener un panorama de la situación actual en este tema y que orienten respecto a las posibles soluciones que garanticen y/o minimicen el impacto que pueda causar la presencia de este tipo de microorganismos en la población.[8]

Por esta razón, este proyecto tiene como objetivo, determinar la prevalencia de huevos de helmintos en lodos producidos en la EDAR y los biosolidos producto del compostaje de los mismos a fin de verificar si se cumplen o no las normas internacionales que reglamentan el uso de lodos y biosólidos, en los aspectos relacionados a sus características microbiológicas.

El control de las enfermedades helmínticas, requiere entre otras medidas, la ejecución de políticas de saneamiento ambiental, prevención y promoción de la salud y la disponibilidad por parte de los organismos de control encargados del cumplimiento de la legislación respecto a los parámetros parasitológicos de lodos y biosolidos, de métodos analíticos que permitan detectar la presencia de huevos y larvas de helmintos y su viabilidad de manera rápida, confiable y económica.[4,10]

1.2 OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECIFICOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL:

- Determinar la prevalencia de huevos de helmintos en lodos efluentes del sistema de tratamiento por lagunas aireada y de sedimentación de la Ciudad de Posadas en la provincia de Misiones y aquellos sometidos a un proceso de compostaje en pilas.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Detectar y cuantificar la presencia de huevos de helmintos en los biosolidos.

- Determinar la viabilidad de los huevos de helmintos encontrados en las muestras analizadas.

- Determinar la eficiencia de remoción de huevos de helmintos del sistema de compostaje.

1.3. JUSTIFICACION

La realización del presente trabajo se debe al problema de la disposición final de los residuos sólidos generados en las EDAR, debido a que presentan serios problemas ambientales, perdida de un recurso (por su cantidad de materia orgánica disponible) y los riesgos generados por la presencia de patógenos

que pueden multiplicarse en el ambiente y convertirse en una amenaza para la salud pública.

Principalmente las parasitosis provenientes de los helmintos cuyos huevos se convierten en un problema sanitario, debido a su gran capacidad para sobrevivir por largos periodos y son extremadamente resistentes al medio ambiente.[4,10]

Estos huevos de helmintos son utilizados como indicadores de calidad de los barros, por su alta sobrevivencia en suelos y plantas, verificando la reducción efectiva y eficiente remoción de patógenos, por ser un factor de riesgo importante en la población causando enfermedades virales, bacterianas y parasicológicas de origen fecal, transmitidas a través del ciclo: hombre-lodo-tierra-cultivo-hombre.[10]

La falta de compromiso del Estado frente a la carencia de una legislación sobre la culminación del tratamiento de los lodos obtenidos, no solo para su disposición final sino también para el potencial uso de manera beneficiosa de este recurso, siendo un beneficio para la población contribuyendo a la salud pública, permitiendo una mayor y mejor disposición de los residuos por medio de métodos y técnicas de control.[7]

La falta de información en algunos temas y los métodos analíticos de detección de patógenos que en algunos casos están escasamente desarrollados, atentan contra una buena planificación que permita una mayor y mejor disposición y tratamiento de los residuos. En este contexto se dificulta la toma de medias que generen confianza en el reciclado de residuos orgánicos, y la aplicación de tecnologías que permitan desarrollar estrategias sostenibles de aprovechamiento sin riesgos para la salud.

En este marco conceptual, en este trabajo serán analizadas muestras de biosólidos crudos y sujetos a compostaje generados en la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) de la Ciudad de Posadas provincia de Misiones,

con el propósito de detectar, cuantificar y determinar la viabilidad de los huevos de helminto presentes a fin de evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad según la USEPA para su utilización como abono orgánico.

Los resultados obtenidos permitirán realizar un análisis descriptivo incluyendo valores de prevalencia, promedio y rango, de huevos de helmintos en muestras de biosólidos crudos y compostados.

CAPITULO II: ANTECEDENTES O REVISION DE LA LITERATURA

2.1 AGUAS RESIDUALES

La implementación de sistemas de redes cloacales y el tratamiento de las aguas residuales resulta beneficioso ambientalmente, disminuyendo la contaminación de las fuentes receptoras (ríos, lagos, lagunas, etc.) y cortando la cadena de transmisión de las denominadas enfermedades hídricas.

Las aguas residuales pueden provenir de actividades industriales, agrícolas, urbanas o domésticas.

Los tratamientos utilizados para disminuir su carga orgánica y microbiológica son muy variados, y pueden incluir precipitación, neutralización, oxidación química y biológica, reducción, filtración, ósmosis, etc.

En el caso de agua residuales urbanas (ARU), los tratamientos suelen incluir la siguiente secuencia:

- Pretratamiento: acondiciona las ARU para facilitar los tratamientos propiamente dichos, y preservar la instalación de erosiones y taponamientos. Incluye equipos tales como rejas, tamices, desarenadores y desengrasadores.
- Tratamiento Primario o Físico-Químico: reduce la materia suspendida por medio de la precipitación o sedimentación, con o sin reactivos, o por medio de diversos tipos de oxidación química o directamente separación física.

- Tratamiento Secundario o Biológico: Consiste en la oxidación aerobia de la materia orgánica o su eliminación anaerobia en digestores cerrados, donde los microorganismos, aeróbicos, anaeróbicos y facultativos cumplen su principal rol degradando la materia orgánica presente. Ambos sistemas aerobios y anaerobios producen fangos en mayor o menor medida que, a su vez, deben ser tratados para su reducción, acondicionamiento y destino final.[11]

- Tratamiento Terciario de Carácter Físico-Químico o Biológico: direccionado a la disminución final de metales pesados, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) nutrientes (Nitrógeno y Fosforo) y/o contaminantes químicos específicos, así como la erradicación de parásitos y agentes patógenos, ejemplo: la desinfección por medio del agregado de cloro para reducir su carga microbiológica. [12,13]

En las etapas mencionadas anteriormente del tratamiento de las ARU independientemente de la tecnología empleada, genera subproductos que son lodos o biosólidos, gases tales como metano los cuales, si no son tratados y/o aprovechados, pueden convertirse en otra fuente de contaminación ambiental. [4]

2.1.1. LODOS BIOLÓGICOS:

Si bien la instalación de depuradoras ha implicado un avance fundamental a nivel ambiental, ha generado este nuevo residuo cuya disposición o destino final no es considerado adecuadamente en muchos países en desarrollo. A partir de la instalación masiva de plantas depuradoras en los países desarrollados desde la década del 60, especialmente desde la prohibición del volcado en los océanos (1996), se intensificó el estudio de los tratamientos que potenciaran la utilización de los residuos generados de un modo beneficioso y sustentable. [8]

Para el caso de los lodos cloacales, la USEPA (1999) definió los términos" disposición" y" uso beneficioso". Las formas de disposición más comunes son los rellenos sanitarios o vertederos, la incineración y la disposición superficial ("landfarming"), mientras que el uso beneficioso se refiere a "aplicarlos en el suelo para aprovechar los nutrientes y materia orgánica que contienen" e implica usos agronómicos y similares (forestal, restauración, paisajismo, producción de abonos y enmiendas).

En este contexto, se define como biosólidos a los "lodos cloacales que pueden ser usados de manera beneficiosa, especialmente como una enmienda para el suelo".

Se ha considerado que los lodos por sus características propias o por las adquiridas después de un proceso de estabilización pueden ser susceptibles de aprovechamiento siempre y cuando cumplan con los límites máximos permisibles de contaminantes, ya que este es un material de alto potencial biológico, debido a la gran cantidad de nutrientes tales como nitrógeno, fósforo, potasio, entre otros; colocándolo como uno de los abonos y fertilizantes orgánicos más eficientes. [4]

Sin un tratamiento adecuado y controles estrictos del mismo pueden acarrear grandes riesgos para la salud.

Las tecnologías de tratamiento para lodos más utilizadas son los tratamientos biológicos: digestión anaerobia, estabilización y compostaje, y los tratamientos físicos: espesamiento, deshidratación y secado térmico.

2.1.2 LEGISLACION SOBRE BIOSÓLIDOS:

Para la clasificación del biosólido se tomaron en cuenta como criterios técnicos de referencia los establecidos por la EPA en su norma 625/R-95/001, basada en la concentración de metales pesados y en el contenido de organismos patógenos.

En lo que hace a Clasificación del biosólido de acuerdo con el contenido de patógenos, atendiendo a su pertinencia en este trabajo la legislación de referencia establece lo siguiente, según la EPA 625/R-92-013 de 1999, con base en criterios microbiológicos los biosólidos se pueden clasificar en:

Lodo residual clase A: es un biosólido cuyo contenido de patógenos está por debajo de niveles detectables y puede ser aplicado al suelo sin restricciones de patógenos. La densidad de coliformes fecales puede ser menor que 1000 número más probable por gramo sólidos totales, base seca (NMP/ g). O la densidad de la bacteria Salmonella sp puede ser menor que 3 NMP/ 4 g sólidos totales, base seca y huevos de helmintos menor a 1 HH/ 4 g de solidos totales, base seca.

Lodo residual clase B: Es un material que posee microorganismos patógenos, pero permite garantizar que el contenido de patógenos se reduce a un nivel tolerable en condiciones específicas de uso que minimicen el potencial de contacto de los patógenos con humanos o animales.[15, 16]

La única ley que regula el destino final de los lodos en Argentina es la ley Nacional N□ 24051/91 y el Decreto Reglamentario N□ 831/93 (Ley de Residuos Peligrosos). Si bien esta ley contempla en el artículo N□ 33 la posibilidad de usos beneficiosos de los residuos, no lo reglamenta, de manera que los únicos destinos posibles son la incineración y la acumulación en vertederos.[9]

Otra regulación de referencia es la Resolución del Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente, que reglamenta por medio de la Resolución N□ 97/2001 el manejo razonable de barros generados en plantas de tratamientos de efluentes líquidos: efluentes cloacales, mixtos cloacales-industriales, industriales, agroindustriales y/o especiales. Esta resolución surge debido a que normas legales relacionadas con el tratamiento y manejo de los barros

eran insuficientes para asegurar su gestión ambientalmente sustentable, constituyendo, además, una. herramienta orientada a la minimización de residuos y al reciclado de material de desecho según tendencias internacionales. Sin embargo, su ámbito de aplicación está restringido a las áreas de prestación de servicios de agua y cloacas concesionadas por el gobierno nacional, teniendo en cuenta únicamente el área metropolitana bonaerense y su entorno rural inmediato.

Cabe destacar que en la Provincia de Misiones no existen normas que regulen el uso o disposición final de los barros generados en la EDAR, adoptándose las regulaciones de la Agencia de Protección Ambiental de EEUU (USEPA).

En base a las experiencias realizadas en Bariloche y con el apoyo de profesionales de la Unión Europea, el SENASA-Área Fertilizantes (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agro-Alimentaria) ha propuesto un decreto reglamentario que regula provisoriamente la utilización de compost de biosólidos y de residuos orgánicos urbanos, como anexo a la Ley de Fertilizantes y Enmiendas Orgánicas (Nº 20.466). Este decreto regula los límites de elementos pesados de acuerdo a las directivas de la Unión Europea y la reducción de patógenos de acuerdo a las normas establecidas por la EPA para productos Clase A.

En el caso de patógenos y atracción de vectores, se utilizan las normas de la EPA para productos Clase A. Al finalizar el período de maduración, el material tamizado por malla de 0,5 cm debe presentar un recuento de coliformes fecales < 1.000 NMP/g de materia seca antes de ser embolsado o vendido a granel.

2.2.1. MICROORGANISMOS PRESENTES EN LOS LODOS DE LAS EDAR.

Los lodos biológicos de las EDAR presentan gran variedad de microrganismos que pueden resumirse en: bacterias, hongos, protozoos y metazoos. Estas distintas especies se encuentran formando una compleja red trófica dinámica la cual va variando en el tiempo. Las bacterias son el componente más abundante

en este tipo de lodos, sobre todo en lodos nuevos o jóvenes, a medida que el tiempo pasa comienzan a aparecer protozoos y por último los rotíferos. Los hongos, son escasos o ausentes. [17]

Los agentes patógenos más importantes que existen en el agua y que se han encontrado en los lodos son las bacterias (como la Salmonella), los virus (sobre todo, enterovirus), los protozoos, los trematodos, los cestodos y los nematodos Estos son microorganismos patógenos presentes en las aguas residuales fecales humanas son transferidos a los lodos.[18]

Los indicadores seleccionados de contaminación son:

- Escherichia Coli y Salmonella spp.
- Huevos de Ascaris (son los más resistentes)

Tabla N□1: Microrganismo presentes en Aguas Residuales y Lodos

Bacterias	**Protozoos**
Shigella	Entamoeba histolitica
Salmonella Typhi	Giardia lamblia
Samonella	Balantidium coli
Vibrio cholerae	**Helmintos**
Escherichia coli	Ascaris lumbricoides
Yersinia enterocolitica	Ancylostoma duodenale
Leptospira spp	Necator Americanus
Virus	Ancylostoma spp
Enterovirus	Strogyloides stercolaris
Virus Hepatitis A	Trichuris trichiura

Adenovirus	Taenia spp
Rotavirus	Enterobius vermicularis

2.2.2. Aspectos sanitarios de los lodos de las EDAR

La utilización de lodos sin tratamiento o con tratamientos deficientes en la agricultura comercial o familiar en zonas tropicales o subtropicales, representa un riesgo para la salud, por la alta prevalencia de infecciones entéricas en humanos y animales.

Si bien se conoce la importancia de las parasitosis a nivel mundial transmitidas por aguas residuales y lodos usados en la agricultura, paisajismo, áreas de recreación, etc., la información sobre la calidad microbiológica de estos es mínima o inexistente en los países en vía de desarrollo y constituye el principal obstáculo en la utilización de lodos.

Al respecto la Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce los beneficios que se pueden obtener utilizando aguas residuales y lodos adecuadamente tratados y buscan fomentar la utilización de los mismos tomando en cuenta las condiciones sociales, epidemiológicas y económicas que existen en cada país.

En países como Brasil, México, Chile, China, India, etc., (García et al, 2007) se ha prestado gran atención al empleo de indicadores sanitarios para el análisis de la calidad de los efluentes y los lodos o biosólidos, y en nuestro país se hace necesario establecer directrices, para llevar a cabo estudios que permitan obtener un panorama de la situación actual en este tema y que orienten respecto a las posibles soluciones que garanticen y/o minimicen el impacto que pueda causar la presencia de este tipo de microorganismos en la población.

El control de las enfermedades helmínticas, requiere entre otras medidas, la ejecución de políticas de saneamiento ambiental, prevención y promoción de la salud y la disponibilidad por parte de los organismos de control encargados del cumplimiento de la legislación respecto a los parámetros parasitológicos de lodos y biosolidos, de métodos analíticos que permitan detectar la presencia de huevos y larvas de helmintos y su viabilidad de manera rápida, confiable y económica

2.2.3. Uso de lodos tratados de las EDAR en suelos de cultivos agrícolas, forestales, terrenos arcillosos, etc

La aplicación de lodos de depuradora es una práctica habitual en agricultura como método de recuperación de suelos degradados por contener estos altos contenidos de materia orgánica y nutrientes, eso no implica que podría no estar exenta de peligrosidad cuando se evalúa desde los puntos de vista ambiental y sanitario. Es frecuente la detección en el suelo tratado con estos residuos un incremento transitorio de las poblaciones microbianas patógenas, cuya persistencia en el tiempo es variable y atribuida a las características del suelo (tipo de materiales en el suelo), de las enmiendas (origen y tratamiento que han sufrido) o el clima (principalmente humedad y temperatura). Los lodos de depuradora, podrían producir la transferencia al ser humano los microorganismos patógenos por el contacto directo con estos suelos o producto de sus alimentos.

Según García y col.[10] en el año 2015 realizaron: La Detección y Prevención de Parásitos en aguas y alimentos. Para ello Determinaron el grado y tipo de contaminación con enteroparásitos que presentaban las verduras frescas comercializadas en las ferias que funcionan en la ciudad de Posadas, a fin de fortalecer esta cadena productiva generada en la Provincia de Misiones. El 72 % de las muestras de vegetales estaban contaminadas con elementos parasitarios, el 20% de las muestras de agua presentaban formas parasitarias, se hallaron huevos y larvas de uncinarias, quistes de Giardia sp. y Entamoeba sp. y huevos de Ascaris lumbricoides.

Queda demostrado en este trabajo la presencia de parásitos intestinales en hortalizas que se cultivan en la provincia de Misiones y se comercializan en ferias francas de la ciudad de Posadas. Estos resultados permiten recomendar un monitoreo periódico de la calidad de las hortalizas que se expenden en ferias, por medio de la implementación de buenas prácticas agrícolas e higiénico sanitarias para garantizar la inocuidad de los productos y de esta manera reducir la incidencia de enfermedades parasitarias transmitidas por alimentos.

El estudio anteriormente mencionado nos permite tener una valoración sobre la utilización inadecuada de los lodos residuales para el abono de plantaciones de verduras y hortalizas en la Provincia de Misiones, debido a la falta de conocimiento sobre la contaminación y los riegos que esto implica para la salud de la población misionera que consume estos alimentos.

Por lo expuesto estos lodos generados en la EDAR antes de ser aprovechados, deben ser estabilizados para reducir la atracción de vectores, los olores, facilitar el desaguado para la reducción del volumen y reducir los organismos patógenos (gérmenes patógenos y parásitos peligrosos para el ser humano como es el caso de la salmonella, la Escherichia coli, el áscari, etc.) quienes presentan un riesgo a la salud de la población.

Los cuatro métodos más comunes para estabilizar los lodos son:

- Digestión anaerobia
- Digestión aerobia
- Composteo
- Adición de cal [18]

Los fangos líquidos procedentes de un tratamiento primario y secundario contienen entre: 1 – 6.5 % de Nitrógeno 0.6 – 2.5 % de Fósforo Cuando están digeridos y secados al aire reducen dichos contenidos al 2% de Nitrógeno y 1,5% de Fósforo. La materia orgánica varía de 40 a 80% de la M. S[11]

Al presentar estas características los lodos provenientes de la digestión aerobia o Digestión anaerobia o composteo de la EDAR pueden usarse en:

a) En la agricultura como abono

b) Para la recuperación de terrenos agotados

También se pueden dar otros usos sin ningún tipo de restricciones:

c) Recuperación de energía eléctrica, mecánica y calorífica por el método de incineración.

d) Vertidos directamente al mar, ríos, lagos.

f) Relleno de terrenos, escombreras, minas abandonadas, pantanos, etc.

El principal problema que afecta a la salud de la población, se podría atribuir al uso de lodos por la presencia de organismos patógenos a pesar de la eliminación que se realiza en el proceso de digestión anaerobia, la solución a esto es mediante el compostaje de lodos antes de su aplicación al suelo, garantizando la sanidad y calidad del producto.

2.3. Parásitos intestinales: Helmintos

2.3.1 Clasificación de los parásitos intestinales y sus principales síntomas:

Los helmintos son invertebrados eucarióticos con morfología aplanada o cilíndrica. Estos gusanos parasitarios comprenden dos grupos principales:

a) platelmintos: a su vez subdivididos en

- cestodos (Tenias)
- trematodos (Fasciola, Esquistosoma y Paragonimus)

b) nematodos o nematelmintos

A los helmintos transmitidos por el suelo se los llama geohelmintos, estos son nematodos que afectan al hombre a través de la ingesta de huevos parasitarios por vía fecal-oral o alimentaria, o por penetración a través de la piel de sus larvas infestantes presentes en tierras húmedas y cálidas. Los geohelmintos con trascendencia medico sanitaria son el Áscaris lumbricoides, Trichuris trichiura, los uncinaria: Ancylostoma duodenale y Necator americanus, y el Strongyloides stercoralis.[16]

Según la OMS en el 2013 aproximadamente 1500 millones de personas, casi el 24% de la población mundial, está infectada por helmintos transmitidos por el suelo. Las helmintiasis transmitidas por el suelo están ampliamente distribuidas por las zonas tropicales y subtropicales, especialmente en el África subsahariana, América, China y Asia oriental.

Más de 267 millones de niños en edad preescolar y más de 568 millones en edad escolar viven en zonas con intensa transmisión de esos parásitos y necesitan tratamiento e intervenciones preventivas.

Los principales síntomas que pueden provocar en función del tipo de parasito son:

- diarrea y pérdida de peso (problemas de crecimiento, anemia crónica
- obstrucciones intestinales e incluso apendicitis (sobre todo en escariases)
- dolor abdominal (falta de apetito del niño, desnutrición con alteraciones en el crecimiento y desarrollo cognitivo).
- ictericia (color amarillo de piel y escaleras), dolores de cabeza, convulsiones, vértigo y problemas de visión).
- Prolapso rectal (complicación rara y grave producida por Trichuris trichiura). [20,21,22]

Dicha enfermedad se caracteriza por diarrea debido al desarrollo de parásitos adultos en el intestino, dolores musculares, fiebre, malestar general.

2.3.2. Características de los principales huevos de helmintos y su morfología:

Geohelmintos

a) Ascaris lumbricoides

La infección por Ascaris Lumbricoides es la geohelmintiasis más frecuente y cosmopolita de todas las helmintiasis humanas. Especialmente en los países tropicales.

La infestación se produce por la ingestión de los huevos presentes en las manos, los alimentos y el agua. ([16, 20, 24])

b) Trichuriasis (o tricocefalosis)

La trichuriasis es más frecuente en zonas cálidas y húmedas de los países tropicales. Ocupa el tercer lugar en el mundo.[16]

c) Uncinariasis: *Ancylostoma duodenale* y *Necator americanus*

A. duodenale y *N. americanus* son dos parásitos presentes en muchas partes del mundo, fundamentalmente en países en desarrollo, sobre todo en regiones rurales tropicales y subtropicales, donde representan un problema para salud pública.[12, 21]

· Mundialmente gran parte de población están infectados por ancilostomideos.

Existen diferencias en la distribución geográfica de cada parasito:

- Ancylostoma duodenale es esencialmente parasito del sudeste de Europa, norte de las costas de África, la India, norte de China y Japón
- Necator americanus se encuentra localizado en África Central y Sur, Sur de Asia, islas del Caribe, América Central y América del Sur.

d) Estrongiloidiasis

Aunque el *Strongiloides stercoralis* es un nematodo con una vía de infestación semejante a otros geohelmintos, no suele figurar en las revisiones de geohelmintiasis. El *S. stercoralis* es un parásito cosmopolita con prevalencia especial en áreas tropicales y subtropicales.[22,23]

Por su ciclo de autoinfección interna y externa, logra aumentar la carga parasitaria sin necesidad de exponerse a la infección al contacto con los suelos. Esto hace posible que individuos infectados en zonas endémicas se mantengan parasitados durante largo tiempo y eventualmente migren a áreas donde no hay infección por este nematodo.

Las larvas rabditiformes eliminadas con las heces maduran en el suelo a larvas filariformes ya infestantes al ser capaces de penetrar en la piel humana íntegra-

En la Tabla N□2 se pueden observar los diferentes tamaños relativos y características morfológicas presentadas por los Helmintos.

Tabla N□ 2 - Principales características de algunos huevos de helmintos

HUVOS	Tamaño	Principales características
Ascaris lumbricoides (fértil)	55 a 75 µm x 35 a 50 µm	☐ forma: esférica u oval ☐ color: castaño-amarillo ☐ posee membranas Mamelonadas (algunos huevos pueden presentarse sin esa membrana –huevo decorticado) ☐ cubierta gruesa
Ascaris lumbricoides	85 a 95 µm x 43 a 47 µm	☐ forma: alargada ☐ membrana mamelonada delgada
Trichuris trichiura	50 a 55 µm x 22 a 24 µm	☐ forma: aspecto típico de un pequeño barril ☐ color: castaño ☐ posee dos tampones polares ☐ posee dos membranas

Ancilostomídeo	*Ancylostoma duodenale*: alrededor de 60 µm *Necator americanus: alrededor* de 70 µm	☐ forma: ovoide u elíptica ☐ sin segmentacion u division ☐ entre la cascara y la célula del huevo hay siempre un espacio claro que disminuye a medida que avanza la segmentación ☐ membrana fina y transparente envuelta por una línea oscura
Enterobius vermicularis	50 a 60 µm x 20 a 32 µm	☐ membrana doble, lisa y transparente ☐ ligeramente achatados de un lado ☐ posee en el interior una larva ya formada
Hymenolepis diminuta	70 a 80 µm de diámetro	☐ forma: aproximadamente esférica ☐ presentan doble cubierta ☐ no posee filamentos que separa la membrana interna de la externa. ☐ ovosfera típica, con sus tres pares de núcleos, envueltos por dos membranas
Hymenolepis nana	30 a 47 µm de diámetro	☐ forma: ovoide u redonda ☐ color: transparente ☐ ovosfera típica, con sus tres pares de núcleos, envueltos por dos membranas ☐ poseen filamentos polares
Taenia sp	30 µm de diámetro	☐ forma: esférica ☐ posee una cubierta protectora denominada embrióforo ☐ dentro do embrióforo se encuentra la oncosfera o embrión hexacanto con doble membrana e tres pares de núcleos

Fuente: REY (1991)

2.3.3. **Situación actual de los Helmintos: Prevalencia en la Población Argentina y de Misiones:**

La infección por helmintos es una enfermedad parasitaria frecuente en la Argentina, afecta primariamente a las zonas de clima tropical y subtropical.

Según el programa de desparasitación masiva[24], 2007 La geohelmintiasis, considerada como una entidad clínica, es un problema sanitario de una vasta zona del país. El extenso territorio de la República Argentina contiene dos

áreas endémicas primarias de geohelmintiasis, ambas ocupan el norte del país. Se distinguen un foco al Noreste y otro al Noroeste. Representa el 18.5 % de la superficie total del territorio, en esa porción se encuentran las Provincias de Misiones, Corrientes, Formosa, Chaco, norte de Entre Ríos, mitad superior de Santa Fe, Salta, Jujuy, casi la totalidad de la provincia de Santiago del Estero, la mitad este de Tucumán y el extremo noreste de Catamarca. El resto de la República Argentina no es de alto riesgo, sin embargo, se reconocen algunos sitios donde hay focos de transmisión activos, estas son "áreas endémicas secundarias".

La prevalencia de los geohelmintos se puede estimar que en la Argentina habría aproximadamente 3.000.000 de niños parasitados con Ascaris lumbricoides, 800.000 con Trichuris trichiura, 800.000 con Necator americanus, 1. 000.000 niños y adultos con Ancylostoma duodenale y 1.000.000 con Strongyloides stercoralis. Muchos de ellos son poliparasitados con más de un geohelminto [24]

Las parasitosis intestinales principalmente las geohelmintiasis producen las llamadas enfermedades infecciosas desatendidas, grave problema de salud pública, persisten en comunidades pobres y marginadas que no cuentan con servicios de agua potable y saneamiento. Principalmente afecta a niños de edad preescolar y escolar.

Hay numerosos estudios que muestran una elevada prevalencia de estas enfermedades en nuestro país como en el resto del mundo.

Según Gamboa y col.[25] (2009), en la Argentina las frecuencias de parasitosis por geohelmintos varían entre 0,6 a 74,8 % distribuyéndose de manera heterogénea a lo largo del país. El agua, el suelo y las mascotas juegan un rol importante en la transmisión parasitaria.

El territorio de la República Argentina está constituido por un mosaico de eco regiones con características climáticas, geomorfológicas y biológicas

contrastantes. [26]

Otro estudio realizado por Gamboa y col.[5] (2010) sobre: Parásitos intestinales y pobreza: “La vulnerabilidad de los más carenciados en la Argentina de un mundo globalizado”, en 3 partidos de la Plata, Provincia de Buenos Aires, dos zonas suburbanas (LPS) Partido de la Plata Sur con 81,4%, (LPN) Partido de La Plata Norte con 77% y la zona Urbana (LPU) con 43,5% además se estudiaron poblaciones en la Ciudad de Brandsen (BR) con 63% y en Santa Rosa (SR) Provincia de La Pampa con 67,2% de la población estaba parasitada.

Los porcentajes arrojados fueron menores en LPU, presentando menos población parasitada por protozoos y helmintos, en el estudio debido a las mejores condiciones socio ambientales. El hacinamiento, las viviendas precarias y el uso de letrinas fueron los factores que más se asociaron al parasitismo, especialmente a la presencia de geohelmintos, además el clima seco de SR se asoció a la ausencia de geohelmintos, a diferencia de las otras zonas seleccionadas donde el clima es templado y húmedo.

Al reunir estas mismas condiciones climáticas (templado y húmedo) y suelo arcilloso adecuado para el desarrollo de huevos y larvas y su posterior transmisión, la Provincia de Misiones presenta frecuencias elevadas de geohelmintos especialmente Ancilostomideos y Strongiloides stercoralis.[5]

Las condiciones ambientales son un factor determinante para la supervivencia de los parásitos, en nuestro país, debido a la diversidad de suelos y condiciones climáticas que existen, es posible hallar variedad de agentes causales de estas parasitosis. Acentuándose en las zonas tropicales y subtropicales con clima húmedo como es el caso de la provincia de Misiones.
En la tabla N□3 se observan los helmintos entéricos encontrados en muestras de suelo, heces, aguas de ríos, arroyos y efluentes en la República Argentina.
Ancilostomideos, Áscaris lumbricoides, Áscaris spp., Hymenolepis nana,

larvas de nematodes fueron encontrados en muestras aisladas en la Provincia de Misiones.

Tabla N□3: Helmintos entéricos encontrados en muestras ambientales en Argentina

Helmintos	Encontrado en	Provincia
Ancilostomídeos	Heces de perro	Buenos Aires y
	Suelo	Buenos Aires[13,24]
Ancylostoma	Efluentes	Neuquén y Río Negro[75]
Ancylostoma sp.	Heces de perro	Neuquén[98]
Áscaris lumbricoides	Agua de río	Salta[59]
	Efluentes	Neuquén y Río Negro[75]
	Heces de perro	Buenos Aires[26]
	Suelo	Buenos Aires[13,24,26]
Áscaris spp.	Aguas de arroyo	Buenos Aires[14]
	Aguas	Buenos Aires[14]
	Heces de perro	Buenos Aires y
Capillaria spp.	Heces de perro	Neuquén[84]
	Suelo	Buenos Aires[13]
Diphyllobothrium spp.	Heces de perro	Neuquén[84], Chubut[98]
Dipylidium caninum	Agua de río	Salta[59]
	Heces de perro	Neuquén[84]
	Suelo	Buenos Aires[13]
Dipylidium sp.	Heces de perro	Chubut[98]
Enterobius vermicularis	Agua de río	Salta[59]
	Aguas	Buenos Aires[14]
	Efluentes	Neuquén y Río Negro[75]
	Suelo	Buenos Aires[13]
Echinococcus	Aguas	Buenos Aires[14]
Fasciola hepática	Heces de cabra	Mendoza[16]
	Agua de río	Salta[59]
	Cabras, ovejas,	Neuquén[67]
Hymenolepis diminuta	Aguas de arroyo	Buenos Aires[14]
	Efluentes	Neuquén y Río Negro[75]
Hymenolepis nana	Agua de río	Salta[59]
	Suelo	Buenos Aires[13,24]
Larvas de la familia	Aguas de arroyo	Buenos Aires[14]

Larvas de nematodes	Aguas de arroyo	Buenos Aires[14]
	Suelo y agua de	Buenos Aires[26]
	Heces de perro	Buenos Aires y
	Suelo	Buenos Aires[13]
Necator americanus	Agua de río	Salta[59]
Strongyloides sp.	Heces de perro	Chubut[98]
Strongyloides	Agua de río	Salta[59]
Taenia spp.	Suelo	Buenos Aires[13,24]
Taenia	Suelo	Buenos Aires[26]
	Heces de perro	Neuquén[84]
Trichostrongylus spp.	Aguas de arroyo	Buenos Aires[14]
	Agua de río	Salta[59]
Trichuris sp.	Aguas	Buenos Aires[14]
	Suelo	Buenos Aires[13]
	Heces de perro	Chubut[98]
Trichuris trichiura	Agua de río	Salta[59]
	Efluentes	Neuquén y Río Negro[75]

Fuente M.M. Juárez y V.B. Rajal (2013)

Además deben considerarse las catástrofes naturales, como las inundaciones provocadas por grandes precipitaciones que contaminan el ambiente y los recursos hídricos por el transporte de los residuos (cloacales y domiciliarios) en las corrientes de agua, provocando la diseminación de agentes microbiológicos patógenos, en las zonas rurales producto de desborde de arroyos y bajo nivel de saneamiento (la población cuenta comúnmente con pozos ciegos o letrinas) y en las urbanas productos de taponamientos de desagües pluviales y cloacales causados por acumulación de basura domiciliaria depositada indebidamente.

Según Socias y col.[27] (2011) sobre Geohelmintiasis en la Argentina, los estudios incluidos en esta revisión de 1998-2011 muestran que la distribución de geohelmintiasis en la Argentina es heterogénea, con focos de alta prevalencia (> 20%) en el noreste y noroeste del país. En muchos casos esta alta prevalencia es debida a uncinarias y estrongiloidiosis, lo que debe tenerse en cuenta para definir las estrategias diagnósticas y terapéuticas para su control. Asimismo, se resalta la escasez o ausencia de datos, con información de menos de la mitad de las provincias y menos de 8000 individuos evaluados.

Otro realizado por Navone y col.[26] (2013), sobre: Estudio transversal de las parasitosis intestinales en poblaciones infantiles de Argentina, (2005-2013) donde Misiones presentó la mayor frecuencia de niños parasitados y Chubut la menor (82,0% vs. 38,4%; $p < 0,01$). El número de especies fue mayor en Misiones y Buenos Aires y menor en Chubut y La Pampa. Los varones estuvieron más parasitados que las mujeres solo en Buenos Aires. Las mayores frecuencias se encontraron en los preescolares de Buenos Aires y los escolares de Mendoza y Misiones ($p < 0,05$). La monoparasitosis fue más frecuente en Chubut (67,9%) y las parasitosis múltiples en Formosa (69,2%). De los geohelmintos, Misiones presentó la mayor frecuencia (23,3%) y Mendoza la menor (0,6%); no se hallaron en Chubut, La Pampa y Salta. Buenos Aires, Formosa y Misiones presentaron una composición de especies similar, al igual que Chubut y La Pampa.

Podemos observar que las frecuencias de parasitosis en Argentina responden al complejo mosaico de variabilidad climática y socioeconómica del país y revelan una tendencia descendente de norte a sur y de este a oeste.

Navone y col[28] (2006), estudiaron las Parasitosis intestinales en poblaciones Mbyá-Guaraní de la Provincia de Misiones, Argentina: aspectos epidemiológicos y nutricionales. Se describieron las enteroparasitosis más frecuentes en dos comunidades Mbyá-Guaraní de Misiones, Argentina: Kaaguy Poty e Yvy Pytá. Los resultados se compararon con una población aborigen vecina, Takuapí, y la población urbana más cercana: Aristóbulo del Valle. De un total 296 individuos las cuatro poblaciones, estuvieron parasitados en Kaaguy Poty, Yvy Pytá, Takuapí, y Aristóbulo del Valle respectivamente. El 84% de los individuos parasitados estuvieron poliparasitados. El 43% de los individuos medidos presentaron desnutrición y el 87% de ellos estaban parasitados. Hubo asociación defecación a cielo abierto, ausencia de calzado y ancilostomídeos ($p < 0,01$); el tipo de vivienda y los helmintos en general ($p <$

0,01). En el suelo se hallaron formas parasitarias, sugiriendo la relación entre la contaminación del entorno ambiental y la elevada prevalencia de parasitosis intestinales en las poblaciones estudiadas.

2. 3.4. Principales técnicas utilizadas para la identificación, clasificación y cuantificación de huevos de helmintos en los Lodos y Biosolidos:

Es importante seleccionar las técnicas adecuadas y de mayor recuperación de formas parasitarias en el laboratorio para detectar y cuantificar las formas parasitarias de protozoarios y helmintos.

Los métodos de recuento de huevos de helmintos son necesarios para evaluar la carga de parásitos que contiene los lodos residuales generados en las EDAR. Estos están basados en la cuantificación del número de huevos por cada gramo de materia seca evaluada, para lograr un gran porcentaje de estos se utilizan procedimientos, de centrifugación y flotación del material, sedimentación, filtración, separación, entre otros.

Para la cuantificación y detección de huevos de helmintos en lodos y biosolidos productos del compostaje, se empleará el método de Yankoo modificado este posee una mayor tasa de recuperación, a diferencia del Método Tradicional de Yankoo, que utiliza soluciones de densidad 1,18 que disminuye el recuento de los mismos.

Además, es recomendado por la Norma de la USEPA utilizada para la clasificación del biosólidos. También hace referencia el Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente de la República Argentina, que reglamenta por medio de la Resolución N□ 97/2001, la utilización de este método para el control de los biosolidos. [9]

El fundamento de esta prueba consiste en separar los huevos de helmintos del resto de las partículas de mayor y menor tamaño por el método de flotación, concentrando los huevos de helmintos, con ayuda de soluciones de densidad

de 1,30, que flotan con el agregado de solución ácido-alcohol junto a éter etílico, posibilitando la separación y sedimentación final. [4]

2.4. FUNDAMENTOS DEL COMPOSTAJE.

Las tecnologías de tratamiento para lodos más utilizadas son los tratamientos biológicos: digestión anaerobia, estabilización y compostaje, y los tratamientos físicos: espesamiento, deshidratación y secado térmico.

De todas estas alternativas de tratamiento el que resulta más conveniente para los lodos generados en la EDAR de la Ciudad de Posadas se ha seleccionado el compostaje en base a los siguientes criterios.

Según Piris Da Motta y col.[14] 2017 en el estudio; Caracterización y tratamiento sustentable de biosólidos con problemas para su uso o disposición" Se determinó que el compostaje permite una gestión sustentable de los residuos. Esto es que posibilita la obtención de un producto con valor agregado, genera una actividad económica rentable mediante la aplicación de una tecnología "limpia "de bajo costo y que no requiere de mano de obra calificada ni de una gran inversión para su puesta en marcha.

Ha sido comprobada su factibilidad desde el punto de vista técnico-económico y ambiental; restando por demostrar sus ventajas en cuanto a la eficiencia en la remoción de helmintos, lo que lo posicionara también como una alternativa conveniente desde el punto de vista de la salud pública, constituyendo este el objetivo central del presente trabajo.[14]

El compostaje es un proceso en el que se degrada biológicamente la materia orgánica hasta obtener un producto final estable. Entre un quinto y un tercio de los sólidos volátiles se transforman en dióxido de carbono y agua; pasando por una "etapa termófila" (temperaturas que oscilan entre 45º y 60ºC), durante

la cual se produce la reducción de patógenos seguida de una “etapa de maduración” en la que se completa la estabilización de la materia orgánica (reducción de actividad biológica y de compuestos digeribles), finalizando en un producto inocuo que no atrae vectores, que contiene nutrientes y materia orgánica estabilizada.[1]

El proceso de compostaje permite su uso de forma beneficiosa cuando es alcanzado el nivel óptimo, reduciendo el volumen, los olores y el riesgo de contaminación. Asegurando un producto final inocuo (compost), sin restricciones de uso, y preservando la salud de la población.[13]

Fases del compostaje: Según la temperatura generada durante el proceso, se reconocen las siguientes etapas:

1.Fase Mesófila. El proceso de compostaje se inicia con el material de partida a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), aumenta hasta los 45°C. Comienza la descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días).

2.Fase Termófila o de Higienización: alcanza temperaturas mayores a 45°C, se desarrollan los microorganismos en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas del lugar, y otros factores. Esta fase del compostaje es la más importante a nivel microbiológico por producirse la higienización, por el calor generado en su medio interno, el cual destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como Eschericha coli y Salmonella spp. esta fase es importante pues las temperaturas por encima de los 55°C eliminan los quistes y huevos de helmintos.

Tabla Nº: 4 se observan los periodos de supervivencia de los diferentes microorganismos. y en la tabla Nº 5 las temperaturas y tiempos de exposición a los que deben ser sometidos para su eliminación.

Tabla Nº4: Periodo de supervivencia de patógenos en lodos fecales
(húmedos a temperatura ambiente)

Organismos	Zonas Templadas 10 a 15 ºC (días)	Zonas tropicales: 20 a 30ºC (días)
Virus	<100	<20
Bacterias Salmonelas Vibrio Coliformes fecales	 <100 <30 <150	 <130 <5 <50
Protozoarios quistes amibicos	<30	<15
Helmintos Huevos de Áscaris Huevos de Anquilostoma Huevos de Equistosoma	2-3 años 12 meses	10-12 meses 6 meses 1 mes

Sorrequieta (2004)

Tabla Nº 5: Temperatura necesaria para la eliminación de algunos patógenos

Microorganismos	Temperatura	Tiempos de exposición
Salmonella	55□C	1 hora
	65□C	15-20 minutos
Eschericha coli	55□C	1 hora

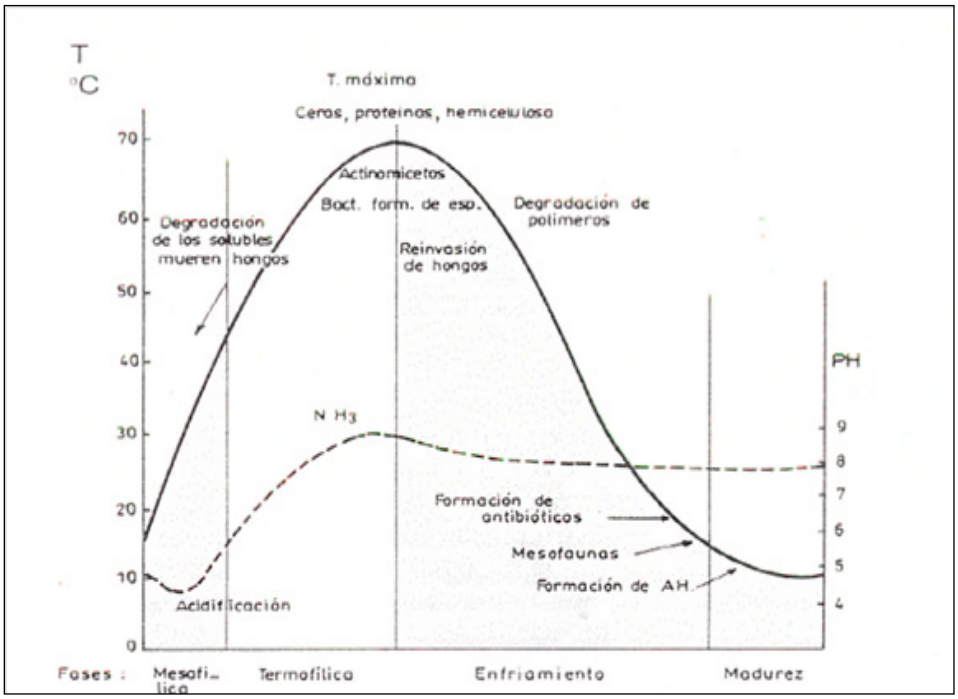
	65□C	15-20 minutos
Brusella abortus	55□C	1 hora
	62□C	3 minutos
Parvovirus bovino	55□C	1 hora
Huevos de Áscaris lumbricoides	55□C	3 días

De acuerdo a los largos periodos de supervivencia en el suelo y el tiempo necesario de exposición a altas temperaturas los helmintos para ser eliminados, imponen altos riesgos sanitarios.

3.Fase de Enfriamiento o Mesófila II. Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende hasta los 40-45°C. Continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista. Al bajar de 40 ºC, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración.

4.Fase de Maduración: es una etapa que dependiendo del compost puede demorar varios meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos. Dependiendo el sistema de compostaje, clima y material de soporte este logra su madurez entre 3 y 9 meses. [1, 29,30]

En el gráfico Nº1 podemos observar las diferentes etapas del compostaje:



Evaluación de la temperatura y pH durante las diferentes etapas del compostaje (Dalzell et al., 1981).

2.4.1. METODOS DE COMPOSTAJES

Los métodos de compostaje pueden ser abiertos y cerrados.

Abiertos: se dividen en pilas estáticas y pilas con volteo, que a su ve si dividen en aireación forzada o natural.

Cerrados: se dividen en contenedores y túneles.

Tabla Nº6: Beneficios entregados por técnicas de compostajes Abiertos

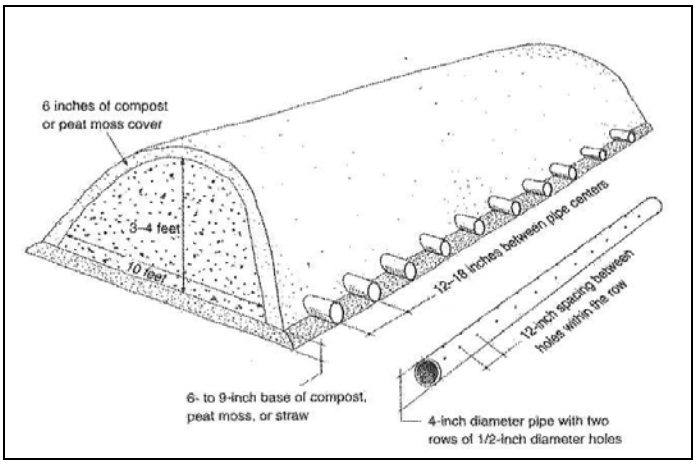
Técnica de compostaje	Beneficios
Pilas estáticas	Una vez que la pila esta armada, necesita solo volteos ocasionales para restaurar la porosidad. Bajos costos
Pilas de volteo o hileras	Permite el compostaje de un gran volumen de residuos. La aireación permite un buen secado y separación de material.
Pilas estáticas aireadas pasivamente	No requiere volteo. Menor costo que la aireación forzada
Pilas aireadas forzadamente	No requiere de espacios para las maquinarias volteadoras. Menor tiempo de compostaje. Alcanza mayores temperaturas. (muerte de patógenos)

Fuente: Mathur (1991)

Ejemplos de esquema de las pilas de compostaje:

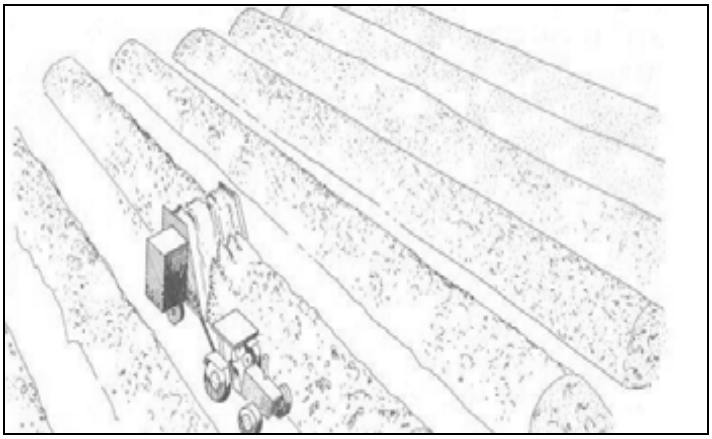
- Ejemplo Pilas tipo abierta:

Figura N□ 1: Pilas estáticas con aireación forzada



Tomado de Rynk et al. (1992)

Figura Nº2 Pilas con volteo con aireación pasiva



Tomado de Rynk et al. (1992)

Los puntos fundamentales que se deben controlarse adecuadamente para obtener un compost de buena calidad son:

1.- Control de la aireación (Rango ideal de 5% a 15%): Valor óptimo 10%.

- Valores < a 5% Baja Aireación, produce una insuficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente en anaerobiosis, para ello la solución es el volteo de la mezcla y/o adición de material estructurante (ejemplo chip de poda, viruta, etc.) que permita la aireación evitando el aplastamiento.

- Valores >15% Exceso de aireación. Provoca disminución de la temperatura y evaporación del agua, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua. La solución sería la trituración de material a fin de disminuir el tamaño de poro y así reducir la aireación. Se debe regular la humedad, bien proporcionando agua al

material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (ejemplo césped recién cortado).

2.- Control de la Humedad (Rango ideal 45% al 60%).

Es un parámetro estrechamente vinculado a los microorganismos, ya que, como todos los seres vivos, usan el agua como medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular.

La humedad óptima para el compost se sitúa alrededor del 55%

- Porcentaje de humedad <45%: humedad insuficiente, puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos, por tal motivo se debe regular la humedad, ya sea proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (césped recién cortado).

- Porcentaje de humedad > 60%: provoca disminución del oxígeno disponible, por lo cual el material se halla muy húmedo, desplazando al oxígeno. Presentando zonas de anaerobiosis, para corregir se debe realizar volteos de la mezcla y/o adicionar material de bajo contenido de humedad y con alto valor de carbono, como ejemplo paja u hojas secas.

3.- Control de Temperatura (valor optimo >35 °C y < 70°C).

- Bajas temperaturas < 35°C:

- Pueden ser provocadas por humedad insuficiente: los microorganismos disminuyen la actividad metabólica. La solución es humedecer o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad.

- Material Insuficiente o forma de la pila inadecuada: la solución es añadir más material a la pila de compostaje.

- Por un déficit de nitrógeno o baja de la relación Carbono: Nitrógeno (C: N): los microorganismos no tienen el N suficiente para generar enzimas y proteínas, disminuyen o ralentizan su actividad. Solución: Añadir material con alto contenido en nitrógeno.

- Altas temperaturas >70°C:

-Ventilación y humedad insuficiente. La temperatura es demasiado alta y se inhibe el proceso de descomposición. Se mantiene actividad microbiana pero no la suficiente para activar a los microorganismos mesófilos y facilitar la terminación del proceso. Debe realizarse volteo y verificación de la humedad (55-60%). Adición de material con alto contenido en carbono de lenta degradación (madera o pasto seco) para que ralentice el proceso.

4.- Control del pH optimo (rango ideal 4,5 - 8,5)

El pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del

Proceso. Logra estabilizarse en valores cercanos al neutro en su etapa final.

- pH <4,5 presenta Exceso de ácidos orgánicos. La adición de material rico en nitrógeno equilibra la relación C: N.
- pH >8,5 presenta exceso de nitrógeno Cuando hay un exceso en el material de origen, con una deficiente relación C: N, asociado a humedad y altas temperaturas, produciendo amoniaco alcalinizando el medio.

Adición de material más seco y con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín) equilibra el pH.[29,30]

2.4.2. ANTECEDENTES DEL COMPOSTAJE:

En Bariloche y Mar del Plata se han implementado sistemas de tratamientos de barros por el método de compostaje siendo estos referentes en el País, al tener mayor experiencia y tiempo dedicado al estudio.

Según Mazzarino y col.[1] en el estudio de Planta de Compostaje de Biosólidos: Investigación y Desarrollo en Bariloche, Argentina en el año 2000. La experiencia obtenida se puede resumir en: (i) la determinación de las condiciones adecuadas para el compostaje, (ii) establecimiento de regulaciones para el uso de biosólidos en agricultura que incluye, una resolución municipal para regular el transporte y disposición final de los biosólidos en Bariloche y el decreto reglamentario de SENASA a nivel nacional, (iii)En el control de los biosolidos logrados luego del compostaje no se han detectado huevos viables de Áscaris, helmintos con alta capacidad de sobrevivencia en suelos.

Igualmente Peralta y col.[30], en el año 2001 la investigación sobre El Compostaje Aplicado a los Barros Cloacales Primarios de la Ciudad de Mar Del Plata. Se estudió el compostaje en hileras con volteos como alternativa de gestión del barro cloacal, evaluando el proceso con dos relaciones entre el soporte (chipeado de poda) y el barro (1:1 y 0,5:1) durante el verano. Ambas relaciones pueden aplicarse para cumplir con los requerimientos de reducción de patógenos de las normativas. A mayor proporción de soporte fue menor la generación de lixiviados, el tiempo de tratamiento y el riesgo de recontaminación. Las concentraciones de metales pesados en barros y lixiviados fueron bajas. Se encontró que un porcentaje de reducción de materia orgánica > 40% fue el mejor indicador de madurez. Experiencias de invierno mostraron que solo la relación 1:1 fue adecuada para asegurar reducción de patógenos.

También podemos observar trabajos presentados en Europa donde el compostaje es una alternativa altamente eficaz, según Martínez Muro y col.[23]

(2004) Efecto de los Métodos de deshidratación de Lodos de Depuradoras sobre la presencia de Huevos de Helmintos en las EDAR de Alicante y Valencia, España. Presencia y viabilidad de Huevos de Helmintos en Plantas de compostaje. Las conclusiones obtenidas fueron que en el proceso de compostaje se elimina el 100 % de los huevos de helminto presentes en el lodo deshidratado. Presentando a estos sistemas como una tecnología altamente eficaz en la reducción de Huevos de Helmintos.

En cambio, Torres y col, (2007)[31] investigo el Compostaje de Biosolidos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, en Colombia. Los resultados del estudio muestran la viabilidad del proceso de compostaje de biosólidos de la EDAR Cañaveralejo de Cali, siendo necesario incorporar materiales de soporte y de enmienda que aporten estructura, manejabilidad y mejoren la relación C/N tanto inicial como final. Los materiales que mostraron los mejores resultados fueron el Residuo de Poda y la Cachaza en porcentajes del 10 y 18% respectivamente. El proceso de compostaje, además de ser una alternativa de estabilización de la materia orgánica, favorece la gestión de los biosólidos generados en la EDAR, disminuyendo los requerimientos de transporte y área para su disposición final. La reducción en peso de las pilas de biosólidos fue del 70%. Para aumentar el potencial agrícola del compost producido con biosólidos se recomienda considerar otros materiales que aumenten la relación C/N del producto final y evaluar procesos complementarios de higienización del material producido.

CAPITULO III: CUERPO DE DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACION

3.1. DISEÑO DE ESTUDIO:

En este trabajo fueron evaluadas dos tipos de muestras: lodos de las playas de secado provenientes de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) de la Ciudad de Posadas, y los biosolidos obtenidos luego del compostaje por el sistema de Pilas por Volteo, con el propósito de detectar, identificar y cuantificar los huevos de helmintos, y la viabilidad de los

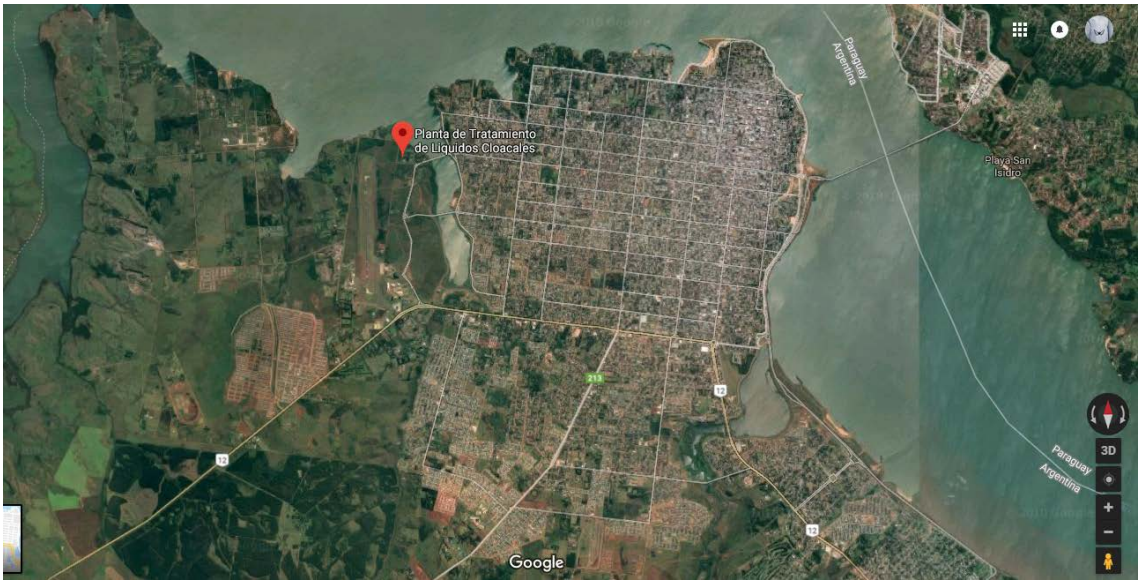
mismos, verificando en ambas muestras su calidad para su mejor aprovechamiento.

3.2. ÁREA Y POBLACIÓN DE ESTUDIO

El Municipio de la Ciudad de Posadas, Provincia de Misiones, República Argentina se ubica sobre el margen izquierdo del Río Paraná, al sudoeste de la provincia y al nordeste del departamento Capital. Cuenta con 324 km^2 de superficie. Conjuntamente con los municipios de Garupá y Fachinal forma el Departamento Capital, el cual posee una extensión de 965 Km^2.

El estudio fue llevado a cabo en la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) de la Ciudad de Posadas, la cual se diseñó y construyó para tratar, las aguas residuales domésticas provenientes del casco urbano del municipio.

Ilustración fotográfica N□1 Ubicación de la EDAR en la Ciudad de Posadas



3.3 MUESTREO:

Para la caracterización fisicoquímica y microbiológica de los lodos almacenados de las playas de secado se procedió a la toma de muestras simples en distintos puntos de las playas y a diferentes profundidades con el propósito de conformar una muestra compuesta que fuera representativa de la condición promedio de los lodos producidos en la EDAR.

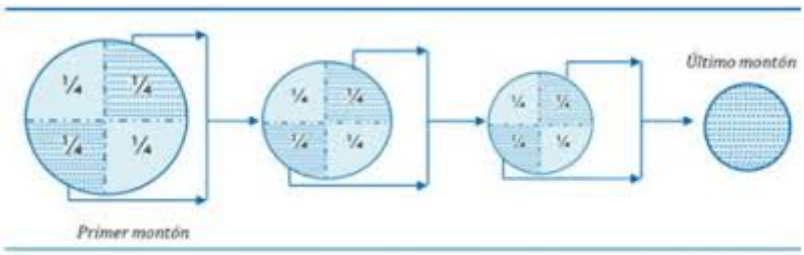
El procedimiento utilizado para asegurar la representatividad de la muestra, fue el de Cuarteo manual según: Norma Mexicana NMX-AA-15-1985 [32]**:**

El procedimiento consistió en un cuarteo en forma manual:

- Se colocó las muestras de campo sobre una superficie plana, dura y limpia,
- Se homogeneizo toda la muestra y acomodo en una pila cónica, depositándose con ayuda de una pala una sobre la anterior.

- Se ejerció presión sobre el vértice, con la pala, aplanando con cuidado la pila hasta que se obtuvo un espesor y un diámetro uniforme.
- Seguidamente se dividió la pila aplanada en cuatro partes iguales.
- Se eliminaron dos de las partes diagonalmente opuestas, incluyendo todo el material fino.
- Se continuó mezclando y homogeneizando el material restante y se volvió a cuartearlo sucesivamente hasta que se redujo a aproximadamente 5 kg de muestra. En la figura N□ 16 véase el esquema de cuarteo.

Figura N□ 1 Esquema de cuarteo



Una vez efectuado el cuarteo final, una parte importante de la muestra obtenida fue reservada para su deshidratación en la playa de secado y posterior compostaje y la otra parte más pequeña se destinó a la caracterización fisicoquímica y microbiológica.

3.4 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LOS LODOS A TRATAR

La caracterizacion fisicoquimica de los lodos provenientes de las playas de secado estuvieron orientadas fundamentalmente a suministrar informacion util para el proceso de compostaje (humedad , pH, MO, N y P) y evaluar el resultado obtenido mediante su aplicación, mientras que la caracterizacion

microbiologica tuvo como propositos para determinar la prevalencia de helmintos y clasificar según las normas tomadas como referencias los biosolidos antes y despues del compostaje (CT, CF y HH).

Las determinaciones de los parámetros fisicoquímicos se realizaron en una parte de la muestra previamente secadas en estufa a 60 ºC y molida, mientras que los parámetros microbiológicos se realizaron en muestras húmedas, dentro de un período no mayor a 2 horas luego de su recolección y/o conservadas en refrigeración a 4 ºC.

La toma de muestras de biosólidos estuvieron a cargo de operarios de turno. En total se tomaron 4 muestras de biosólidos de las playas de secado y 4 muestras de biosólidos productos del compostaje, para la cuantificación de los huevos de helmintos.

Para estas determinaciones se siguieron las técnicas estandarizadas de la American Public Health Association (Standard Methods). “Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales” (APHA, AWWA; WPCF; 17ª ed. 1992) [33]

Los métodos analíticos se detallan en la tabla N°7

Tabla N 7: Métodos Analíticos

Parámetro	Método analítico
Humedad %	Gravimétrico
PH	Extracción acuosa previa de biosólidos seco y molido; lectura potenciométrica del extracto acuoso.
Sólidos Totales (ST)	Gravimétrico
Materia orgánica (M.O.) %	Técnica analítica SM 2450 E, calcinación a 550ºC [9]
Carbono orgánico total (COT) gC/kg	Calculado a partir del valor de M.O.[4]
Nitrógeno Total Kjedhal (NTK) gN/kg	Digestión ácida y destilación
Potasio (gK/kg)	Extracción acuosa previa de biosólido seco y molido; fotometría de llama del extracto acuoso.
Fósforo Total (PT) gP/kg	Digestión ácida y lectura espectrofotométrica de concentraciones.
Coliformes fecales y *Escherichia coli* (NMP/g seco)	Método del número más probable (NMP)

3.5 METODOS PARASITOLOGICOS

Para la elección de las técnicas parasitológicas se tuvo en cuenta los siguientes parámetros: campo de aplicación, fundamento, normatividad, referencias bibliográficas, alcance de la técnica (recuperación, identificación, cuantificación), metodologías normalizadas o sugeridas por organismos reconocidos (OMS, EPA, Normas Nacionales, etc.).

Métodos de Cuantificación y Viabilidad de Los Huevos de Helmintos utilizados fueron:

3.5.1. METODO DE CUANTIFICACION

El método seleccionado para la cuantificación de huevos de helmintos en biosólidos fue el de Yankoo Modificado que posee una mayor tasa de recuperación, y que a diferencia del Método Tradicional de Yankoo, no utiliza soluciones de densidad 1,18 que disminuye el recuento de los mismos.

Otro factor que se tuvo en cuenta fue la Norma de la USEPA utilizada para la clasificación del biosólidos, a la cual también hace referencia el Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente de la República Argentina, que reglamenta por medio de la Resolución N 97/2001, la utilización de este método para el control de los mismos.

3.5.1.1 FUNDAMENTO:

El Método de cuantificación de Yankoo Modificado permite separar los huevos de helmintos del resto de las partículas de mayor y menor tamaño por el método de flotación, concentrando los huevos de helmintos, con ayuda de soluciones de densidad de 1,30, por medio del agregado de solución ácido-alcohol junto a éter etílico estos flotan, posibilitando la separación y sedimentación final. Observándose el sedimento en Cámara de Sedgwick Rafter. [4,20, 34]

Tabla N□ 8: Método de YANKOO Modificado

Método	Yankoo Modificado
Principio do método	Flotación
Densidad de la solución	1,30
Soluciones utilizadas	Tritón X-100 o Tween 80; aceto-acética o Alcohol-acido; sulfato de magnesio o sulfato de zinc densidad 1,3; éter etílico.
Cámara de observación	Sedgewick-Rafter / McMaster
Fracción de la muestra observada	Sedimento
Tiempo mayor aproximado para recuento de huevos en 1 ml de muestra, para un observador experimentado	7 minutos - Sedgwick-Rafter 4 minutos - McMaster
Equipamientos	Centrífuga

3.5.1.2. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

Para la preparación de las muestras y cuantificación de los huevos de helmintos, según el método de Yankoo Modificado, fueron necesarios los siguientes equipos, materiales y reactivos:

- Centrifuga para operar a 3500 rpm

- Balanza analítica
- Cámara de Sedgwick-Rafter
- Microscopio óptico con objetivos de 10x y 40x.
- Campana extractora de gases
- Tubos de centrifuga de 50ml y 5 ml
- Embudos de vidrio
- Gasa de 20 cm
- Erlenmeyer
- Pipetas Pasteur descartable
- Densímetro
- Solución tampón fosfato
- Tween 80 1%
- Solución de sulfato de zinc de densidad de 1,3
- Solución alcohol-acida
- Solvente Éter etílico
- Solución de Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) 0,1N.

3.5.1.3. TECNICA DEL METODO DE CUANTIFICACION:

1. Se utilizó 10 gr de material solido (biosolidos).
2. Diluyendo con solución tamponada (tampón fosfato) con Tween 80 al 1%.
3. Luego de la dilución el material fue filtrado para remover las partículas sólidas y sedimentado durante 24 horas a temperatura ambiente.
4. El sobrenadante fue eliminado con ayuda del Método de Sifón, y el sedimento resultante se transfirió a tubos de centrifuga de (50ml) a 3500 rpm durante 3 minutos.
5. Nuevamente el sedimento resultante se resuspende en solución de sulfato de zinc con densidad de 1,3 v/v, se centrifugo a 3500 rpm durante 3 minutos.

6. El sobrenadante se transfirió en un Erlenmeyer y se diluyo a la mitad con agua destilada.

7. Se cubrió la boca el Erlenmeyer con papel aluminio y sedimento durante 3 horas.

8. Luego de este período el sobrenadante fue aspirado (la mayor cantidad posible) y el sedimento se resuspendio por agitación.

9. El material resultante (50ml aproximadamente) se transfirió a tubos de centrifuga y el erlenmeyer se lavó con agua destilada para retirar eventualmente los huevos que pudieran haber quedado atrapados en las paredes del recipiente.

10. Se centrifugó el material a 1400 rpm durante 3 minutos.

11. Después de la centrifugación el sedimento resultante fue agrupado en un único tubo de centrifuga y nuevamente centrifugado a 1400 durante 3 minutos.

12. Luego el sedimento se resuspendió en solución acido-alcohol (H_2SO_4 0,1N/C_2H_5OH 35%) y solvente éter etílico.

13. Los tubos con las muestras fueron agitados y luego abiertos bajo campana luego de cada agitación para dejar que se volatilice el éter.

14. Se centrifugó nuevamente a 1800 rpm durante 3 minutos.

15. Se descartó el sobrenadante, para la eliminación del éter se procedió a un nuevo lavado del material con 4 ml de solución de H2SO4 0,1N y centrifugado a 1800 rpm durante 3 minutos.

16. Se descartó el sobrenadante y el sedimento fue resuspendido nuevamente en 4 ml de solución de H2SO4 0,1N.

17. En el material obtenido se realizó el recuento de los huevos de helmintos en la Cámara de Sedgwick-Rafter.

18. El resultado se expresó en número de huevos por 4 gramos de materia seca.

Para ello fue necesario realizar en conjunto el porcentaje de materia seca de las muestras (los cuales se obtuvieron colocando 6 a 10 gr de muestra en estufa a temperatura de 103 ± 5 ºC).

RESULTADOS:

Los resultados se expresaron según la siguiente formula:

H/4 gr ST

Donde:

H: Numero de huevos leídos en la muestra

gr ST: gramos de sólidos totales analizados en la muestra en base seca.

3.5.2. ESTUDIO DE LA VIABILIDAD

El método seleccionado para el estudio de la Viabilidad de los huevos de Helmintos fue el Método de Incubación, recomendado por la Norma Oficial Mexicana.

3.5.2.1. FUNDAMENTO

La determinación de la viabilidad se fundamenta en la capacidad de los huevos de áscaris de desarrollar las larvas móviles en su interior, a una temperatura de 28°C y un medio apropiado.

3.5.2.2. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

- Solución de Ácido Sulfúrico (H2SO4) 0,1N.
- Estufa de cultivo
- Tubos
- Cámara de Sedgwick-Rafter
- Microscopio óptico con objetivos de 10x y 40x
- Balanza Analítica
- Estufa a 103□ C

3.5.2.3 TECNICA DEL METODO DE INCUBACION:

1. Como paso previo se debió realizar el método de Yankoo Modificado para la concentración de los huevos de helmintos en la muestra, el sedimento obtenido fue resuspendido en 4 ml de solución de H_2SO_4 0,1N.
2. Se incubó el material en estufa a 26-28□C durante 4 semanas.
3. Los mismos debieron ser controlados para evitar su desecación, re suspendiéndolos una vez por semana con solución de H_2SO_4 0,1N. Además, fueron agitados para mantener los huevos en suspensión y mantenidos semi abiertos los tubos para su oxigenación.
4. Luego del período de incubación se realizó el recuento de los huevos viables, mediante observación microscópica de larvas con movilidad en el interior de los mismos, considerando estos como viables y para el caso de los huevos de los cestodos simplemente los que estuvieron presentes y no tenían ningún daño en su estructura se consideraron viables, ya que estos son eliminados por el humano y todos se consideran infectantes. Se utilizó la Cámara de Sedgwick-Rafter para su recuento.
5. El resultado se expresó en número de huevos por gramo de materia seca.

6. Para ello fue necesario realizar en conjunto el porcentaje de materia seca de las muestras (los cuales se obtuvieron colocando 6 a 10 gr de muestra en estufa a temperatura de 103 ±5 ºC).

RESULTADOS:

Se expresaron según la siguiente formula:

H/4 gr ST

Donde:

H: Numero de huevos leídos en la muestra

gr ST: Gramos de sólidos totales analizados en la muestra en base seca.

3.6 ENSAYO DEL COMPOSTAJE

3.6.1 ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO

Como etapa previa al compostaje se efectuó un tratamiento térmico del biosólido mediante la exposición a la radiación solar con el propósito de evaporar el agua y reducir la humedad.

Para el acondicionamiento térmico de los lodos se utilizó una celda de secado de 3m de largo y 3 m de ancho y una altura de 0,50 m construido en la EDAR para este propósito con ladrillos huecos sobre una superficie de empedrado, en una calle lateral en las proximidades de las unidades donde son depositados los lodos que son extraídos de las lagunas de sedimentación.

Las características de la unidad construida se muestran en la ilustración fotográfica nº 8.

Ilustracion fotográfica N□ 2

Para la deshidratación de los lodos, unos 40 litros de lodos extraídos de las playas de secado fueron esparcidos sobre un film de polietileno de alta densidad a fin de facilitar el secado hasta un contenido de humedad compatible con el proceso de compostaje.

Para facilitar el proceso se desmenuzaba los grandes terrones dispersándolos para aumentar el área expuesta a la radiación.

El acondicionamiento de los lodos mediante esta técnica tiene un efecto adicional que es la higienización debido a la radiación UV en la superficie expuesta y la eliminación de sustancias volátiles contaminantes.

3.6.2 PRECOMPOSTAJE

Se denomina precompostaje a todos aquellos procedimientos que se realizan antes de la conformación de las pilas definitivas y que tienen como objetivos

acondicionar la masa de residuos para optimizar el proceso y que incluye procedimientos tales como:

- Balance de nutrientes
- Corrección de pH
- Chipeado/ Trituración/ Molienda
- Bioaumentación (inoculación de los desechos con carga de microorganismos)

3.6.2.1. BALANCE DE NUTRIENTES

En función de las características de los componentes disponibles para el proceso de compostaje se efectuó el cálculo de la composición de la mezcla expresado como Peso (Kg) de cada componente.

Entre los componentes a utilizar para la conformación de las pilas se incluyen los biosolidos secos, chips de podas del arbolado público de la Ciudad de Posadas, suministrado por la Municipalidad, césped obtenido en el mantenimiento de los espacios verdes de la EDAR, a lo que se agrega hojas secas trituradas.

3.6.2.2. RELACIÓN CARBONO/NITROGENO (C/N)

Se adoptó un valor de 25 como óptimo para la relación C/N de la mezcla a composta, siendo aceptable entre 20 y 30 para iniciar el proceso.

En función a este valor y las características de los materiales a utilizar presentados en la Tabla N□ 9 se estimó la composición de la mezcla (Kg de cada componente), utilizando la hoja de cálculo desarrollada por Tom Richard

del Departamento de Agricultura e Ingeniería Biológica de la Universidad de Cornal. [34]

Esta hoja de cálculo que se muestra en el ANEXO A permite calcular los pesos de un tercer y cuarto componente en función de los pesos, los % de C, N y Humedad de dos de materiales los materiales a compostar.

Tabla N□ 9 Relación C/N de los Componentes de soporte

Componente	**Densidad (Kg/m^3)**	**% C***	**% N**	**Humedad %**
Biosólidos	792	17,5	3,2	5,3
Chips podas	243	55	0,3	12,3
Hojas trituradas (secas)	105	45		
Césped	91	40	0,8	62

3.6.3. COMPOSTAJE

3.6.3.1. CONFORMACIÓN DE LA PILA

Una vez definido los componentes a utilizar y calculado los pesos de cada una ellos, se preparó la pila de la mezcla a compostar.

Los componentes de las pilas se dan en la siguiente Tabla

Tabla N□ 10 Composición de la pila (compostaje)

Componente	**Pila 1**
Biosólidos	si
Chips podas	si
Hojas trituradas (secas)	si
Césped	no

Las dimensiones de la base de las pilas son de 1mX1m, estando determinada su altura por el volumen de total de la mezcla a compostar.

3.6.3.2. PREPARACIÓN DE LA PILA

Las pilas se conformaron intercalando capas de 10 cm de chips de podas con lodos secos y el tercer componente, partiendo de una cama de 15 cm de chips en la parte inferior de la misma de modo de facilitar la entrada de aire y el escurrimiento del agua incorporada para mantener la humedad al valor establecido (aproximadamente 40 %).

3.6.3.3. SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL PROCESO DE ESTABILIZACIÓN

Se efectuó el control de temperatura mediante un termómetro en el núcleo de la pila en forma diaria, registrándose los valores de humedad (%) y pH de la mezcla con una frecuencia semanal y % de materia orgánica con frecuencia quincenal.

El control de proceso de estabilización se realizó utilizando el procedimiento de aireación (volteo) y riego en función a los resultados del control de temperatura.

Al final de cada ciclo de temperatura, se efectuaba el volteo de las pilas, con el propósito de incorporar el material de la periferia al núcleo central, favorecer la aireación y la distribución homogénea de la humedad en la mezcla de modo de mantener su valor en torno al 50%.

El punto final del proceso de compostaje se determinó como aquel en el cual la temperatura dentro de la pila se mantuvo prácticamente constante, cercana a la del ambiente, mientras que la humedad permaneció ajustada a un valor próximo al óptimo del 50 %.

El grado de estabilización alcanzado también fue monitoreado mediante determinaciones quincenales del contenido de materia orgánica de las pilas, evidenciándose el punto en que se consigue la madurez de compost como aquel en el cual se alcanza una reducción del 40 % o la constancia del valor de este parámetro.

Se efectuó un seguimiento de la humedad mediante el siguiente procedimiento empírico:

1. Se toma con la mano una muestra de material.

2. Cierre la mano y apriete fuertemente el mismo.

3. Si con esta operación verifica que sale un hilo de agua continuo del material, entonces podemos establecer que el material contiene más de un 40% de humedad.

4. Si no se produce un hilo continuo de agua y el material gotea intermitentemente, podemos establecer que su contenido en humedad es cercano al 40%.

5. Sin el material no gotea y cuando abrimos el puño de la mano permanece moldeado, estimamos que la humedad se presenta entre un 20 a 30 %

6. finalmente si abrimos el puño y el material se disgrega, asumimos que el material contiene una humedad inferior al 20 %.

3.6.3.4. CARACTERÍSTICAS DEL COMPOST

Para evaluar las características del producto se consideraron las normas internacionales respecto a limitaciones de metales pesados, patógenos y atracción de vectores, específicamente las correspondientes a la EPA (Fed. Reg. 40, C.F.R. Part 503, 1993) y a la Unión Europea (Council Directive 86/278/EEC).

En base a las experiencias realizadas en Bariloche y con el apoyo de profesionales de la Unión Europea, el SENASA-Área Fertilizantes (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agro-Alimentaria) ha propuesto un decreto reglamentario que regula provisoriamente la utilización de compost de biosólidos y de residuos orgánicos urbanos, como anexo a la Ley de Fertilizantes y Enmiendas Orgánicas (Nº 20.466). Este decreto regula los límites de elementos pesados de acuerdo a las directivas de la Unión Europea y la reducción de patógenos de acuerdo a las normas establecidas por la EPA para productos Clase A.

En el caso de patógenos y atracción de vectores, se utilizan las normas de la EPA para productos Clase A. Al finalizar el período de maduración, el material es tamizado por malla de 0,5 cm debe presentar un recuento de coliformes fecales < 1.000 NMP/g de materia seca antes de ser embolsado o vendido a granel.

3.7. RESULTADOS Y DISCUSION:

3.7.1. ÁREA Y POBLACIÓN DE ESTUDIO

El Municipio de la Ciudad de Posadas, Provincia de Misiones, República Argentina se ubica sobre el margen izquierdo del Río Paraná, al sudoeste de la provincia y al nordeste del departamento Capital. Cuenta con 324 km^2 de superficie. Conjuntamente con los municipios de Garupá y Fachinal forma el Departamento Capital, el cual posee una extensión de 965 Km^2.

Presenta numerosos arroyos que nacen dentro de la zona urbana y desembocan en el Paraná. Dentro de estos los más importantes son el Patotí y el Vicario, que reciben a su vez el aporte de otros pequeños afluentes. Los dos arroyos más importantes que atraviesan la ciudad nacen en el interior de la provincia y desaguan también en el río Paraná: el arroyo Mártires y el arroyo Zaimán. Son de escaso caudal, salvo en sus desembocaduras donde forman pequeñas rías que se vieron aumentadas al completarse el llenado del embalse de Yacyretá, formando grandes espejos de agua, que fueron aprovechadas como zona de esparcimiento. El Mártires es utilizado como cuerpo receptor del efluente de la EDAR.

El tipo climático local es subtropical húmedo. Las lluvias anuales rondan los 2000 mm, lo que sumado a una elevada humedad ambiental (humedad relativa promedio anual: 74%).

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC), 2017 se registraron en Posadas un total de 359.609 personas y uno de cada dos habitantes no supera los 30 años de edad.

Tabla N°11

Población total según grupos de edad. Aglomerado Posadas. 4° Trimestre de 2017.

	De 0 a 9 años	De 10 a 19 años	De 20 a 29 años	De 30 a 59 años	De 60 años y más
Porcentaje en la población total	15,4%	18,5%	16,2%	37,1%	12,8%

3.7.2. DESCRIPCION DE LA EDAR

El estudio fue llevado a cabo en la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) de la Ciudad de Posadas, la cual se diseñó y construyó para tratar, las aguas residuales domésticas provenientes del casco urbano del municipio.

Se diseñó para una capacidad de 547 litros por segundo, con el fin de atender a una población de 233.000 habitantes en una primera etapa.

Consta de 3 líneas de tratamiento compuesta por “Lagunas aireada-laguna de decantación”, seguida de una etapa de desinfección que se efectúa en una cámara de contacto, desde donde es descargado el efluente final.

Las ARU son colectadas y bombeadas desde diversos puntos de la ciudad por medio de las distintas estaciones elevadoras hasta la Estación Elevadora de Aguas Residuales (EEAR) Nº 6, ubicada en la Av. Blas Parera y Arévalo desde donde es bombeado hasta la EDAR que se encuentra en el Acceso Oeste en la Av. Ulises López de la Ciudad de Posadas. La EDAR recibe, además, aportes de otras estaciones de bombeo provenientes de las zonas de EEAR ITAEMBE MINI1 e EEAR ITAEMBE MINI 2 y ITAEMBE GUAZU. Las cuales ingresan por diferentes ramales al desarenador (tratamiento primario) en la EDAR.

El caudal promedio tratado de las ARU en la actualidad es de alrededor de 875 m^3/h, superando en un 60 % la capacidad de diseño de la primera etapa.

Los sólidos producidos en las lagunas aireadas son separadas por sedimentación en las lagunas de sedimentación, donde son estabilizados, siendo retirados periódicamente para ser almacenados en las playas de secado.

El líquido presente en el lodo (lixiviado) es drenado desde las playas de secado a la etapa de desinfección.

Ilustración fotográfica N□ 2 EDAR en la Ciudad de Posadas

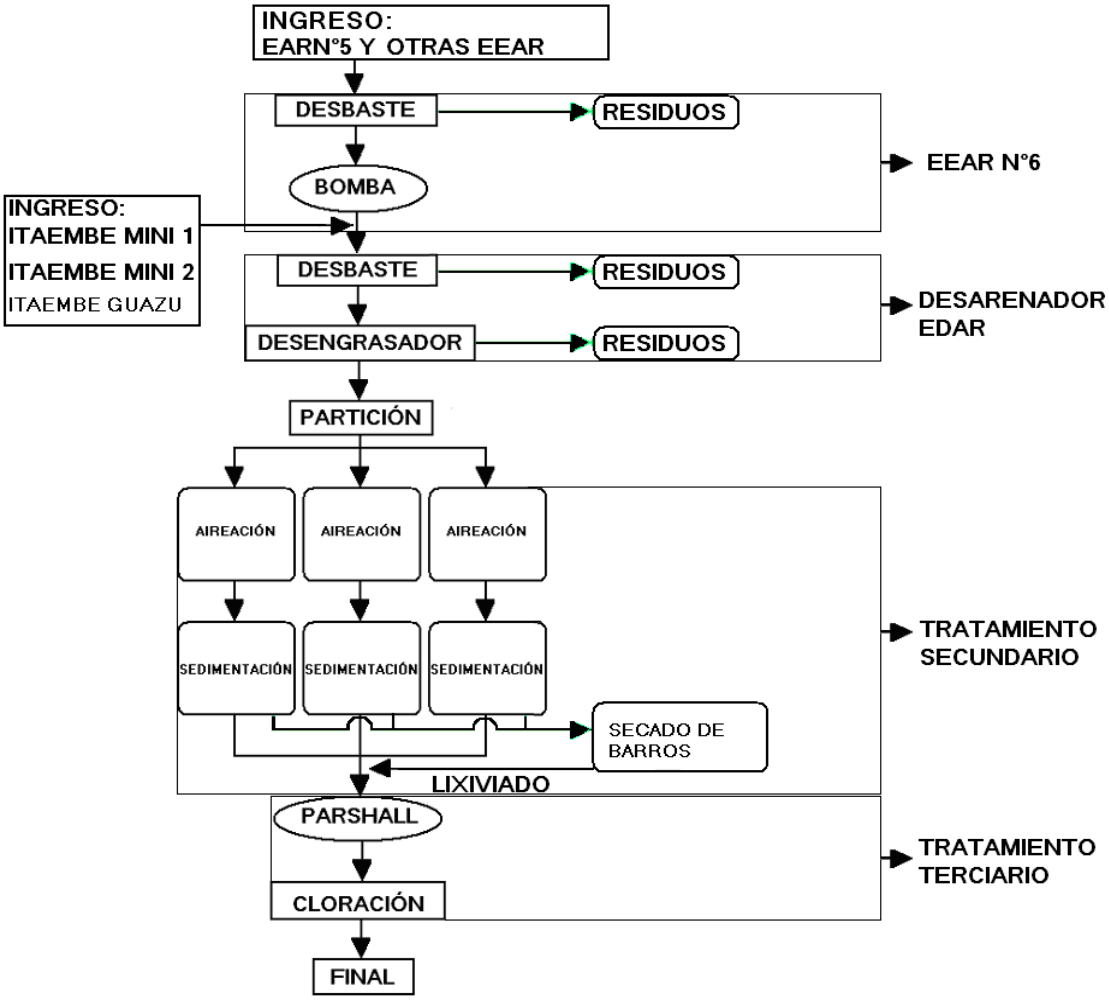
En la Tabla Nº 12 se resumen las distintas etapas del tratamiento y en el Grafico N□ 3 se muestra el diagrama el flujo del proceso de depuración de aguas residuales de la EDAR de la Ciudad de Posadas

.

Tabla N° 12 Etapas del tratamiento de la EDAR-Posadas

	OBJETIVO	OPERACIONES BASICAS	TIPO
Pretratamiento	Eliminación de objetos gruesos, arenas y grasas	Desbaste	Físico
		Desarenado	Físico
		Desengrasado	Físico
Tratamiento Secundario	Eliminación de materia orgánica disuelta y/o coloidal	Degradación bacteriana.	Biológico
		Sedimentación secundaria	Físico
Tratamiento Terciario	Eliminación de materia orgánica residual y microorganismos patógenos	Desinfección	Químico

Grafico N□3: Diagrama de flujo del Proceso de Depuración de la EDAR



3.7.3. TOMA DE MUESTRAS DE BIOSOLIDOS

Para la caracterización fisicoquímica y microbiológica de los lodos almacenados de las playas de secado se procedió a la toma de muestras simples en distintos puntos de las playas y a diferentes profundidades con el propósito de conformar una muestra compuesta que fuera representativa de la condición promedio de los lodos producidos en la EDAR.

El aspecto de la muestra obtenida se puede observar en la Ilustración Fotográfica N□

Ilustración Fotográfica N□3. Muestra de biosolidos de la playa de secado

El procedimiento utilizado para asegurar la representatividad de la muestra, fue el de Cuarteo manual según: Norma Mexicana NMX-AA-15-1985 descrito en la sección de Materiales y Métodos.

En las Ilustraciones Fotográficas N□4, N□5 y N□6 se detalla el procedimiento de cuarteo efectuado.

Ilustración del procedimiento de cuarteo

Ilustración Fotográfica N□ 4

Ilustración Fotográfica N □5

Ilustración Fotográfica N□6

Una vez efectuado el cuarteo final, una parte importante de la muestra obtenida fue reservada para su deshidratación en la playa de secado y posterior compostaje y la otra parte más pequeña se destinó a la caracterización.

Las determinaciones de los parámetros fisicoquímicos se realizaron en una parte de la muestra previamente secadas en estufa a 60 ºC y molida, mientras

que los parámetros microbiológicos se realizaron en muestras húmedas, dentro de un período no mayor a 2 horas luego de su recolección y/o conservadas en refrigeración a 4 ºC.

La toma de muestras de biosólidos estuvieron a cargo de operarios de turno. En total se tomaron 4 muestras de biosólidos de las playas de secado y 4 muestras de biosólidos productos del compostaje, para la cuantificación de los huevos de helmintos.

En la Tabla N°13 se compararon los resultados fisicoquímicos obtenidos en la caracterización de los lodos provenientes de las playas de secado con los límites fijados por la Res. 97/2001 [9].

Tabla N□ 13: Caracterización fisicoquímica de los lodos de las playas de secado

Parámetros	Unidad	LCM(+)	Valor	Res. 97/01
Humedad	%		58,5	
Sólidos Totales	% m/m	0,1	77,7	≥ 20
Sólidos Fijos	% m/m	0,1	18,5	
Sólidos Volátiles	% m/m	0,1	81,5	> 40
Fósforo Total	gP/Kg		5,45	7,11
N.T.K.	gN/Kg		32,3	300-400
pH	u pH	0,01	6,61	6-8
Carbono**	%		47,3	
Relación				
C/N			14,6	

+ Limite de detección

** se determina a partir del valor de la materia orgánica (% C = % M.O./1.724)

Con respecto a las características microbiológicas, en la Tabla N□ 14 se efectúa la comparación de los valores obtenidos en los biosólidos a tratar con los límites fijados por la EPA en su reglamentación

Tabla N° 14 Indicadores de Contaminación Microbiológica

Indicador	Valor	NORMA EPA 40CFR-503
Coliformes totales (NMP/g)	$9,2x10^3$ (*)	
Coliformes fecales (NMP/g)	$2x10^3$	<2.000.000 Clase B < 1000 Clase A
Huevos de helminto Total (HHT/4gr BS)	24	>1 Clase B < 1 Clase A
Huevos de helminto Viables (HHV/4gr BS)	10	

Como puede observarse, tomando en consideración la concentración de CF (NMP/g) el lodo a tratar correspondería a biosólidos clase B, encontrando el valor obtenido muy cercano al límite establecido para la clase A, y muy por debajo de los valores informados para lodos obtenidos en el tratamiento de líquidos residuales domésticos con valores que oscilan para CT entre $2X10^8$ - $4x10^6$ y para CF entre $2X10^6$ - $4x10^4$, registrándose los valores más altos en los tratamientos anaeróbicos. , los huevos de helmintos presentaron valores promedios de 24 HH/4 gr m.s., siendo también valores superiores a los requeridos para Clase A.

En cuanto a la concentración de huevos de helmintos y coliformes fecales, el valor obtenido correspondería a biosólidos clase B, requiriéndose un tratamiento adicional de los barros almacenados en las playas de secado para su uso sin restricción en la agricultura o cualquier otro uso que implique contacto directo.

3.7.4. ENSAYO PRELIMINAR

Atendiendo a las concentraciones de Cu, Hidrocarburos totales y Sulfuros, se decidió modificar el plan de trabajo y realizar un ensayo exploratorio de compostaje a pequeña escala con el propósito de comprobar la factibilidad o viabilidad del proceso.

3.7.5. ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO

Como etapa previa al compostaje se efectuó un tratamiento térmico del biosólido mediante la exposición a la radiación solar con el propósito de evaporar el agua y reducir la humedad.

Con esta finalidad unos 40 litros de lodos extraídos de las playas de secado fueron esparcidos sobre un film de polietileno de alta densidad a fin de facilitar el secado hasta un contenido de humedad compatible con el proceso de compostaje.

Para facilitar el proceso se desmenuzaba los grandes terrones dispersándolos para aumentar el área expuesta a la radiación.

El proceso de acondicionamiento de los biosólidos llevó unos 45 días obteniéndose el producto que se muestra en la Ilustración Fotográfica Nº 7.

Ilustración fotográfica Nº 7: Biosolidos seco

Es importante tener presente que, en lo referente a la efectividad microbiológica, existe una dependencia del contenido de las bacterias indicadoras de la cantidad de agua presente en el lodo. Para una remoción del 92 % de agua, se ha verificado reducción de coliformes fecales de $3.8x10^6$ a 16 NMP por gramo de lodo seco y para Salmonella spp. una reducción de $1.5x10^{13}$ a $1.9x10^3$ NMP por gramo de lodo seco [9].

3.7.6. ENSAYO DE COMPOSTAJE

El lodo de aguas residuales se caracteriza por tener una humedad alta y una relación C/N baja (del orden de 10) que debe ser ajustada a un valor entre 25 y 30 para facilitar el proceso de compostaje.

El método utilizado en este ensayo preliminar para la estabilización del lodo fue el compostaje en pilas con volteo manual. Para preparar la composta, se determinó que la proporción adecuada en volumen es: 1 parte de lodo por 3 partes de material soporte o bulking en función de las experiencias recogidas en el compostaje de lodos de plantas depuradoras de líquidos residuales de origen doméstico [36, 37,38]

El material soporte no solo sirve para proporcionar porosidad y permitir la circulación de aire en el interior de la masa (siendo esta operación, en opinión de algunos expertos, la que diferencia de forma clara los procesos de compostaje de los de digestión aerobia), sino también actúa como en este caso como fuente de carbono suplementaria para las reacciones biológicas, permitiendo ajustar la relación C/N al valor requerido y adecuar la concentración de elementos tóxicos como los metales pesados a valores que posibiliten la estabilización .

El proceso de compostaje se llevó a cabo con una mezcla que consistió de

- 20 L de lodo deshidratado (25 % de la mezcla) [1]
- 50 L de hojas secas trituradas hasta un tamaño entre 1 y 5 cm [2]
- 10 L de una mezcla de chips de madera y paja triturada [2]

El aspecto del material soporte consistente en hojas secas trituradas se puede apreciar en la Ilustración Fotográfica Nº 8 y el de la mezcla a compostar en la Ilustración Fotográfica Nº 9.

[1] Materia prima rica en N
[2] Materia prima rica en C (entre 40:1 a 80:1)

Ilustración fotográfica Nº 8: Material de soporte: hojas trituradas

Ilustración fotográfica N□9: mezcla a compostar

El tamaño de material de soporte es un aspecto muy importante que muchas veces es subestimado. La velocidad con que ocurren las reacciones dentro del proceso de compostaje están en dependencia del tamaño de las partículas del material original, ya que como plantean Pascuali [39](1980) y Corominas y Pérez[40] (1984), mientras más pequeño sea el tamaño de las partículas más rápido es el proceso de descomposición debido a que mayor es la superficie que se encuentra disponible para el ataque de los microorganismos. Si el tamaño de las partículas es muy grande, la superficie de ataque es pequeña y la reacción ocurrirá entonces lentamente o se detendrá, por lo que se recomienda desmenuzar los materiales hasta reducirlos a un tamaño aproximado de 1 a 5 cm, hecho que fue corroborado por la FAO [41] (1991) y MINAZ[42] (1991).

No se efectuó un seguimiento de los parámetros de control tales como pH y T, verificándose solo la humedad mediante el siguiente procedimiento empírico:

1. Se toma con la mano una muestra de material.

2. Cierre la mano y apriete fuertemente el mismo.

3. Si con esta operación verifica que sale un hilo de agua continuo del material, entonces podemos establecer que el material contiene más de un 40% de humedad.

4. Si no se produce un hilo continuo de agua y el material gotea intermitentemente, podemos establecer que su contenido en humedad es cercano al 40%.

5. Sin el material no gotea y cuando abrimos el puño de la mano permanece moldeado, estimamos que la humedad se presenta entre un 20 a 30 %

6. finalmente si abrimos el puño y el material se disgrega, asumimos que el material contiene una humedad inferior al 20 %.

Utilizando este procedimiento se puede ajustar su valor entre 55 y 65 % [43] (JERIS et REGAN), 1973; (PLAT col [44]., 1984). Como es sabido este parámetro ejerce un efecto importante en la población bacteriana en cuanto a su crecimiento y actividad metabólica, siendo el factor a manejar cuando se trata de fabricar compost de forma eficiente (acortando los tiempos del proceso).

Bautista [45] (1983); Biddlestone et al.[46] (1991) y MINAZ[42] (1991) coinciden en que el contenido de humedad óptimo para los ingredientes que se destinan al compostaje es de 50 % a 60 %. FAO[41] (1991) y Mayea [47](1992) plantean que la humedad apropiada para la elaboración del compost debe ser entre 40 % y 60 % y sostienen que, si la humedad decrece por debajo de 40 %, la actividad

microbiana cesa y se detiene el proceso de elaboración, mientras que, si está por encima del 60 %, además de disminuir la temperatura se producirán condiciones anaeróbicas, lo que es respaldado por Frioni[48] (1990) y ANDFIASS [49](1998) al plantear que la humedad de una composta debe estar entre un 60 % y65 %. En el enfriamiento y la maduración, Mayea[47] (1992) plantea, que la composta se debe dejar secar para cosechar con un 30 % de humedad.

El tiempo de compostaje en este ensayo preliminar fue de 160 días, registrándose una reducción en el volumen original del 60 % obteniéndose un producto que luego del tamizado de la mezcla con un tamiz con una abertura de 5 mm. tiene el aspecto que se observa en la Ilustración Fotográfica Nº 10.

Ilustración fotográfica N□ 10: Compost

3.7.7 CARACTERÍSTICAS DEL COMPOST

Para este ensayo de compostaje la calidad del producto final ha sido evaluada en lo que hace al contenido de materia orgánica, NTK, pH, humedad, CT y CF. En la

Tabla 8 se detallan los resultados obtenidos, efectuándose una comparación con los límites establecidos por la FAO [41,] la OMS y USEPA.

En la Tabla 15 se comparan los resultados con las concentraciones para compost obtenidos a partir de lodos generados en plantas de tratamiento de líquidos residuales domésticos en Argentina [1] y Chile [50.]

Tabla 15 Caracterización físico, química y bacteriológica del compost

	Valor medio	FAO(22)	OMS(33)	USEPA 1993 (11)
Humedad %	33 *		30-50	
ST %	41,6*			
SV %	23 *			
MO %	23*	25-80		
NTK (%)	0,98*	0,4-3,5	0,1-1,8	
P Tot (%)		0,1-1,6	0,1-1,7	
pH	5,21*		6-9	
CT (NMP/g ms)	**$9,2x10^3$			
CF(NMP/g ms)	**			< 1000(A)
Salmonella spp.				< 3 NMP/4 g MS
Huevos Helmintos	0,66*			< 1 HH/4 g MS
C(%) **	13,3			
Índice de madurez				
Relación C/N	13,6	15-20		
% reducción de MO	71			≥ 38

** Media geométrica * Media aritmética

** se determina a partir del valor de la materia orgánica (% C = % M.O./1.724)

“Propiedades físicas y químicas de un compost para ser comercializado según OMS” 1995

Los resultados obtenidos para los otros parámetros indican un producto de calidad aceptable con valores medios que satisfacen las reglamentaciones internacionales.

La relación C/N es < 20 y se encuentra dentro del rango informado para los abonos orgánicos más utilizados en la agricultura y es similar al encontrado en el humus de lombriz, el cual varía 10/1-13/1.

Esta baja relación indica que la materia orgánica presente en el producto final, es un material estabilizado y con nivel avanzado de mineralización, lo que evidencia que este residuo es una fuente potencial de nutrientes.

El valor de NTK es relativamente bajo, y el pH es inferior a los valores informados para compost, producto posiblemente de una inadecuada aireación o control de la humedad durante el proceso de compostaje.

La media geométrica para las CF es inferior al límite establecido para biosólidos de CLASE A por lo que el compost obtenido presenta niveles aceptables para ser aplicados sin ningún tipo de restricción en sistemas de producciones agrícolas (USEPA 1993).

El contenido de materia orgánica resultó inferior a los valores informados, debido posiblemente un tiempo de compostaje excesivo como puede inferirse a partir del % de reducción de la materia orgánica (71 %).

El valor medio de HHT/ 4 g MS resulto inferior al establecido para biosólidos de CLASE A por lo que el compost obtenido presenta niveles aceptables para ser aplicados sin ningún tipo de restricción en sistemas de producciones agrícolas según la Norma establecida por la USEPA (1993)

Eficiencias de remoción de HH del compostaje

En el Tabla Nº 16 se detallan los valores obtenidos para las concentraciones de HHT/ 4 g MS y HHV/4g MS en los lodos de las playas de secado (sin compostar) y en los biosolidos compostados

Tabla N□ 16 Concentración de HHT/ 4 g MS y HHV/4g MS en lodos sin compostar (SC) y en los biosolidos compostados (BC)

Indicador	Lodos sin compostar	Biosolidos compostados	Eficiencia Remoción %
HHT/ 4 g MS	14	0,7	95
	28	0,6	97,9
	33	0,8	97,6
	21	0,4	98,1
HHV/ 4 g MS	5	0,2	96,0
	12	0	100,0
	14	0,4	97,1
	10	0	100

En la última columna se presentan las eficiencias de remoción de HHT que variaron entre 95 y 98 % y de HHV que estuvieron entre el 96 y 100 %, lo que representan valores inmejorables.

Identificación de los Parásitos presentes en los lodos de las playas de secado y biosolidos del compostaje.

Los huevos encontrados en mayor número en los lodos de las playas de secado han sido los del genero Ascaris, presentando en los lodos el 45% (10,91 HH/4 gr m.s.) y en los biosolidos del compostaje un 45,75%, equivalentes a de 0,26 HH/ 4gr de m.s.

En segundo lugar, prevalecieron los huevos de uncinaria y en menor porcentajes los demás huevos, algunos en forma ocasional lo cual no quita su importancia en el estudio.

En las tablas siguientes se presentan, las diferentes especies encontradas y cantidades correspondientes.

Tabla N□ 17

CONCENTRACION DE HUEVOS DE HELMINTOS ENCONTRADOS EN LODOS DE LA PLAYA DE SECADO								
PARASITOS	HH/4 gr ms	%	HH/4 gr ms	%	HH/4 gr ms	%	HH/4 gr ms	%
	MUESTRA Nº1		MUESTRA Nº2		MUESTRA Nº3		MUESTRA Nº 4	
Ascaris lumbricoides	5,71	40	13,15	47,22	14,09	43,90	10,72	50,00
Uncinaria spp	5,71	40	6,96	25,00	10,18	31,71	6,13	28,57
Hymenolepis nana	0,71	5	4,64	16,67	7,05	21,95	4,60	21,43
t trichiura	0,71	5	0,77	2,78	0,00	0,00	0,00	0,00
Tenia spp	1,43	10	2,32	8,33	0,78	2,44	0,00	0,00
Total	**14,28**	**100,00**	**27,85**	**100,00**	**32,09**	**100,00**	**21,45**	**100,00**

Tabla N□ 18

CONCENTRACION DE HUEVOS DE HELMINTOS EN BIOSOLIDOS DEL COMPOSTAJE								
PARASITOS	HH/4 gr ms	%	HH/4 gr ms	%	HH/4 gr ms	%	HH/4 gr ms	%
	MUESTRA Nº 1		MUESTRA Nº 2		MUESTRA Nº 3		MUESTRA Nº 4	
Ascaris lumbricoides	0,00	0,00	0,22	33,33	0,43	50,00	0,39	100,00
Uncinaria sp	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	50,00	0,00	0,00
Hymenolepis nana	0,55	75,00	0.43	66,67	0,00	0,00	0,00	0,00
t trichiura	0.18	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tenia sp	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	**0,74**	**100,00**	**11,60**	**100,00**	**0,86**	**100,00**	**0,39**	**100,00**

Con respecto a los huevos de Helmintos viables en la muestra de lodo de la playa de secado también predomino los huevos de Ascaris con un 56% (5,44 HHV/ 4 gr. m.s.), en las muestras de biosolidos del compostaje las cantidades de huevos fueron pocas, prácticamente valores cercanos al cero.

Tabla N□ 19

CONCENTRACION DE HUEVOS VIABLES DE HELMINTOS EN LODOS DE LAS PLAYAS DE SECADO								
PARASITOS	HH/4 gr ms	%	HH/4 gr ms	%	HH/4 gr ms	%	HH/4 gr ms	%
	MUESTRA Nº 1		MUESTRA Nº 2		MUESTRA Nº 3		MUESTRA Nº 4	
Ascaris lumbricoides	3,21	69,23	6,96	60,00	6,26	44,44	5,36	53,85
Uncinaria spp	1,07	23,08	2,32	20,00	5,48	38,89	3,06	30,77
Hymenolepis nana	0,36	7,69	1,55	13,33	2,35	16,67	1,53	15,38
t trichiura		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tenia sp	0,00	0,00	0,77	6,67	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	**4,64**	**100,00**	**11,60**	**100,00**	**14,09**	**100,00**	**9,96**	**100,00**

Tabla N□ 20

CONCENTRACION DE HUEVOS VIABLES DE HELMINTOS BIOSOLIDOS LUEGO DEL COMPOSTAJE								
PARASITOS	HH/4 gr ms	%	HH/4 gr ms	%	HH/4 gr ms	%	HH/4 gr ms	%
	MUESTRA Nº 1		MUESTRA Nº 2		MUESTRA Nº 3		MUESTRA Nº 4	
Ascaris lumbricoides	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	100,00	0,00	0,00
Uncinaria spp	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hymenolepis nana	0.18	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
t trichiura		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tenia sp	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	**0.18**	**100,00**	**0,00**	100,00	**0,43**	**100,00**	**0,00**	**100,00**

Nuestros resultados obtenidos coinciden con la mayoría de los autores, en que el género *Ascaris* es el indicador más adecuado para la inactivación y la eliminación de parásitos en el lodo y las aguas residuales, ya que sus huevos pueden permanecer en los suelos por períodos de hasta siete años bajo

condiciones ambientales adversas y conservan su viabilidad durante meses [52, 53, 54].

La presencia y el número de huevos de helmintos en los biosólidos varían con la tasa de infección predominante en la comunidad y, dado que son resistentes a las condiciones ambientales, pueden seguir siendo infecciosos durante varios años [51]. Johnson, *et al.*, encontraron huevos de *Ascaris suum* en biosólidos después de 29 semanas de almacenamiento[54]. La supervivencia varía considerablemente según factores como la humedad y la temperatura, pero, en general, los huevos son resistentes al ambiente durante largos períodos, tanto que se los considera los microorganismos patógenos más resistentes [51,52,53]

En biosólidos y suelos, hubo entre 3 y 22 huevos de helmintos por 4 g de peso seco, y entre 2 y 12 huevos viables por 4 g de peso seco.

María Claudia Campos, Milena Beltrán, Nancy Fuentes, Gerardo Moreno

Huevos de helmintos como indicadores de contaminación de origen fecal en aguas de riego agrícola, biosólidos, suelos y pastos[54].

7. CONCLUSIOMES

Los resultados obtenidos hasta el momento permiten establecer las siguientes conclusiones:

- La concentración de CF (NMP/g) en el lodo de las playas de secado correspondería a biosólidos clase B, encontrándose el valor obtenido muy cercano al límite establecido para la clase A, y muy por debajo de los valores informados para lodos obtenidos en el tratamiento de líquidos residuales domésticos con valores que oscilan para CT entre $2X10^8$ - $4x10^6$ y para CF entre $2X10^6$ - $4x10^4$.
- En esos mismos lodos en cuanto a la concentración de huevos de helminto, el valor obtenido correspondería a biosólidos clase B, requiriéndose un tratamiento adicional de los barros almacenados en las

playas de secado para su uso sin restricción en la agricultura o cualquier otro uso que implique contacto directo

- Para el compost la media geométrica para las CF y la media aritmética del número de huevos de helmintos son inferiores a los límites establecidos para biosólido de CLASE A por lo que el compost obtenido puede ser aplicados sin restricciones tanto en la agricultura como en el uso urbano que implique el contacto directo con el público.
- La relación C/N es < 20 y se encuentra dentro del rango informado para los abonos orgánicos más utilizados en la agricultura y es similar al encontrado en el humus de lombriz, el cual varía 10/1-13/1.Esta baja relación indica que la materia orgánica presente en el producto final, es un material estabilizado y con nivel avanzado de mineralización, lo que evidencia que este residuo es una fuente potencial de nutrientes.

- El valor de NTK está en el orden de los valores informados para compost obtenidos a partir de biosólidos generados en las EDAR

- El contenido de materia orgánica resultó muy próximo a los valores informados, registrándose un % de reducción de la materia orgánica entre un 43 y 46 % superior al piso de 40 %.

- Los parámetros que hacen a las características agronómicas del compost (Materia orgánica, P total, N Total) se ajustan a los valores obtenidos en otras experiencias.

- El aspecto del compost obtenido corresponde a un producto de color oscuro, granulado, friable con olor a tierra húmeda y que no atrae vectores (inodoro)

- Las eficiencias de remoción de HHT que variaron entre 95 y 98 % y de HHV que estuvieron entre el 96 y 100 %, lo que representan valores inmejorables.

Recomendaciones

La presencia de huevos de helmintos en los lodos sin compostar confirmó el riesgo sanitario de su utilización que implique contacto directo o para la producción de alimentos que se consumen crudos, por lo cual es importante su control e inclusión en las normas sobre el uso de biosólidos en la agricultura en general y en las huertas familiares en particular.

BIBLIOGRAFIA

1. Mazzarino MJ, Satti P, Laos F, Roselli L, y col. Compostaje de biosolidos:

12 años de la Planta de Bariloche. En: Mazzarino MJ, Satti P, editores. Compostaje en Argentina: Experiencia de producción, calidad y uso. 1er ed. Rio Negro (Argentina) Orientación grafica Editora; 2012. p 99-123.

2. Sorriquiera A. “Aguas residuales: reuso y tratamiento. Lagunas de estabilización: una opción para Latinoamérica. 2004. [fecha de acceso 19 de mayo 2015] http://www.fbioyf.unr.edu.ar/evirtual/pluginfile.php/2784/mod_resource/content/0/2_Aguas_residuales_protegido_.pdf

3.Strauss M. “Reuso de aguas servidas: Implicaciones para la salud. Seminario taller saneamiento básico y sostenibilidad.” Cali, Colombia 1998. 4-12.

4.Ortiz Pineda C. Prevalencia de huevos de helmintos en lodos, Agua residual cruda y tratada, provenientes de un sistema de tratamiento de aguas residuales del municipio El Rosal. [Tesis magister] .Cundinamarca: Universidad Nacional de Colombia .Facultad de Ciencias Bogotá; 2010.

5. Gamboa M I, Zonta L, Navone G T. Parásitos intestinales y pobreza: la vulnerabilidad de los más carenciados en la Argentina de un mundo globalizado. J. Selva Andina Res. Soc. [Internet]. 2010 [citado 2018 Nov 13]; 1(1): 23-37. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942010000100004&lng=es.

6. Méndez N, Zacharzewski C, Guastavino M, Zapata P, Sprang M. Prevalencia de las Enteroparasitosis al Ingreso Escolar en la Ciudad de Posadas- Pcia. De Misione. Revista Asoc. Bioquímica Argentina 1997; 58 (2)

7. Laos F. Mazzarino MJ, Satti P. Aspectos legales del uso de Residuos orgánicos En: Mazzarino MJ, Satti P, editores. Compostaje en Argentina: Experiencia de producción, calidad y uso. 1er ed. Rio Negro (Argentina) Orientación grafica Editora; 2012. p 55-66.

8. Mazzarino M J. De los residuos a recursos: el otro camino de los desechos orgánicos urbanos. Estudio de caso: compostaje de lodos cloacales en Bariloche. En: IV Congreso Internacional de Ingeniería Civil. Colombia: Univ. S. Tomas. Tunja; 2012. 14pp. ISBN 978-958-8561-61-S

9. Reglamento para el Manejo Sustentable de Barros Generados en Plantas de Tratamiento de Efluentes Líquidos, Resolución 97/2001□en línea□. Argentina: SECRETARIA DE DESARROLLO SUSTENTABLE Y POLITICA AMBIENTAL del MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL Y MEDIO AMBIENTE; 2001. □fecha de acceso 20 de septiembre de 2016□. Disponible en: http://mepriv.mecon.gov.ar/Normas/97-01.htm

10. García M, Von Specht M, Novak P, González A G, Henzel E V. Detección y Prevención de Parásitos en aguas y alimentos. Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales. PROYECTOS PROFAE 2015

11. González Granados IC. Generación, caracterización y tratamiento de lodos de EDAR. □Tesis doctoral□. Córdoba: Universidad de Córdoba. Facultad de Ciencias; 2015.

12. Campos Medina E, García Rojas N, Velásquez Rodríguez A, García Fabila m. análisis básico del reuso de lodos residuales de una planta de tratamiento

de aguas residuales en suelos de pradera del parque nacional nevado de Toluca. (Mex) 2009; 11(2): 35-51

13.Valdez EC, Vázquez González AB, editores. Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales. Vol. 1. México: Fundación ICA; 2003.e

14. Piris da Motta, M.R.; Galeano, R.; Wimmer, L. “Caracterización y tratamiento sustentable de biosólidos con problemas para su uso o disposición” Revista Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Nº 130- septiembre- octubre 2017-75-80

15. Zucconi, F.; de Bertolfi, M. (1987). Compost specification for the production and characterizacion of compost from municipal solid waste. En: de Bertoldi, M., Ferranti, M.P., Hermite, P.L. y Zucconi, F. (Eds). Compost: Production, Quality and Use. Elsevier Applied Science Publishers, Barking. Pag 30.

16. Amador - Díaz, A, Veliz - Lorenzo, E, Bataller - Venta, M. Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones. Revista CENIC. Ciencias Químicas [Internet]. 2015; 46:1-10. Recuperado de: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181642434003

17. González Granados IC. Generación, caracterización y tratamiento de lodos de EDAR. [Tesis doctoral] .Córdoba: Universidad de Córdoba .Facultad de Ciencias ; 2015.

18. Limón Macías JG. LOS LODOS DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ¿PROBLEMA O RECURSO? [Especialidad: Ingeniería Química] .Guadalajara, Jalisco.2010

19. Semenas L. Patógenos en residuos orgánicos. En: Mazzarino MJ, Satti P, editores. Compostaje en Argentina: Experiencia de producción, calidad y uso. 1er ed. Rio Negro (Argentina) Orientación grafica Editora; 2012. p 29-49.

20.Lopez Páez MC, Corredor Arjona A, Nicholls Orejuela RS, Calderón CA, Álvarez Moreno CA, Cáceres Vera E, Duque Beltrán S. Atlas de Parasitología. Colombia. Editorial El manual Moderno Colombia Ltda.; 2006.

21.Cordero del Campillo M, Rojo Vázquez FA, Martínez Fernández AR, Sánchez Acedo MC, y col. M. Parasitología General. España. Editorial McGRAW-HILL- INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U. 2007.

22. Prieto-Péreza L., Pérez Tanoira R., Cabello Úbeda C., Petkova Saiza E.,

Hernández Moraa M., Formación médica continuada: Salud Internacional y atención al viajero: Geohelmintos. Enferm Infecc Microbiol Clin. (Esp) 2016;34(6):384–389. www.elsevier.es/eimc

23. Martínez Muro J L, Nieto VM, López Valero A E, Morenilla Martínez JJ y col. Efecto de los métodos de deshidratación de lodos de depuradora sobre la presencia de huevos de helmintos. Presencia y viabilidad en plantas de compostaje. Valencia. 2004.

24.GEOHELMINTIOSIS EN LA REPUBLICA ARGENTINA. Enfermedades por nematodos transmitidos por la tierra. Programa Nacional de desparasitacion masiva. Altcheh J, y col. 2007. http://186.33.221.24/medicamentos//files/modulo_geohelimnt_baja.pdf.

25. Gamboa MI, Kozubsky LE, Costas ME, Garraza M, Cardozo MI, Susevich ML, et al. Asociación entre geohelmintos y condiciones socioambientales en diferentes poblaciones humanas de Argentina. Rev Panam Salud Publica. 2009;26(1):1–8.

26. Navone GT, Zonta ML, Cociancic P, Garraza M, Gamboa MI, Giambelluca LA, et al. Estudio transversal de las parasitosis intestinales en poblaciones infantiles de Argentina. Rev Panam Salud Publica.2017, 41: e24

27 Socías M E, Fernández A, Gil J F, Krolewiecki Al J. Geohelmintiasis en la Argentina: Una revisión sistemática. Medicina (B. Aires) [Internet]. 2014 Feb [citado 2018 Dic 11]; 74(1): 29-36. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802014000100005&lng=es.

28. G. Navone GT, Gamboa MI, Oyhenart EE, Orden A B. Parasitosis intestinales en poblaciones Mbyá-Guaraní de la Provincia de Misiones, Argentina: aspectos epidemiológicos y nutricionales. Rev. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro. 2006, 22(5):1089-1100.

29. Lavado R. Origen del compost, proceso de compostaje y potencialidad de uso. En: Mazzarino MJ, Satti P, editores. Compostaje en Argentina: Experiencia de producción, calidad y uso. 1er ed. Rio Negro (Argentina) Orientación grafica Editora; 2012. p 3-28.

30. Peralta E, González R, Von Haeften G, Comino A P, y col. El compostaje aplicado a los barros cloacales primarios de la ciudad de Mar del Plata. En: Mazzarino MJ, Satti P, editores. Compostaje en Argentina: Experiencia de producción, calidad y uso. 1er ed. Rio Negro (Argentina) Orientación grafica Editora; 2012. p 107-123.

31. TORRES P, PÉREZ A, ESCOBAR J C, URIBE I y col. COMPOSTAJE DE BIOSÓLIDOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE ÁGUAS RESIDUALES. Rev. Eng. Agríc., Jaboticabal,2007. v.27, n.1, p.267-275.

http://www.scielo.br/pdf/eagri/v27n1/21

32. Norma Oficial Mexicana NOM-004–SEMARNAT–2002. Protección ambiental

Lodos y biosólidos – Especificaciones y límites máximos permisibles de Contaminantes para su aprovechamientos y disposición final.

33. American Public Health Association – “Standard Methods for the examination of Water and Wastewater”. 20th Edition – (1998).

34. RICHARD, T. Moisture and Carbon/Nitrogen Ratio Calculation Spreadsheet. Department of Agricultural and Biological Engineering, Cornell University.

Cornell Composting web site: http://www.cals.cornell.edu/dept/compost/

35. RICHARD, T. Moisture and Carbon/Nitrogen Ratio Calculation Spreadsheet. Department of Agricultural and Biological Engineering, Cornell University.

36. Sztern, D.; Pravia, M. Manual para la elaboración de compost. Bases Conceptuales y Procedimientos. OPS/HEP/HES/URU/02.99.Oficina de Planeamiento y Presupuestos. Unidad de desarrollo Municipal. Presidencia de la República .1999

37. Vento Pérez, Mirna del Pilar. Estudio sobre la preparación de compost estático y su calidad. Tesis en opción al Título de Master en Fertilidad del Suelo. Instituto de Suelos. Universidad de Camaguey. Cuba.2000.

38. Fontalva Aedo, Claudia Andrea; Santander Andrade Pamela Esmeralda. Estudio de gestión de compostaje como Alternativa a la disposición de lodos residuales. Trabajo para obtener el Título de Ingeniero Civil Geógrafo. Facultad de Ingeniería Geográfica.
Universidad de Chile. 2001.

39. Pascuali. 1980. El reciclaje de la materia orgánica en la agricultura de América. FAO. p. 15 –17.

40. Corominas, E. y M. L. Pérez. 1994. Compost: elaboración y características. Agrícola Vergel. Año XIII. No. 146: 88 – 94.

41. FAO. 1991. Manejo del suelo. Producción y uso del compost en ambientes tropicales y subtropicales. Roma. 312 pp.

42. MINAZ. 1991. Instructivo para la elaboración de compost a partir de la agroindustria azucarera. ICIDCA. Dirección de agrotecnia. La Habana. 40 pp.

43. JERRIS, J. S.; REGAN, R. W. Controlling environmental parameters for optimo composting III; pH, nutrients, storage and paper content. Compost Science. V. 14, n.3, p. 16-22, 1973.

44. PLAT, J. Y.; SAYAG, D.; ANDRE, L. High rate composting of wool industry wastes. Biocycle, v.25, n.2, p. 39-42, 1984.

45.Bautista, O. K. 1983. Introducction to tropical Horticulture. p. 205 – 206.

46. Biddlestone, A. J.; K. R. Gray. y K. Thurairajan. 1991. Manejo del suelo. Producción y uso del compost en ambientes tropicales y subtropicales. U. de Birmmgham. Reino Unido. p. 3 – 10.

47. Mayea, S. S. 1992. Tecnología para la producción de compost (biotierra) a partir de la inoculación con microorganismos de diversos restos vegetales. CIDA. MINAGRI. La Habana. 22 pp.

48. Frioni, L. 1990. Ecología Microbiana del Suelo. Departamento de Publicaciones de la Universidad de la República. Montevideo. p. 519.

49. ANDFIASS, AC. 1998. ¿Cómo elaborar una composta? Fertilización alternativa. México. p. 1 – 10.

50. Fontalva Aedo, Claudia Andrea; Santander Andrade Pamela Esmeralda. Estudio de gestión de compostaje como Alternativa a la disposición de lodos residuales. Trabajo para obtener el Título de Ingeniero Civil Geógrafo. Facultad de Ingeniería Geográfica. Universidad de Chile. 2001.

51. Jiménez B. Helminth ova removal from wastewater for agriculture and aquaculture reuse. Water Sci Technol. 2007; 55:485-93.

52. Maya C, Torner F, Lucario E, Hernández E, Jiménez B. Viability of six species of larval and non-larval helminth eggs for different conditions of temperature, pH and dryness. Water Res. 2012; 46:4770-82. https://doi.org/10.1016/j.watres. 2012.06.014

53. Sengupta M, Andersen T, Dalsgaard A, Olsen A, Thamsborg S. Resuspension and settling of helmint eggs in water: Interactions with cohesive sediments. Water Res. 2012; 46:3903-12. https://doi.org/10.1016/j.watres.2012. 04.033

54 Huevos de helmintos como indicadores de contaminación de origen fecal en aguas de riego agrícola, biosólidos, suelos y pastos Campos MC, Beltrán M, Fuentes N, Moreno G Biomédica 2018;38:42-53 doi: https://doi.org/10.7705/biomedica.v38i0.3352