



Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí

Facultad Ciencias del Mar

Tesis de grado

**Previo a la obtención del título de
Bioquímico en Actividades Pesqueras.**

TEMA

**“TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UTILIZANDO BEC 106,
Genzyme 4X F GT EN LA EMPRESA ACQUITERMI S.A MONTECRISTI
MANABÍ 2012”**

AUTOR

*Adrián Patricio Montalván Castillo
Diana Elizabeth Veliz Vélez*

Director de tesis

Blga. Sandra Solórzano Barcia

MANTA - MANABI - ECUADOR

2013

DERECHO DE AUTORÍA

Diana Elizabeth Veliz Vélez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría que no ha sido previamente presentado por ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las r referencias bibliográficas que se incluyen en este documento

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la facultad “ciencias del mar” de la universidad laica Eloy Alfaro de Manabí, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual y su reglamento

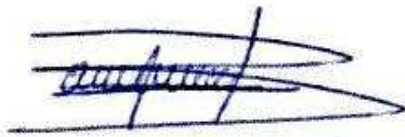
Diana Elizabeth Veliz Vélez.

Adrian Patricio Montalvan Castillo

CERTIFICACIÓN DE TUTORÍA

Blga. SANDRA SOLÓRZANO BARCIA

Tratamiento de agua residuales utilizando BEC 106, Genzyme 4x f GT en la empresa ACQUTERMI s.a. Montecristi Manabí 2012” que ha sido desarrollada por diana Elizabeth Veliz Vélez previo a la obtención del título de bioquímica en actividades pesqueras de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACION DE TESIS DE GRADO TERCER NIVEL** de la universidad laica Eloy Alfaro de Manabí .U.L.E.A.M



Blga. Sandra Solórzano Barcia

Tutor

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declara que han APROBADO la tesis Tratamiento de agua residuales utilizando BEC 106, Genzyme 4x f GT en la empresa ACQUTERMI s.a. Montecristi Manabí 2012” ha sido propuesta y desarrollada y sustentada por DIANA ELIZABETH VELIZ VELEZ, previo a la obtención del título de bioquímico en actividades pesqueras, de acuerdo al REGLAMENTO PARA LA ELABORACION DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL de la universidad laica Eloy Alfaro De Manabí. U.L.E.A.M.

Luis Ayala castro
Decano

Blga. Sandra Solórzano Barcia
Director de Tesis

Ing. Miguel Zambrano Reyes
Miembro principal

Blgo. Jaime David Sánchez Moreira
Miembro principal

DEDICATORIA

Está dedicada a mi señora madre Eva Vélez Murillo, por ser parte fundamental y por forma parte de este proceso en mi vida y por estar siempre en las buenas y malas conmigo apoyándome sin ella no hubiese podido llevar a cabo este logro

A mi hijo Stalin Veliz Vélez por ser mi inspiración en esta lucha, por darme fuerza para poder subsistir y no renunciar y mi hermana Adriana Vélez

A mi familia, tíos Alberto Vélez, Raúl Vélez q siempre estuvieron apoyándome y no me dejaron sola

A dios padre todo poderoso q nunca me fallo y no me abandono y q siempre lo tengo presente en vida amen

A mi gran amiga Alexandra Loor Saltos q a pesar de las barrera siempre terminamos unidas

Agradezco a mi compañero sentimental que me ha apoyado incondicionalmente Fredy Benítez Moreira.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Licenciada María Lina Cevallos por motivarme y luchar, por sus consejos de seguir adelante y porque siempre estuvo apoyándome y no dejó que renunciara

Al doctor Luis Alfonso Ayala Castro, por todo su apoyo incondicional.

A mi directora de tesis Blga. Sandra Solórzano, Blgo. Juan Pablo Napa a mi querido amigo Rafael gracias.

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mi Padres al Sr. Ángel Montalván y a la Lcda. Monserrate Castillo por todo su esfuerzo apoyo y sacrificio que hoy da sus frutos

Adrián Montalván Castillo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a mis Padres.

Adrián Montalván Castillo

INDICE

Contenido

GLOSARIO.....	XI
RESUMEN	XIII
SUMARY	XIV
I. ANTECEDENTES HISTÓRICOS	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
III. JUSTIFICACIÓN.....	3
IV. VIABILIDAD.....	4
V. OBJETIVOS	4
• OBJETIVO GENERAL.....	4
• OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1. INTRODUCCIÓN	6
CAPITULO I. MARCO TEORICO	8
1.1.- TRATAMIENTOS ESPECÍFICOS.....	8
1.2.- DESINFECCIÓN	8
1.3.- DEPURACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	8
1.4.- TRATAMIENTO DE LAS AGUAS NEGRAS	8
1.4.1.- TRATAMIENTO PRELIMINAR (PRE TRATAMIENTO).....	8
1.5.- TAMIZADO.....	9
1.6.- HOMOGENEIZACIÓN.....	10
1.7.- DIFICULTADES EN LA HOMOGENEIZACIÓN SEGÚN EL VOLUMEN DE PRODUCCIÓN.....	11
1.7.1.-	11
1.7.2.- TRATAMIENTO PRIMARIO	12
1.7.3.- SEDIMENTACIÓN. TANQUES DE DECANTACIÓN.....	12
1.7.4.- FLOTACIÓN	14
1.7.5.- FLOCULACIÓN.....	15
1.7.6.- TRATAMIENTO SECUNDARIO	16
1.7.7.- TRATAMIENTO TERCIARIO	17
1.7.7.1.- FILTRACIÓN	17
1.7.7.2.- ÓSMOSIS INVERSA.....	18
1.7.7.3.- ADSORCIÓN.....	18
1.7.7.4.- INTERCAMBIO IÓNICO	19

1.7.7.5.- PRECIPITACIÓN QUÍMICA	19
CAPITULO II. DIAGRAMA DE FLUJOS	22
.....	22
2.1.- ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA	23
2.3.- FLUJOGRAMA AREA DE MATENIMIENTO	24
2.4.- DIAGRAMA DEL PROCESO DE CONGELACION	25
CAPITULO III. MATERIALES	26
3.1.- LODO BIOLÓGICO	26
3.2.- MATERIAL ESTRUCTURANTE	26
3.3.- METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	26
3.3.1.- CARACTERIZACIÓN DEL TRATAMIENTO BIOLÓGICO	26
3.3.2.- CARACTERIZACIÓN MATERIAL ESTRUCTURANTE	26
3.4.- DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PILAS DE COMPOSTAJE	27
3.4.1.- MANEJO Y OPERACIÓN DEL PROCESO DE COMPOSTAJE	27
3.4.2.- VARIABLES ANALIZADAS	27
3.4.3.- PROTOCOLO DE MUESTREO	27
3.5.- ANÁLISIS DEL SITIO	29
3.7.- METODOLOGÍA ANALÍTICA	30
3.7.1.- SÓLIDOS TOTALES Y HUMEDAD	30
3.7.2.- MATERIA ORGÁNICA (SÓLIDOS VOLÁTILES)	31
CAPITULO IV. RESULTADOS	32
4.1.- CARACTERIZACIÓN DE LODO BIOLÓGICO	32
CAPITULO V. CONCLUSIONES	34
CAPITULO VI. RECOMENDACIONES	35
BIBLIOGRAFÍA	36
WEBGRAFÍA	49
ANEXOS	50
.....	55
.....	56
.....	57

GLOSARIO

AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES: Las aguas residuales pueden definirse como el conjunto de aguas que lleva elementos extraños, bien por causas naturales, bien provocadas de forma directa o indirecta por la actividad humana. APRENDER. BuenasTareas.com. (2013, 12), Recuperado de <http://www.buenastareas.com/ensayos/Aprender/45444439.html>)

ANÓXICOS: Un ambiente anóxico es aquel que carece de oxígeno. En el medio acuático, la contaminación por sustancias orgánicas favorece un intenso crecimiento bacteriano que consume el oxígeno disuelto en el agua. anoxico, <http://es.cyclopaedia.net/wiki/Anoxicos-1>, recuperado de <http://es.cyclopaedia.net/wiki/Anoxicos->

ENFERMEDADES ENTÉRICAS: Las enfermedades entéricas usualmente se presentan por falta de higiene en las personas, especialmente el lavado de las manos, poca higiene de los alimentos, en su almacenamiento, preparación y consumo y los contaminantes del medio ambiente, del agua y de la disposición de las excretas. La susceptibilidad a la infección se debe a factores dependientes del huésped y de los microorganismos. (Juan Sergio Pedraza de León(2010) recuperado de <http://www.slideshare.net/juansergio/enfermedades-entricas>).

ENMIENDA DE SUELOS: Es el aporte de un producto fertilizante o de materiales destinados a mejorar la calidad de los suelos (en términos de estructura y composición, ajustando sus nutrientes, su pH (acidez o basicidad)). (Recuperado <http://www.slideshare.net/juansergio/enfermedades-entricas>)

FITOSANITARIOS: Son aquellos preparados a base de plantas y sustancias naturales para combatir plagas y enfermedades, controlar insectos y caracoles o potenciar y vigorizar cosechas en horticultura y agricultura. (Recuperado, <http://significado.de/fitosanitaria>)

FITOTÓXICO: Fenómeno que se produce cuando un elemento necesario o extraño al vegetal penetra en el mismo en mayor proporción de la admitida

para cada especie vegetal, ocasionando alteraciones o enfermedades.
(Recuperado de <http://es.wikipedia.org/wiki/Floculaci%C3%B3n>)

MATERIA COLOIDAL: Son responsables de la turbidez o del color del agua superficial. Debido a su muy baja sedimentación la mejor manera de eliminarlos es por los procesos de coagulación-floculación. (Recuperado de <http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20071120040207AAiby1W>)

OXIDACIÓN ANÓDICA: Se da cuando el oxígeno es transferido desde el disolvente (agua) a los productos que deben oxidarse. Diuréticos Ángel, Recuperado de <http://diureticos.wikispaces.com/po>

OXIDACIÓN CATALÍTICA: Existen unas sustancias, denominadas catalizadores, que tienen la propiedad de acelerar la reacción de oxidación de los compuestos orgánicos volátiles a temperaturas relativamente bajas, generalmente entre 250 y 350° C, sin experimentar un cambio químico. Diuréticos Ángel, Recuperado de <http://diureticos.wikispaces.com/po>

OXÍMETRO: El oxímetro es el instrumento utilizado para la obtención de la cantidad de oxígeno disuelto en los líquidos. Normalmente se utilizan dos rangos de medición: partes por millón (ppm); o porcentaje de saturación (%). La determinación de la cantidad de oxígeno disuelto se hace necesaria porque constituye un indicador de la calidad del agua, por ejemplo, en el control de las aguas residuales civiles e industriales donde las concentraciones bajas de este parámetro son un signo de contaminación.

Condiciones En Las Que Apareció La Vida. (2012),
<http://www.buenastareas.com/ensayos/Condiciones-En-Las-Que-Aparecio-La/6062086.html>

POLÍMEROS NATURALES: Son todos aquellos que provienen de los seres vivos, y por lo tanto, dentro de la naturaleza podemos encontrar una gran diversidad de ellos. Las proteínas, los polisacáridos, los ácidos nucleicos son todos polímeros naturales que cumplen funciones vitales en los organismos y por tanto se les llama biopolímeros. Clasificación de polimeros (2008), recuperado de <http://polimerosquimicos.blogspot.com/2008/03/clasificacin-de-los-polmeros.html>

RESINAS: La resina es una secreción orgánica que producen muchas plantas, particularmente los árboles del tipo conífera. Es muy valorada por sus propiedades químicas y sus usos.

REUTILIZACIÓN: Proceso mediante el cual se aprovecha algún bien que ya ha sido utilizado pero que aún puede ser empleado en alguna actividad secundaria. Reutilizar recuperado de <https://es.m.wikipedia.org/wiki/Reutilizar>.

RESUMEN

La Empresa ACQUITERMI S.A. produce al año unas 45 mil litros de aguas residuales las cuales sin su debido tratamiento. Estos lodos pueden generar graves problemas ambientales debido a que la elevada cantidad de materia orgánica que poseen (cerca al 65%) es fácilmente putrescible, provocando con esto la atracción de vectores y la emisión de olores desagradables. Además, la inadecuada disposición y manipulación de los lodos producto del sustrato puede causar enfermedades infecciosas. Recursos naturales recuperado de http://www.doctoradornn.ufro.cl/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=38&tmpl=component&format=raw&Itemid=

Por lo anterior es necesario someter a las aguas residuales a un proceso de estabilización por medio de bacterias que actúen eliminando microorganismo patógenos en el agua. Este trabajo evaluó la eficiencia del tratamiento de las mismas a escala industrial en la higienización y estabilización de las aguas en sus diferentes etapas primarias, secundarias y terciarias mediante la técnica de tratamiento con bacterias **BEC 106, Genzyme 4X F GT**. Para ello se construyeron 4 cisternas de 5 tanques cada una respectivamente en las cuales pasan el agua en cada una de las diferentes etapas de tratamiento. Los resultados obtenidos en este estudio confirman que el tratamiento por medio de la bacteria **BEC 106, Genzyme 4X F GT** es una solución real al tratamiento de aguas residuales, una vez que el material ha sido higienizado y estabilizado puede ser dispuesto sin peligro en un relleno sanitario cumpliendo con las exigencias normativas y necesidades de la

SUMARY

The Company ACQUITERMI S.A. annually produces about 45,000 liters of wastewater which without proper treatment.

This sludge can cause serious environmental problems due to the high amount of organic matter that have (nearly 65%) is readily putrescible, causing the attraction with this vector and unpleasant odor. Furthermore, improper handling and disposal of sludge product from substrate may cause infectious diseases.

Therefore it is necessary to subject the effluent to a stabilization process by means of bacteria pathogenic microorganism acting on eliminating water.

This study evaluated the efficiency of treating them on an industrial scale in the sanitization and stabilization of water at different stages primary, secondary and tertiary treatment technique using battery BEC 106, Genzyme 4X F GT. This tank is constructed 5 4 tanks each of which pass respectively in the water in each of the different treatment steps.

The results obtained in this study confirm that the treatment by the bacterium BEC 106, GT F 4X Genzyme is a real solution to the waste water treatment, once the material has been sanitized and stabilized can be safely disposed of in a landfill health meeting regulatory requirements and business needs and the corresponding ministry.

I. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

ACQUITERMI S.A. ubicada en el sector: Ciudadela Leónidas Proaño Vía Manta Montecristi Km 4.5; la cual cuenta con una instalación que posee las condiciones adecuada para un correcto funcionamiento de su actividad, la empresa inicia sus actividades económicas el 08 de Noviembre de 2006 su Representante Legal es la señora CORRAL DAZA MARIA FERNANDA. La principal actividad económica actual es el SERVICIO DE CONGELAMIENTO DE PRODUCTOS DE LA PESCA.

El inmueble destinado a este tipo de actividad dispone de un galpón cerrado de cemento armado y ladrillo sami cubierto con techo de estructura metálica en un área de 2.990,70 m² (50,34 m x 59,41 m).

En el inmueble se encuentran dos frigoríficos destinados para almacenar y congelar el pescado fresco de diferentes especies con una capacidad de 750 m³ y 1.465.29 m³ respectivamente, el servicio de congelamiento se lo proporciona a los armadores artesanales y pequeños empresarios de la región Manabita.

Con este antecedente puede deducirse que la empresa "ACQUITERMI S.A.", es un generador de desechos líquidos (Aguas Residuales) y que en determinado momento pueden ser importantes y significativos de no tener un respectivo tratamiento de las mismas que le permita controlar su generación, recaudación y eliminación sistemática evitando impactos ambientales negativos imprevistos y potenciales.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las aguas residuales generadas por el congelamiento y limpieza de productos alimenticios del mar, constituyen un efecto inevitable, estas suelen producir impactos negativos significativos al medio ambiente y sus componentes físico y biótico, inclusive al social, afectando al suelo, al aire, a la forestación, y a las comunidades cercanas o alrededor del foco de generación de la contaminación. En este sentido, el concepto de tratamiento de aguas residuales industriales, como parte integral del análisis de los procesos bajo el enfoque de prevención de la contaminación en la fuente que lo provoca, es el principio rector que contribuye a la creación de programas que favorecen directamente a los sectores productivos, todo ello enmarcado en el mejoramiento de la competitividad, ligado al cuidado que debe otorgársele al ambiente. *Repositorio de la escuela superior politécnica de litoral recuperado de http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5851/3/TRATAMIENTO_AGUAS_RESIDUALES.pdf*

ACQUITERMI S.A. se encuentra ubicada en el cantón Montecristi, de cuyas instalaciones salen aguas residuales industriales, que pueden ser aprovechadas para la reutilización de regío forestal una extensión de tierra, con la finalidad de obtener plantas forestales saludables y vigorosas, que no presenten problemas fitosanitarios con la utilización de esta agua para el riego.

III. JUSTIFICACIÓN

El tratamiento de aguas residuales industriales es más rentable que el control de la contaminación, la reducción al mínimo o la prevención de la contaminación de los efluentes líquidos, reducen los costos de tratamiento y elimina de manera continua los residuos nocivos para el ambiente, evitando su generación y reduciendo las pérdidas en los procesos lo que incrementa la eficiencia de los procesos caracterizándose por: dirigirse hacia la prevención, es decir reduce la cantidad y la toxicidad de los desechos directamente en la fuente de su generación; utiliza energía, materias primas de manera más eficiente. *Repositorio de la escuela superior politécnica de litoral recuperado de http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5851/3/TRATAMIENTO_AGUAS_RESIDUALES.pdf*

En este caso al no existir un medio de evacuación técnico o natural de estas aguas residuales hacia el exterior, se hace necesario e imprescriptible el tratamiento interno físico y biológico previo de estas aguas residuales, así como de su aprovechamiento total y efectivo en la misma naturaleza y en su poder natural de asimilación.

El tratamiento técnico previo mediante un sistema físico y biológico de las aguas residuales, para generar aguas con características naturales apropiadas, que puedan ser usadas en regadíos inducidos en el cultivo diversificado de una plantío propiedad de la empresa, aprovechando los nutrientes orgánicos y minerales que disponen estas aguas al ser regulada su carga contaminante.

Con este antecedente el presente estudio se dispone a presentar un sistema de gestión ambiental aplicable, que sin lugar a dudas será una alternativa efectiva por ser económica y viable para los directivos de esta Compañía, justificando así el tratamiento científico y académico del presente estudio.

Los beneficiarios vienen a ser todas las personas que laboran en ACQUITERMI S.A., así como los habitantes de la zona aledaña a la empresa, por cuanto se está llevando adelante una acción de preservar el entorno que circunscribe a la empresa.

IV. VIABILIDAD

Las aguas residuales generadas en las plantas de congelación son contaminantes de observación continua y sancionable por parte de los organismos de control tanto municipales, seccionales y nacionales como el Ministerio del Ambiente, más aún si estas fuesen a parar a efluentes de agua dulce o marina (río o el mar) con cargas contaminantes no permisibles. Esta infracción ha obligado a muchas industrias a entrar en un proceso de entendimiento y aceptación de un conjunto de leyes y normas puntuales desde la Constitución hasta leyes especiales como la Ley de Gestión Ambiental y ordenanzas municipales que obligan o precautelar el cuidado ambiental, motivados por un principio penal “el que contamina paga”.

Los directivos de estas Compañías hoy se preparan capacitando o contratando personal con conocimientos profesionales y especializados en Gestión Ambiental, lo que les obliga a considerar dentro de sus presupuestos de gastos e inversión estos conceptos y adicionalmente la necesidad de la Implementación de un Sistema de Gestión Ambiental y de un Plan de Manejo Ambiental que prevea, repare o mitigue toda acción negativa al medio ambiente.

La Compañía tiene la necesidad de contratar profesionales especializados en Gestión Ambiental, de Implementar un Sistema de Gestión Ambiental que incluya un Plan de Manejo Ambiental que prevea y mitigue toda acción negativa al medio ambiente y que las comunidades aledañas no sean afectadas por impactos ambientales potenciales.

V. OBJETIVOS

- **OBJETIVO GENERAL**

Aprovechar el tratamiento de las aguas residuales en Industria ACQUITERMI S.A. y su posterior aplicación para riego forestal

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Realizar un análisis físico-químico de las aguas residuales que provienen de la empresa de congelamiento ACQUITERMI S.A.

Sugerir la implementación de un plan de manejo de las aguas residuales industriales de ACQUITERMI S.A.

Determinar el grado de eficiencia en el tratamiento de las aguas residuales industriales.

1. INTRODUCCIÓN

Desde el año 2000, con la publicación del libro V y sus anexos de la ley de Gestión Ambiental la cual enmarca los Límites permisibles que regula la Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales, se aceleró en nuestro país, el proceso de construcción de plantas de tratamiento de aguas servidas, esperándose que la cobertura en el tratamiento de las aguas servidas sea de un 100% para el año 2010.

Recurso naturales recuperado de http://www.doctoradornn.ufro.cl/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=38&tmpl=component&format=raw&Itemid=

En este contexto, ACQUITERMI S.A. destaca por tener piscina de tratamiento de aguas residuales funcionando, en su mayoría con tecnología de baterías facultativa como es la **BEC 106, Genzyme 4X F GT** produciendo unas 49 ton/año de aguas residuales tratada y como resultado de las mismas estas son reutilizadas para el regío de sembradío cercanas a la propiedad.

Las aguas residuales, materiales para su tratamiento desconocidos hasta ahora en el país, están provocando serios problemas a las empresas generadoras, dadas sus características, entre ellas el alto contenido de humedad (85-87%) que dificulta su manejo y eleva los costos de transporte; La presencia de microorganismos patógenos que pueden causar problemas de salud pública (enfermedades entéricas); su contenido en materia orgánica fácilmente putrescible que puede atraer vectores y generar olores desagradables. *Lagunaje, (n.d.). Recuperado de <http://es.wikipedia.org/wiki/Lagunaje>*

La estabilización de las aguas residuales se lleva a cabo para reducir la presencia de patógenos, eliminar los olores desagradables, e inhibir, reducir o eliminar su potencial de putrefacción. Entre las tecnologías disponibles para ello encontramos el compostaje, el cual es un proceso biológico aerobio, que bajo condiciones de aireación y humedad controladas, transforma los residuos orgánicos en un producto estable e higienizado, utilizable como abono, sustrato o enmienda de suelos.

Este proyecto tuvo por finalidad estudiar la estabilización de las aguas residuales proveniente de una planta de tratamiento de aguas.

Los resultados del estudio realizado pueden significar una alternativa de solución real al tratamiento. Dado que en pocos años el problema de la disposición de aguas industriales y su estabilización será un tema no sólo concerniente a las empresas, sino más bien, un tema de carácter público, el tratamiento o aprovechamiento ambientalmente sustentable. *Recurso natural (n.d.).Recuperado de http://www.doctoradorrnn.ufro.cl/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=38&tmpl=component&format=raw&Itemid=*

CAPITULO I. MARCO TEORICO

1.1.- TRATAMIENTOS ESPECÍFICOS

Sirven para eliminar contaminantes específicos y pueden realizarse en cualquier etapa del tratamiento. Normalmente se corresponderán a operaciones de neutralización y oxidación-reducción. *Tratamiento de aguas residuales*, (n.d.). Recuperado de <http://www.docstoc.com/docs/22268017/TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES>

1.2.- DESINFECCIÓN

La desinfección consiste en la destrucción selectiva de los organismos que causan enfermedades. No todos los organismos se destruyen durante el proceso, punto en el que radica la principal diferencia entre la desinfección y la esterilización, proceso que conduce a la destrucción de la totalidad de los organismos. En el campo de las aguas residuales, las tres categorías de organismos entéricos de origen humano de mayores consecuencias en la producción de enfermedades son las bacterias, los virus. *Tratamiento de aguas residuales*, (n.d.). Recuperado de <http://www.docstoc.com/docs/22268017/TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES-2>

1.3.- DEPURACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES.

Los residuos separados de las aguas, se clasifican en dos grupos: **Los sólidos gruesos**, que se obtienen en el tratamiento previo, **y los lodos**. Estos se obtienen en dos puntos, los del tratamiento primario (grises de mal olor) y los producidos en el tratamiento secundario (pardo amarillentos y normalmente sin olor). Su tratamiento va a venir dado por cómo se hayan producido y de su carga contaminante o tóxica. Veamos los sistemas más comunes de tratamiento de lodos. *Tratamiento de aguas residuales*, (n.d.). Recuperado de <http://www.docstoc.com/docs/22268017/TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES-2>

1.4.- TRATAMIENTO DE LAS AGUAS NEGRAS

1.4.1.- TRATAMIENTO PRELIMINAR (PRE TRATAMIENTO)

Es muy importante el desbaste en las aguas de tenería, se producen recortes y carnazas fáciles de ser arrastrados con las aguas, sean del mismo proceso o de las operaciones de limpieza de planta.

Esporádicamente en zonas con implantación de las industrias de curtidos se producen atascos en los colectores debidos a pieles que han escapado a las rejillas de desbaste, sea por una falta de control o por unos malos métodos de limpieza. Es necesario pues para un buen funcionamiento del sistema un primer desbaste con rejillas de 3-5 cm. Por el tipo discontinuo de los vertidos pueden ser de limpieza manual, pero necesitan un control constante, 1-2 veces por turno de trabajo. Además son necesarias unas buenas instrucciones del procedimiento de limpieza, con la recogida de los residuos retenidos y su gestión con el resto de residuos sólidos, no es la primera vez, y no será la última si no se dan estas instrucciones, que la limpieza de una rejilla se efectúa levantándola y dejando escurrir los sólidos retenidos con el agua que se está vertiendo. *Tratamiento de aguas residuales, (n.d.). Recuperado de..*<http://www.slideshare.net/eniodiaz3/mtodos-de-tratamiento-de-las-aguas-residuales>

1.5.- TAMIZADO

Los tamices más usados son los de cuerpo estático auto limpiantes o los rotatorios con una malla de 0.5-1 mm, que se muestran en la figura siguiente. *Tratamiento de aguas residuales, (n.d.). Recuperado de* <http://www.slideshare.net/eniodiaz3/mtodos-de-tratamiento-de-las-aguas-residuales>

Fig. 1 .Tamiz estático auto limpiante

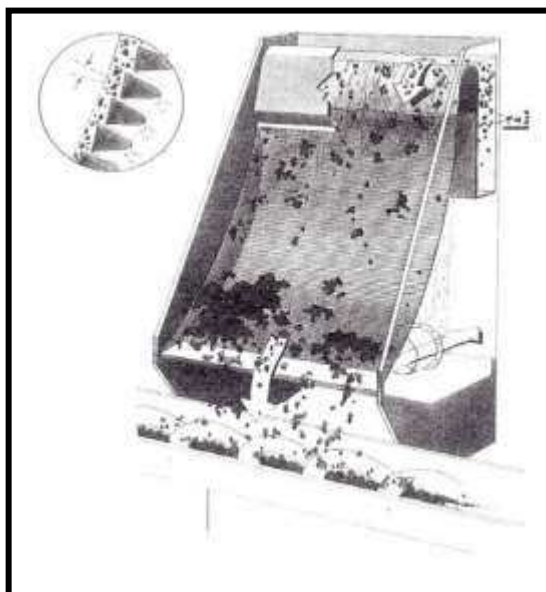
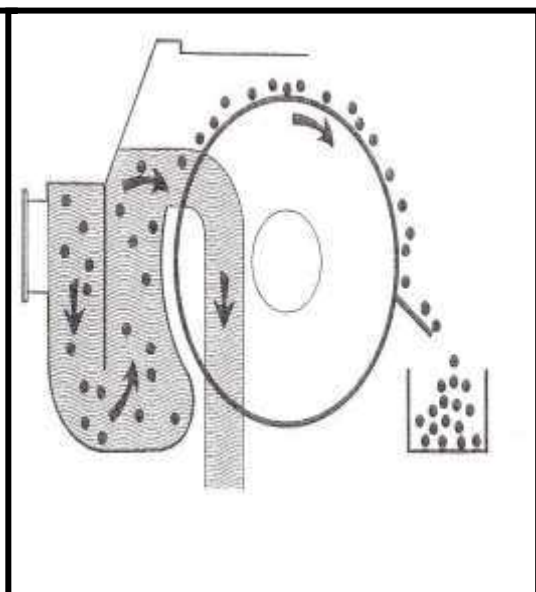


Fig. 2. Tamiz rotatorio



1.6.- HOMOGENEIZACIÓN

El proceso es discontinuo, por lo que los vertidos también lo serán. Es muy importante, para el buen tratamiento, como para evitar las puntas de carga y contener los precios del saneamiento, una buena homogeneización. En la figura 3 podemos ver la discontinuidad en el pH de las aguas vertidas durante el día y la capacidad de neutralización de las mismas en el tanque de homogeneización, disminuyendo las puntas a medida que aumenta el tiempo de retención del mismo. Los vertidos básicos del pelambre se neutralizan con los vertidos ácidos del piquel, curtición y procesos de acabado. *Tratamiento de aguas residuales, (n.d.). Recuperado de <http://www.slideshare.net/eniodiaz3/mtodos-de-tratamiento-de-las-aguas-residuales>*

Fig. 3. Variaciones en el pH del vertido durante el día y homogeneización del mismo en función de la Homogeneización. Fuente Portavella1995

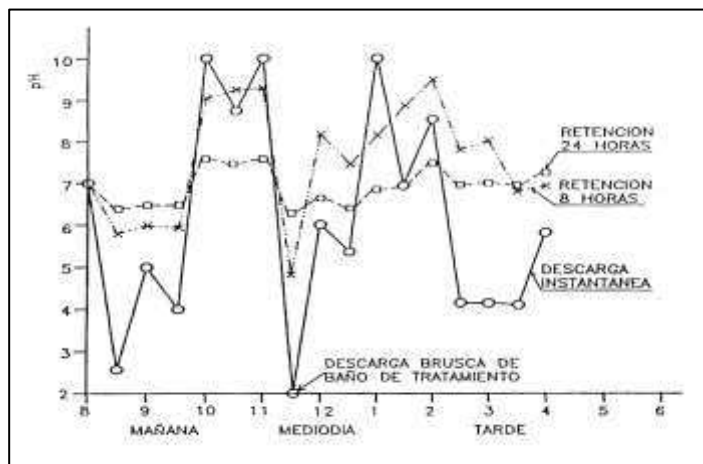
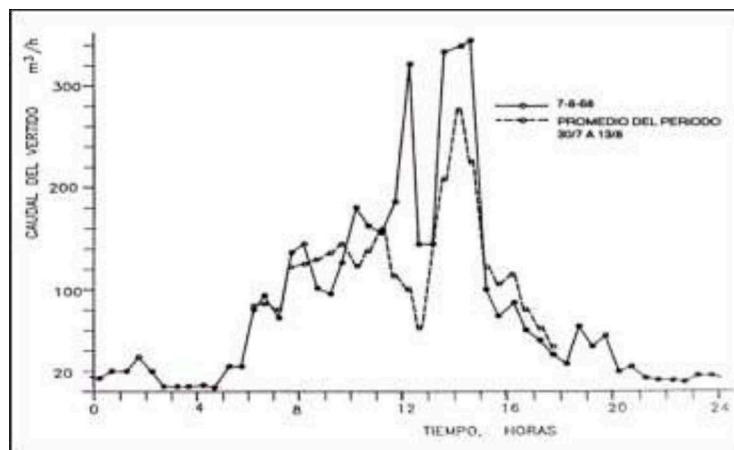


Fig. 4. Variación del flujo de agua residual en un periodo de 24 horas. Fuente in situs



1.7.- DIFICULTADES EN LA HOMOGENEIZACIÓN SEGÚN EL 1.7.1.- VOLUMEN DE PRODUCCIÓN.

Con la homogeneización buscamos un caudal constante, es importante en caso de efectuar un tratamiento a las aguas. Para obtener este caudal constante necesitamos un volumen de homogeneización mínimo, pero para reducir las puntas de carga tendremos que aumentar este volumen. Esto lo podemos ver en la tabla 1 calculamos los volúmenes de las balsas de homogeneización para la empresa cuando existe gran producción la que se corresponde al tratamiento constante con una balsa de retención de 8 h y un volumen de 598 m³, en este caso tendremos que decidir que volumen del homogeneizador adoptamos para disminuir las puntas de carga, construyendo una balsa que permita homogeneizar las aguas de 12 a 24 horas, a mayor volumen más homogeneización. Una dificultad para homogeneizar las aguas del proceso de curtición se presenta sobre todo en fábricas pequeñas, en éstas para mezclar todas las aguas de proceso se necesitaría retenerlas casi una semana, retención normalmente imposible por falta de espacio. Esto se debe a la secuencialidad de las operaciones, la planificación de los trabajos sería la siguiente. *Tratamiento de aguas residuales, (n.d.). Recuperado de <http://www.slideshare.net/eniodiaz3/mtodos-de-tratamiento-de-las-aguas-residuales>*

	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
Partida 1	Remojo	Remojo	Pelambre Desencalado rendido	Píquel Curtición	Escurrido Rebajado
Agua m ³	10.50	26.25	84.00	10.50	5.25
MES kg	19.95	16.80	404.25	0.00	0.00
DQO kg	94.50	78.75	661.50	8.40	2.10
SOL kg	570.15	427.35	105.00	294.00	73.50
NTK kg	3.15	1.05	77.18	0.00	0.00
Partida 2	Recurtición tintura	Engrase	Operaciones mecánicas	Acabados	Operaciones mecánicas
Agua m ³	52.50	10.50	0.00	10.50	0.00
MES kg	259.88	16.80	0.00	17.33	0.00
DQO kg	236.25	26.25	0.00	47.25	0.00
SOL kg	100.80	4.20	0.00	0.00	0.00
NTK kg	3.68	0.53	0.00	0.00	0.00

Tabla.1. Caudales, cargas y concentraciones diarias de las aguas residuales.

TOTAL	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
agua	63.00	36.75	84.00	21.00	5.25
MES kg	279.83	33.60	404.25	17.33	0.00
DQO kg	330.75	105.00	661.50	55.65	2.10
SOL kg	670.95	431.55	105.00	294.00	73.50
NTK kg	6.83	1.58	77.18	0.00	0.00
CONCENTRACIONES DIARIAS EN ppm					
MES	4442	914	4813	825	0
DQO	5250	2857	7875	2650	400
SAL	10650	11743	1250	14000	14000
NTK	108	43	919	0	0

Tabla. 2. Concentraciones de PH en PPM.

1.7.2.- TRATAMIENTO PRIMARIO

La Empresa ACQUITERMI S.A. realiza la colocación de la bacteria **BEC 106, Genzyme 4X F GT** complementados con químicos, de los sólidos en suspensión no retenidos en el tratamiento previo, así como de las sustancias flotantes y aceites. Son, entre otras, la sedimentación, la floculación y la flotación. *Tratamiento de aguas residuales, (n.d.). Recuperado de <http://www.docstoc.com/docs/22268017/TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES-2>*

1.7.3.- SEDIMENTACIÓN. TANQUES DE DECANTACIÓN

El objeto de este tratamiento es básicamente la remoción de los sólidos suspendidos y DBO en las aguas residuales, mediante el proceso físico de asentamiento en tanques de sedimentación. Consiste en la utilización de las fuerzas de gravedad para separar una partícula de densidad superior a la del líquido hasta una superficie o zona de almacenamiento. Es una de las operaciones unitarias más utilizadas en el tratamiento de las aguas residuales. *Tratamiento de aguas residuales, (n.d.). Recuperado de <http://www.docstoc.com/docs/22268017/TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES-2>*

Fig. 5. sistemas de recolección de aguas residuales Fuente: in situs



En una planta típica como la de ACQUITERMI S.A. la sedimentación se efectúa en tres pasos:

- **Desarenadores:** En donde la materia orgánica se elimina.
- **Sedimentadores primarios:** Que preceden al reactor biológico en donde los sólidos orgánicos y otros se separan.
- **Sedimentadores secundarios:** Que siguen al reactor biológico, en los cuales el lodo biológico se separa del efluente tratado.

La sedimentación puede ser una sedimentación libre: sedimentación de partículas discretas en una suspensión de sólidos de concentración muy baja. Las partículas se depositan como entidades individuales y no existe interacción significativa con las partículas más próximas. Un ejemplo típico es una suspensión de partículas de arena. O puede ser una sedimentación de una suspensión diluida de partículas que se agregan, o flocculan durante la sedimentación. Para determinar las características de sedimentación de una suspensión de partículas puede utilizarse una **columna de sedimentación**, en los cuales los orificios de muestreo deben colocarse la bacteria **BEC 106, Genzyme 4X F GT** a una distancia alrededor de 0.5 m. La solución con materia suspendida se introduce a la columna de tal modo que se produzca una distribución de los tamaños de las partículas en todo el tubo. La temperatura durante el proceso es uniforme a lo largo de todo el ensayo, a fin de eliminar las corrientes de convección. La sedimentación deberá tener lugar en condiciones de reposo. A distintos intervalos de tiempo, se retiran las muestras de los orificios y se analizan para ver el número de sólidos en suspensión. En los sistemas que tienen gran cantidad de sólidos en suspensión, además de los otros tipos de sedimentación, suele producirse una sedimentación zonal y por compresión. Debido a las características hidráulicas del flujo alrededor de las partículas y de las fuerzas interparticulares, aquellas depositan como una zona o "en capa", manteniéndose la posición relativa entre ellas. Conforme esta zona va sedimentando se produce un volumen de agua relativamente clara por encima de la región de sedimentación zonal, consiste en un escalonamiento de concentración de sólidos hasta que se encuentren la región comprimida.

A medida que se prosigue la sedimentación, comienza a formarse en el fondo del cilindro una capa de partículas comprimidas. Las partículas de esta región forman una estructura en la que existe un contacto físico entre las mismas. Cuando se forma la capa de compresión, las regiones que tienen las concentraciones de sólidos cada vez menores que las halladas en la región de compresión se van desplazando hacia la parte superior. Una vez eliminada la fracción mineral sólida, el agua pasa a un depósito de sedimentación donde se depositan los materiales orgánicos, que son retirados para su eliminación. El proceso de sedimentación puede reducir de un 20 a un 40% la DBO5 y de un 40 a un 60% los sólidos en suspensión en un total del 100% de eliminación de toda la materia. *Tratamiento de aguas residuales*, (n.d.). Recuperado de <http://www.docstoc.com/docs/22268017/TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES-2>

1.7.4.- FLOTACIÓN

Se suelen utilizar para separar sólidos y líquidos no miscibles de baja densidad. Se trata de arrastrar con finas burbujas de aire los productos en suspensión hacia la superficie de la corriente a fin de que desde allí sean eliminados por arrastre. *Tratamiento de aguas residuales*, (n.d.). Recuperado de <http://www.docstoc.com/docs/22268017/TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES-2>



Fig. 6. Aireador de la piscina de aguas residuales

- **Flotación por disolución de aire:** Se inyecta aire en la línea de alimentación de la cámara de flotación. Previo a esto la mezcla debe pasar por un tanque de homogeneización presurizado, desde dónde

se libera continuamente a través de una válvula reguladora de presión, de forma que al salir el aire se expande de nuevo en forma de pequeñas burbujas que arrastrarán el producto hacia la superficie de la cámara de flotación. A veces el aire se inyecta a una recirculación del flujo de salida de la cámara de flotación, introduciéndose la mezcla aire-recirculación en la conducción de entrada. Este sistema tiene como ventaja el ser menos agresivo y minimizar la formación de emulsiones. *Tratamiento de aguas residuales*, (n.d.). Recuperado de <http://www.docstoc.com/docs/22268017/TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES-2>

- **Flotación por inyección de aire:** Se inyecta el aire directamente en la cámara de flotación similarmente a la operación que vimos en el desarenador aireado. *Tratamiento de aguas residuales*, (n.d.). Recuperado de <http://www.docstoc.com/docs/22268017/TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES-2>
- **Flotación por vacío:** Se usa el propio aire disuelto en el efluente, o se permite su entrada a través de un orificio practicado en la aspiración de la bomba de vinculación de la línea de alimentación. El tanque de flotación se mantiene cerrado, con un vacío parcial en su interior que provoca la migración del aire disuelto en forma de burbujas diminutas. Para facilitar la flotación es frecuente usar productos químicos coagulantes o sílice activada, que se introducen en la línea de alimentación previo a la inyección de aire. *Tratamiento de aguas residuales*, (n.d.). Recuperado de <http://www.docstoc.com/docs/22268017/TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES-2>

1.7.5.- FLOCULACIÓN

Se trata de la formación de aglomerados (flóculos) por unión de las partículas en suspensión existentes en el seno de un líquido. La floculación aumenta la velocidad de sedimentación en los sólidos en suspensión y mejora los procesos de filtración al incrementar el tamaño de las partículas.

La separación de las partículas suspendidas mejora la claridad, el color, olor y sabor de las aguas. También disminuye la proporción de sólidos en suspensión y de la DBO a la salida del decantador primario. Debido a que es necesario obtener velocidades de sedimentación altas, se suele mejorar el resultado obtenido por el control del pH mediante la adición de agentes coagulantes (sales de hierro o aluminio, destacando la alumbre, el aluminato sódico, el sulfato ferroso y los coagulantes férricos), que aportan aniones y cationes de gran tamaño facilitando la precipitación al asociarse con las partículas en suspensión. También se encuentran los coadyuvantes de floculación o floculantes, polímeros orgánicos solubles mediante grupos funcionales que se disocian en el agua dando iones de carga elevado y alto peso molecular. Pueden ser aniónicos (carboxílicos, sulfónicos, fosfóricos...), catiónicos (aminas cuaternarias, fosfaminas, sulfaminas...) y no iónicos (polioalcholes, poliéteres, poliamidas...). El floculador es un tanque de hormigón de sección horizontal con un agitador que remueve el agua a una velocidad determinada (la adecuada para permitir el contacto entre las partículas para facilitar su aglomeración pero no lo demasiado fuerte como para que se separen de nuevo). Algunos agitan por inyección de aire. *Tratamiento de aguas residuales, (n.d.). Recuperado de <http://www.docstoc.com/docs/22268017/TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES-2>*



Fig. 7. Proceso de floculación

1.7.6.- TRATAMIENTO SECUNDARIO

Consiste en propiciar el crecimiento de microorganismos que se alimentan de la materia orgánica, de forma que la transforman microorganismos insolubles y fáciles de eliminar. También *se denomina tratamiento biológico. Tratamiento*

La cual se produce en tanques de estabilización, tanques de aireación, percolación, lodos activos y digestores anaeróbicos. Los microorganismos que intervienen son muy variados. Se pueden clasificar como:

Microorganismos primarios: bacterias (aerobias, anaerobias y facultativas) y algas unicelulares, capaces de metabolizar la mayoría de la materia orgánica. **Hongos y algas multicelulares no fotosintéticas.** Los hongos pueden metabolizar casi todos los compuestos orgánicos y su rendimiento es superior al de las bacterias a pH inferiores a 6 déficit de nitrógeno o de oxígeno, aunque en condiciones ambientales óptimas no pueden competir con las bacterias. **Algas fotosintéticas:** no consumen directas de la materia orgánica, pero al generar oxígeno por la fotosíntesis consumiendo dióxido de carbono, amoníaco y fosfatos, colaboran en el mantenimiento de un medio aerobio. **Animales microscópicos:** se alimentan de bacterias, con lo que intervienen en la clarificación de las aguas. Los microorganismos se obtienen de los lodos producidos en el tratamiento biológico, por lo que no es necesario desarrollar cultivos. *Tratamiento de aguas residuales, (n.d.). Recuperado de <http://www.docstoc.com/docs/22268017/TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES-2>*

1.7.7.- TRATAMIENTO TERCIARIO

Eliminación de la materia orgánica u otro tipo de contaminante que no haya sido eliminado en los tratamientos anteriores. Destacan la adsorción, intercambio iónico, ósmosis inversa y precipitación química. *Tratamiento de aguas residuales, (n.d.). Recuperado de <http://www.docstoc.com/docs/22268017/TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES-2>*

1.7.7.1.- FILTRACIÓN

Se pasa el fluido a través de un medio que permita el paso del mismo y retiene las partículas sólidas. Los más usados son las arenas, la antracita y la tierra de diatomeas. Suele ser el último tratamiento que se le da al agua antes de ser canalizada hacia su destino, realizándose la eliminación de los sólidos finos en suspensión que restan tras el tratamiento biológico químico.

Tratamiento de aguas residuales, (n.d.). Recuperado de <http://www.docstoc.com/docs/22268017/TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES-2>

1.7.7.2.- ÓSMOSIS INVERSA

Ocurre cuando dos soluciones de distinta concentración, en reposo, están comunicadas por una membrana semipermeable que permita el paso del solvente pero no del soluto. Así se produce una circulación de solvente a través de la membrana desde la solución más diluida a la más concentrada, tendiéndose a igualar las concentraciones a ambos lados. Por tanto el volumen de la solución más concentrada aumenta y en consecuencia también la presión ejercida por ésta sobre la membrana, hasta llegar al punto de equilibrio. *Tratamiento de aguas residuales*, (n.d.). Recuperado de <http://www.docstoc.com/docs/22268017/TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES-2>

Es, por tanto, la circulación de solvente de la fase más concentrada a la más diluida, concentrando aún más la primera. Se logra aplicando a la solución concentrada una presión mayor a la presión osmótica, por lo que a través de la membrana pasará de forma forzada el solvente, quedando retenido el soluto. Es un tratamiento caro ya que, además el consumo energético que supone el bombeo a alta presión, el efluente debe ser tratado previamente a fin de eliminar los sólidos en suspensión que pudieran contaminar las membranas. También decir que la vida de las membranas es relativamente corta y su precio alto, luego son usados cuando exista un componente de difícil eliminación por los métodos convencionales, o cuando sea viable la recuperación de las sustancias contenidas en el concentrado. *Tratamiento de aguas residuales*, (n.d.). Recuperado de <http://www.docstoc.com/docs/22268017/TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES-2>

1.7.7.3.- ADSORCIÓN

Retención en un medio de las moléculas disueltas en un líquido por acción de fuerzas químicas o físicas. Cuando se realiza la adsorción con carbón activo se considera un proceso de afinado de la calidad del agua y sustituye frecuentemente a los filtros de arenas. El carbón activo provoca la adsorción de la materia orgánica residual tras el tratamiento biológico y en especial de los compuestos clorados resultantes de la desinfección que dan el sabor a “cloro”. *Tratamiento de aguas residuales*, (n.d.). Recuperado de <http://www.docstoc.com/docs/22268017/TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES-2>

1.7.7.4.- INTERCAMBIO IÓNICO

Basado en el equilibrio químico entre los iones presentes en el agua residual y los existentes en una fase insoluble, de forma que los de la fase líquida se incorporan a la fase sólida a cambio que los de esta fase pasen a la líquida. Puede realizarse de dos formas. Adición de la resina a las aguas y homogeneización, que precisará de la posterior separación de la misma (por filtración). Disposición de la resina en columna (de lecho fijo) por la que se pasan las aguas. Las resinas son caras, por lo que se reutilizan (reacción química de intercambio pero en sentido inverso, usando un ácido o una base fuertes). Suelen utilizarse para la eliminación de metales pesados o de ciertos aniones, cuando éstos no son eliminados suficientemente con los lodos de tratamiento anteriores. También cuando sea interesante la recuperación del contaminante para su reutilización. *Tratamiento de aguas residuales*, (n.d.). Recuperado de <http://www.docstoc.com/docs/22268017/TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES-2>

1.7.7.5.- PRECIPITACIÓN QUÍMICA

Mediante la adición de agentes químicos como la **BEC 106**, **Genzyme 4X F GT**. Que alteran el estado físico de los sólidos disueltos y en suspensión, haciéndolos sedimentables. Se suele usar para eliminar sólidos suspendidos y DBO:

- ✓ **Cuando hay variaciones estacionales en la concentración del agua residual.**
- ✓ **Cuando se necesita un grado intermedio de tratamiento**
- ✓ **Como ayuda en la sedimentación**

Se puede llegar a eliminar del 80 al 90 % de la materia total suspendida, del 40 al 70 % de la DBO, del 30 al 60 % de la DQO y del 80 al 90 % de las bacterias.

Los agentes precipitadores más usados son:

Sulfato de alúmina (medio básico)

Cal (medio básico)

Sulfato ferroso y cal (reacción en tres etapas)

Cloruro férrico

Cloruro férrico y cal. *Tratamiento de aguas residuales*, (n.d.). Recuperado de <http://www.docstoc.com/docs/22268017/TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES-2>

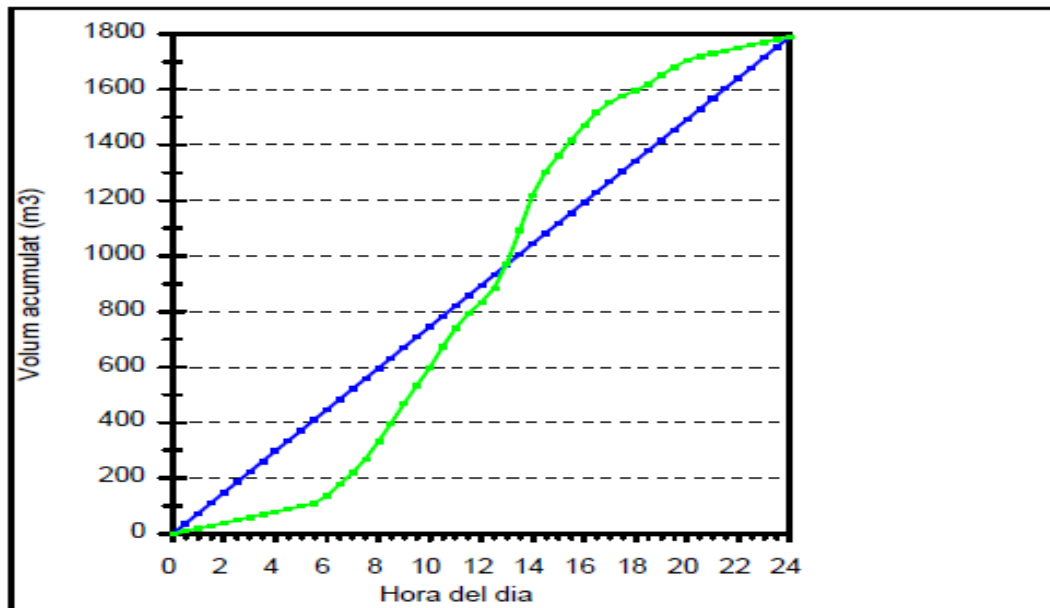


Fig.8. La homogeneización de los distintos parámetros, DQO, MES

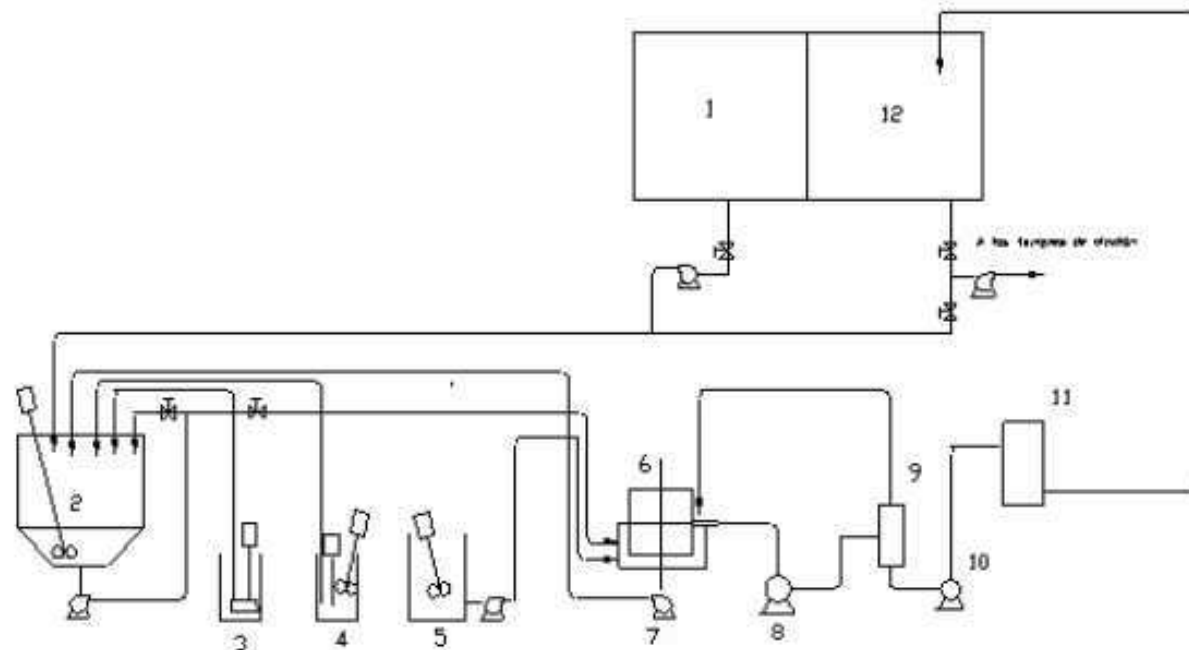
h	Caudal (m ³ /h)	Volumen			A-B (m ³)	DBO ₅ (mg/l)	DBO ₅ Homog. (mg/l)
		aportado 1/2 hora (m ³)	A Volumen acumulado (m ³)	B Volumen lineal (m ³)			
6	85	0	0	0.00	0.00	600	600.0
6.5	85	42.5	42.5	37.29	5.21	600	600.0
7	80	41.25	83.75	74.58	9.17	1000	955.2
7.5	120	50	133.75	111.88	21.88	1000	993.1
8	130	62.5	196.25	149.17	47.08	1000	998.2
8.5	135	66.25	262.5	186.46	76.04	1000	999.3
9	145	70	332.5	223.75	108.75	825	915.7
9.5	120	66.25	398.75	261.04	137.71	825	881.4
10	135	63.75	462.5	298.33	164.17	675	816.1
10.5	160	73.75	536.25	335.63	200.63	675	772.3
11	110	67.5	603.75	372.92	230.83	750	766.7
11.5	100	52.5	656.25	410.21	246.04	750	763.6
12	65	41.25	697.5	447.50	250.00	850	776.0
12.5	140	51.25	748.75	484.79	263.96	850	788.6
13	210	87.5	836.25	522.08	314.17	900	816.3
13.5	275	121.25	957.5	559.38	398.13	900	839.6
14	225	125	1082.5	596.67	485.83	1125	907.8
14.5	115	85	1167.5	633.96	533.54	1125	940.2
15	115	57.5	1225	671.25	553.75	1125	958.1
15.5	105	55	1280	708.54	571.46	1125	973.2
16	110	53.75	1333.75	745.83	587.92	1200	992.7
16.5	80	47.5	1381.25	783.12	598.13	1200	1008.2
17	60	35	1416.25	820.42	595.83	1000	1007.8
17.5	40	25	1441.25	857.71	583.54	900	1003.4
18	30	17.5	1458.75	895.00	563.75	800	997.5
18.5	65	23.75	1482.5	932.29	550.21	1300	1009.7
19	60	31.25	1513.75	969.58	544.17	1300	1025.3
19.5	60	30	1543.75	1006.87	536.88	1200	1034.5
20	40	25	1568.75	1044.17	524.58	600	1015.1
20.5	20	15	1583.75	1081.46	502.29	200	992.5
21	20	10	1593.75	1118.75	475.00	100	975.0
21.5	20	10	1603.75	1156.04	447.71	100	957.0
22	20	10	1613.75	1193.33	420.42	100	938.3
22.5	20	10	1623.75	1230.63	393.13	100	918.8
23	20	10	1633.75	1267.92	365.83	100	898.5
23.5	20	10	1643.75	1305.21	338.54	100	877.2
24	20	10	1653.75	1342.50	311.25	100	854.9
0.5	20	10	1663.75	1379.79	283.96	100	831.4
1	20	10	1673.75	1417.08	256.67	100	806.6
1.5	20	10	1683.75	1454.38	229.37	100	780.1
2	20	10	1693.75	1491.67	202.08	100	751.7
2.5	20	10	1703.75	1528.96	174.79	100	720.9
3	20	10	1713.75	1566.25	147.50	100	687.3
3.5	20	10	1723.75	1603.54	120.21	100	650.0
4	20	10	1733.75	1640.83	92.92	100	607.8
4.5	20	10	1743.75	1678.13	65.62	100	558.5
5	20	10	1753.75	1715.42	38.33	100	497.8
6	85	26.25	1790	1790.00	0.00	600	545.4

Volumen total 1790 m³
Caudal semihor. 37.29 m³/30 min.
max= 1300.0 1034.5
min= 100.0 415.5
med= 608.3 850.4

Usando el volumen mínimo de homogenización el valor máximo de la DBO pasa de 1300 a 1035 mg/L y el mínimo de 100 a 416 mg/L.

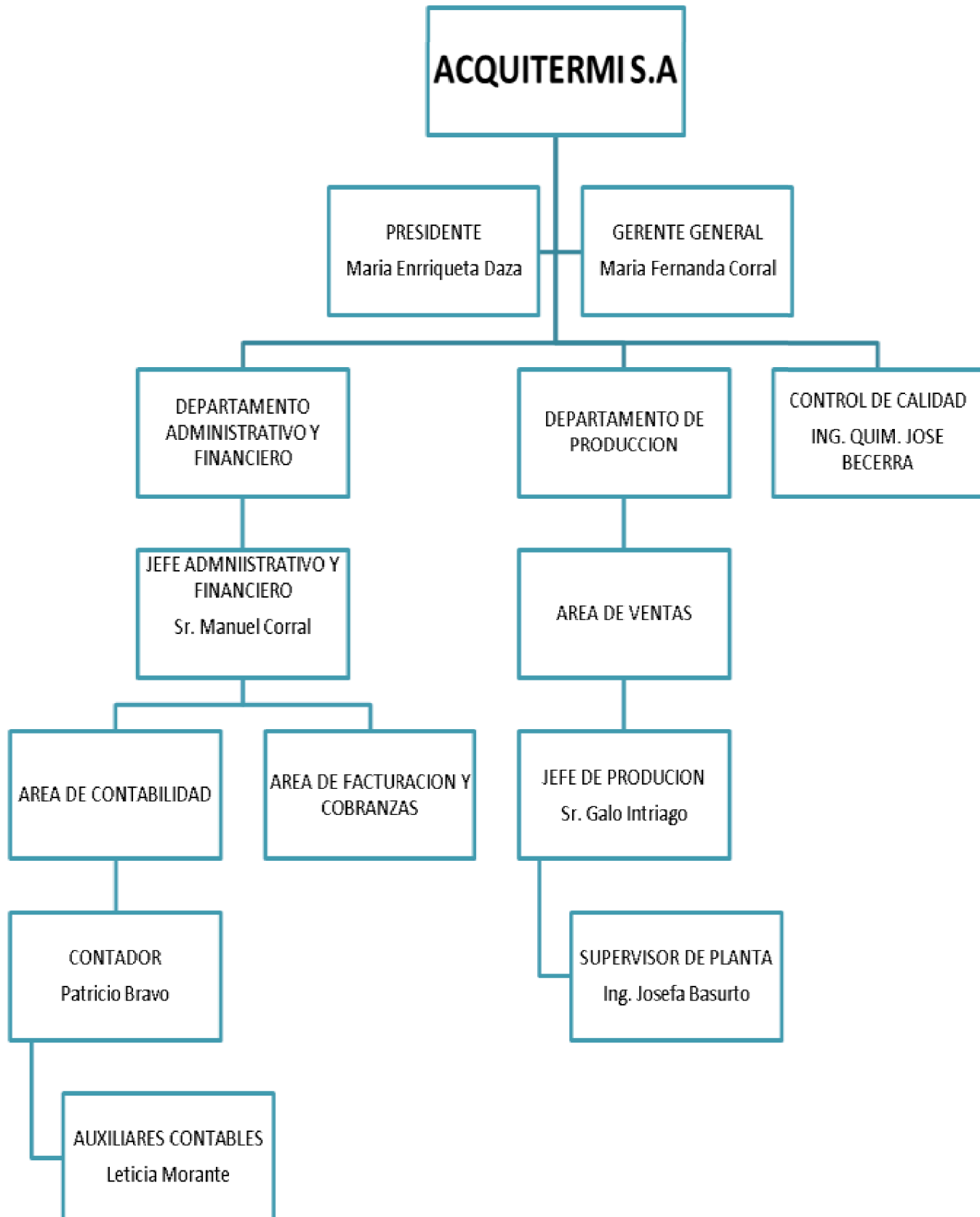
Tabla. 3. Uso comparativo de dosificaciones

CAPITULO II. DIAGRAMA DE FLUJOS

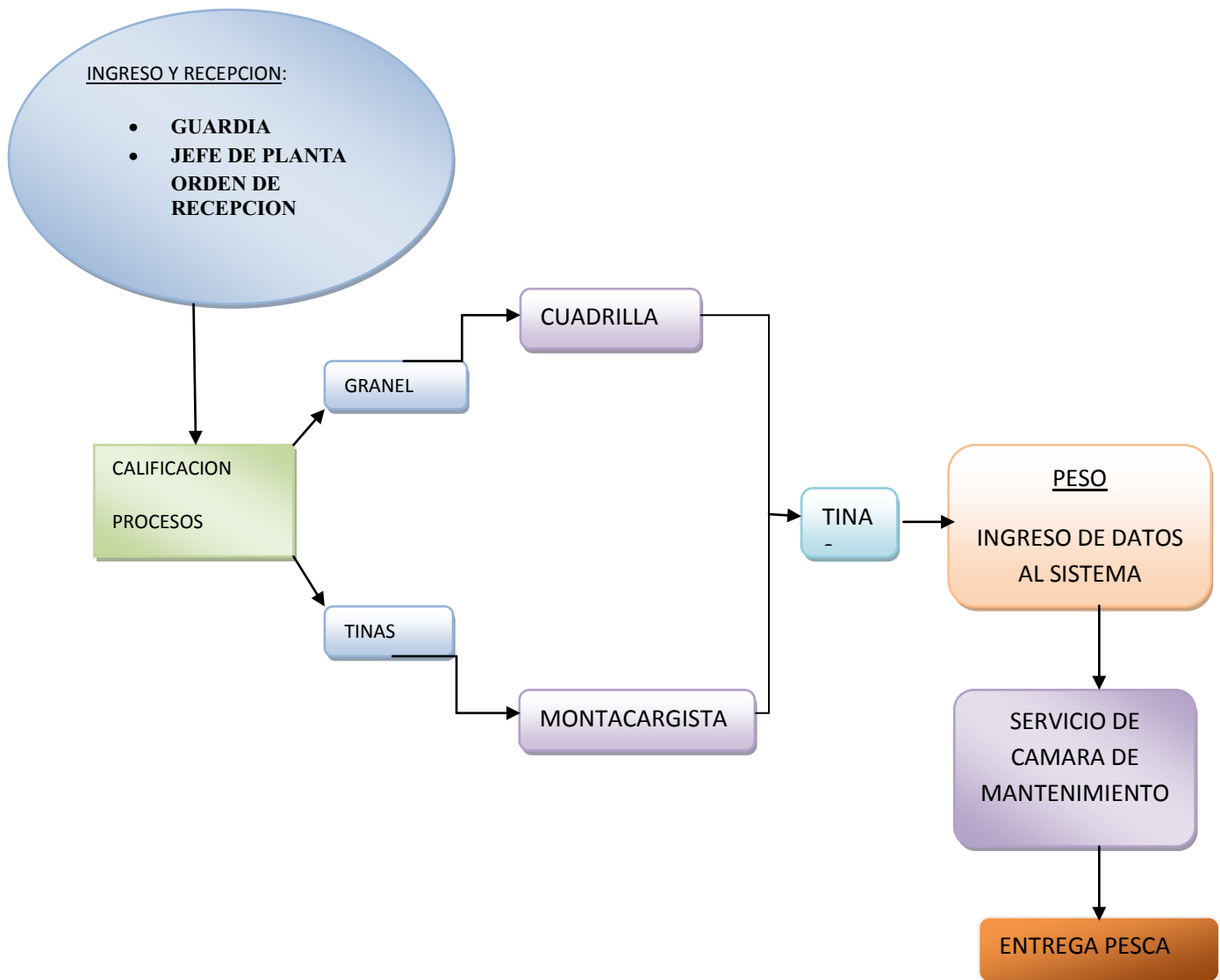


- | | |
|------------------------------|--------------------------------|
| 1.- Tanque de Agua Residual | 7.- Bomba de lavado inferior |
| 2.- Tanque de Tratamiento | 8.- Bomba de vacío |
| 3.- Cal hidrotado | 9.- Tanque separador |
| 4.- Sulfato Ferroso | 10.- Bomba separadora |
| 5.- Tierra Diatomica | 11.- Filtro de carbón activado |
| 6.- Filtro rotativo al vacío | 12.- Tanque de agua tratado |

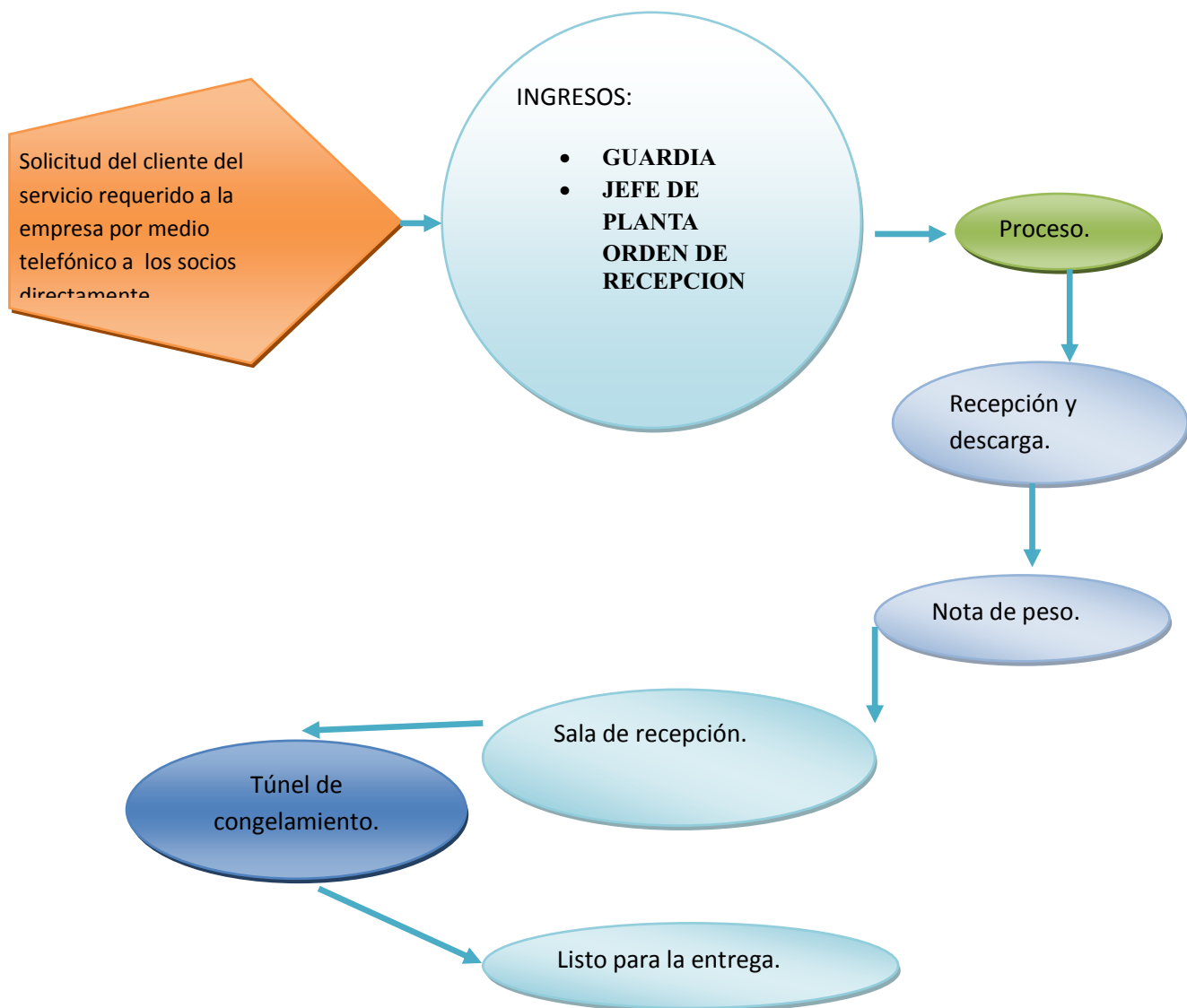
2.1.- ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA



2.3.- FLUJOGRAMA AREA DE MATENIMIENTO



2.4.- DIAGRAMA DEL PROCESO DE CONGELACION



CAPITULO III. MATERIALES

3.1.- LODO BIOLÓGICO

Se utilizó lodo secundario proveniente de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS). Esta planta cuenta con un tratamiento secundario de lodos activados con la bacteria **BEC 106, Genzyme 4X F GT**.

Doctorado y magister en ciencias de recursos naturales recuperado de http://www.doctordorrnn.ufro.cl/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=38&tmpl=component&format=raw&Itemid=

3.2.- MATERIAL ESTRUCTURANTE

Se utilizó aserrín y astillas de madera, adquirido en aserraderos cercanos a la ciudad.

Doctorado y magister en ciencias de recursos naturales recuperado de http://www.doctordorrnn.ufro.cl/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=38&tmpl=component&format=raw&Itemid=

3.3.- METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.3.1.- CARACTERIZACIÓN DEL TRATAMIENTO BIOLÓGICO

En la caracterización del tratamiento se consideraron los siguientes parámetros: pH, humedad, conductividad eléctrica, sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV), carbono total, nitrógeno total, materia orgánica, concentración de metales pesados y contenido de fibra. Por último, se realizó un análisis microbiológico de las aguas con la bacteria **BEC 106, Genzyme 4X F GT** utilizando como indicador el contenido de coliformes mostrando una total ausencia de los mismos.

Doctorado y magister en ciencias de recursos naturales recuperado de http://www.doctordorrnn.ufro.cl/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=38&tmpl=component&format=raw&Itemid=

3.3.2.- CARACTERIZACIÓN MATERIAL ESTRUCTURANTE

Para el aserrín y astillas, se determinó: humedad, carbono total, nitrógeno total, entre otros. También se realizó un fraccionamiento físico por tamaño de partícula. Se tomaron 500 g de material estructurante que fue tamizado (4 mm) obteniéndose una fracción fina (FF, 0- 4 mm) y una fracción gruesa (FG, mayor a 4 mm).

Doctorado y magister en ciencias de recursos naturales recuperado de http://www.doctordorrnn.ufro.cl/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=38&tmpl=component&format=raw&Itemid=

3.4.- DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PILAS DE COMPOSTAJE

Una vez realizada la caracterización inicial de las materias primas se procedió a preparar mezclas para dar inicio al proceso de compostaje, para ello se realizó un balance de masa previo entre los distintos componentes para lograr una relación C/N inicial de 30/1, aproximadamente.

Doctorado y magister en ciencias de recursos naturales recuperado de http://www.doctoradornn.ufro.cl/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=38&tmpl=component&format=raw&Itemid=

3.4.1.- MANEJO Y OPERACIÓN DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

Durante la operación del proceso de compostaje, las actividades más importantes correspondieron al volteo y riego de la pila. El volteo en pilas de gran envergadura como es el caso de este proyecto, se realizó necesariamente con maquinaria, utilizando un cargador frontal. En el caso de la pila A no existió un criterio de volteo, sólo se consideró la evolución de la temperatura. El propósito del volteo es entregar el oxígeno necesario para la respiración de los microorganismos y para oxidar determinadas moléculas orgánicas de la masa en compostaje (Cegarra, 1994), por lo tanto, el criterio a utilizar debiera ser la concentración de oxígeno en la pila, el que no debería bajar del 10-15%, ya que a niveles inferiores pueden aparecer fenómenos de anaerobiosis que dificultarán la cinética del proceso. Por esta razón para efectuar los volteos de la pila D se midió la concentración de oxígeno en la pila mediante una sonda para compostaje conectada a un medidor de oxígeno portátil modelo.

Doctorado y magister en ciencias de recursos naturales recuperado de http://www.doctoradornn.ufro.cl/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=38&tmpl=component&format=raw&Itemid=

3.4.2.- VARIABLES ANALIZADAS

Para evaluar la eficiencia del compostaje se tomaron muestras en cada una de las etapas del proceso, analizando parámetros como sólidos volátiles, contenido de carbono, nitrógeno, análisis de coliformes fecales, entre otros. Otro parámetro importante a medir es la temperatura, la que fue registrada en forma diaria.

Doctorado y magister en ciencias de recursos naturales recuperado de http://www.doctoradornn.ufro.cl/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=38&tmpl=component&format=raw&Itemid=

3.4.3.- PROTOCOLO DE MUESTREO

La toma de muestras para los respectivos análisis se realizó de la siguiente forma: se dividió cada pila en tres secciones (1 m cada una) descontando medio metro por lado para eliminar las condiciones de borde luego de cada sección se hicieron 8 cortes aleatorios con pala tratando de llegar hasta el centro de la pila (4 en la parte anterior y 4 en la parte posterior de la pila en forma aleatoria). De cada corte se tomó una muestra 17 equivalente a 3 paladas que fueron dispuestas en una carretilla, luego se aplicó la técnica del cuarteo, es decir, la muestra compuesta de la carretilla mezclada se dividió en cuatro y se eliminaron 2 de los lados opuestos, luego el material que quedó en la carretilla se mezcló y se dividió en cuatro, eliminando nuevamente 2 lados opuestos, y así sucesivamente, hasta obtener la muestra necesaria para los análisis. Se obtuvieron 3 muestras compuestas de cada sección de la pila, luego para los análisis se trabajó en triplicado.

Doctorado y magister en ciencias de recursos naturales recuperado de http://www.doctoradornn.ufro.cl/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=38&tmpl=component&format=raw&Itemid=

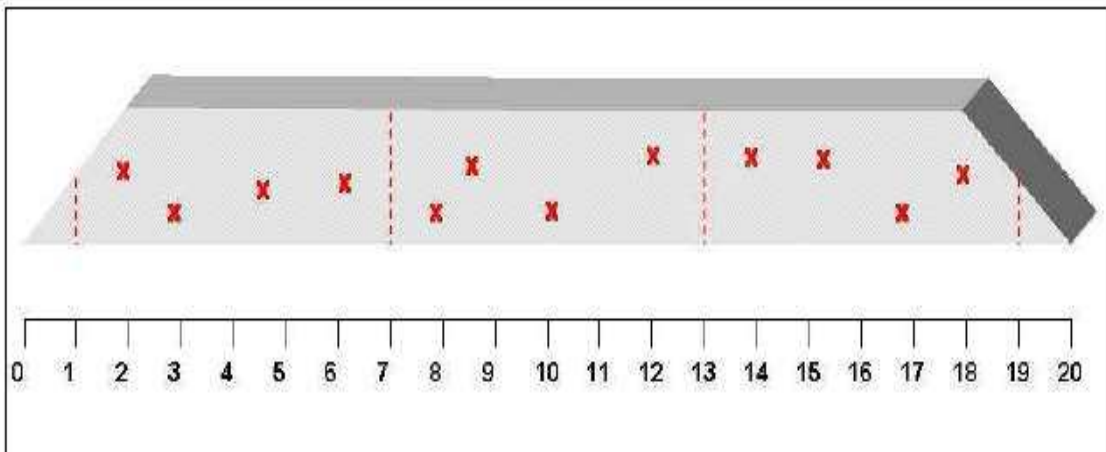


Fig. 9. División de la pila para efectos de muestreo.

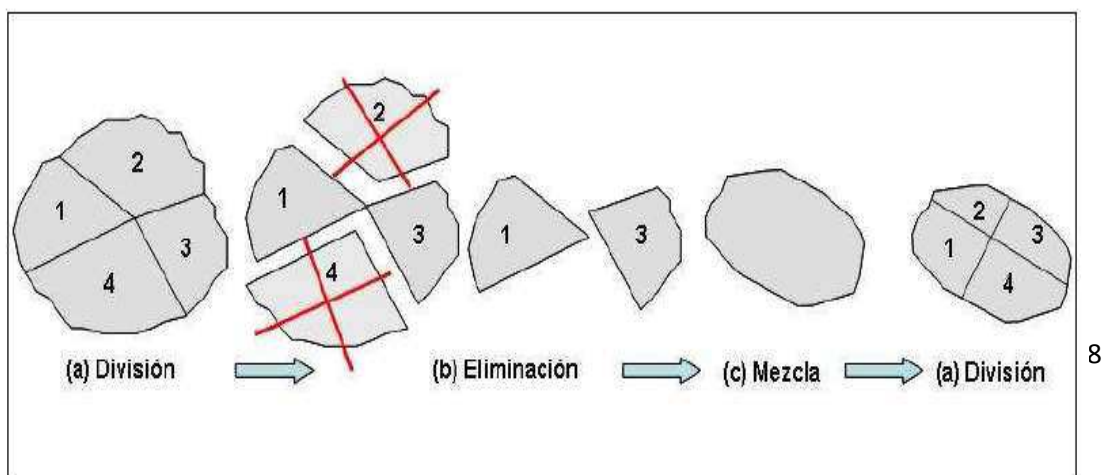


Fig. 10. Técnica de cuarteo para toma de muestras

3.5.- ANÁLISIS DEL SITIO



Fig. 11. Localización de las instalaciones: fuente Google eart.

PUNTO	COORDENADAS	
	X(m)	Y(m)
A	17M0533807	UTM9890102
B	17M0533815	UTM9890103
C	17M0533769	UTM9890065
D	17M0533741	UTM9890117
E	17M0533775	UTM9890137

ACQUITERMI S.A. está ubicado en la Urbanización Brisas del Sur Leónidas Proaño en el sitio denominado Colorado del Cantón Montecristi provincia de Manabí; en la cual a sus alrededores están ciertas cantidad de vivienda por lo cual la empresa es responsable directa del cuidado de su presentación tanto a el entorno circundante como a sus proveedores y clientes. Por la cual si no posee un tratamiento de las aguas residuales producto de la actividad económica estas tomarían un olor putrefacto y emanaría descargas atmosféricas la cual sería dañino al entono por lo cual la empresa se basa en el cuidado del medio ambiente y utiliza bacterias aerobias para el respectivo tratamiento como es la **BEC 106, Genzyme 4X F GT**.

Doctorado y magister en ciencias de recursos naturales recuperado de http://www.doctoradornn.ufro.cl/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=38&tmpl=component&format=raw&Itemid

3.6.- UNIVERSO Y MUESTRA

Para este procedimiento se tomaron dos muestras cada quince día la cual nos permitió analizar cada una de las variables en diferentes tiempos para esto tomamos en consideración dicho proceso al inicio y al final de cada una de las operaciones que se realizan diariamente utilizando la respectivas listas de verificación in situs (anexo 1). Además una vez tomadas las muestras estas fueron enviadas a Guayaquil a el GRUPO QUIMICO MARCOS laboratorio acreditado por el OAE (Organismo de Acreditación Ecuatoriana) (anexo 2).

Doctorado y magister en ciencias de recursos naturales recuperado de http://www.doctoradorrnn.ufro.cl/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=38&tmpl=component&format=raw&Itemid

3.7.- METODOLOGÍA ANALÍTICA

3.7.1.- SÓLIDOS TOTALES Y HUMEDAD

Sadzawka et al, 2005 expuso que:

Para la determinación del porcentaje de sólidos y humedad se utilizó el método gravimétrico, en que 10 g de lodo o mezcla de compostaje fueron dispuestos en crisoles previamente pre pesados y secados a $70 \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta masa constante, luego fueron nuevamente pesados. La fracción remanente corresponde al contenido de sólidos totales y la fracción evaporada al contenido de agua.

El cálculo de sólidos totales se realizó mediante la siguiente ecuación:

Doctorado y magister en ciencias de recursos naturales recuperado de http://www.doctoradorrnn.ufro.cl/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=38&tmpl=component&format=raw&Itemid

$$ST(\%) = \frac{b}{a} \times 100$$

donde

ST = contenido de sólidos totales, en % en base húmeda

a = masa, en g, de la muestra húmeda

b = masa, en g, de la muestra seca a $70 \pm 5^\circ\text{C}$

El cálculo de la humedad se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$Hd(\%) = \frac{a-b}{a} \times 100$$

Donde

Hd = contenido de agua, % en base a muestra húmeda

a = masa, en g, de la muestra húmeda

b = masa, en g, de la muestra seca a $70 \pm 5^\circ\text{C}$

3.7.2.- MATERIA ORGÁNICA (SÓLIDOS VOLÁTILES)

Para la determinación del porcentaje de sólidos volátiles (%SV), se utilizaron los ST obtenidos anteriormente (triplicado). Los crisoles fueron puestos en una mufla y se subió lentamente la temperatura hasta los 550°C , se mantuvo la temperatura durante 2 horas y luego se bajó lentamente hasta llegar a los 200°C . Posteriormente fueron retirados y transferidos a un desecador, donde se dejaron enfriar para posteriormente ser pesados. Doctorado y magister en ciencias de recursos

naturales

recuperado

de

El cálculo del porcentaje (%) de SV se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$MateriaOrgánica(\%) = \frac{[a-b]}{a} \times 100$$

Donde:

a = masa, en g, de la muestra seca a $70 \pm 5^\circ\text{C}$, antes de la calcinación

b = masa, en g, de la muestra calcinada a 550°C

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1.- CARACTERIZACIÓN DE LODO BIOLÓGICO

El material objeto de tratamiento es lodo secundario proveniente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la empresa Acquitermi S.A.

Fig. 10 Lodo proveniente de la PTAR



PARAMETROS	LODO *	LODO ACTIVADO CON AIREACIÓN EXTENDIDA ** (Lepe y Coronado,2003)
C (%)	37,40	35,60
N (%)	5,52	4,90
P (%)	1,55	1,24
pH (en agua)	6,44	7,00
Materia Orgánica (%)	67,40	64,00
Humedad (%) 70°C	85,00	85,40
CE-1:5 (dS/m)	6,80	2,90

Tabla. 4. Caracterización de los lodos proveniente de las aguas residuales

La Tabla. 4. muestra la caracterización fisicoquímica del lodo. A pesar de que las características del lodo dependen de la carga contaminante de las aguas que son tratadas y del tipo de tratamiento por el cual son depuradas, se puede ver que los valores obtenidos, se encuentran

dentro de los rangos típicos esperados para lodos obtenidos a través del proceso de lodos activados con aireación extendida, como es el caso del lodo utilizado en este proyecto.

METALES PESADOS	LODO	REGLAMENTO LODOS SF / SD ⁽¹⁾	NORMA COMPOST ⁽²⁾	E.P.A ⁽³⁾	C.E.E ⁽⁴⁾
Arsénico (mg/kg)	12,5	20 / 40	----	75	---
Cadmio (mg/kg)	0,50	8 / 40	10	85	20-40
Cobre (mg/kg)	310	1000 / 1200	1500	4300	1000 -1750
Mercurio (mg/kg)	1,75	10 / 20	10	57	16-25
Niquel (mg/kg)	14,5	80 / 420	200	420	300-400
Plomo (mg/kg)	38,5	300 / 400	800	840	750-1200
Cromo (mg/kg)	116,3	----	1000	----	----
Zinc (mg/kg)	695	2000 / 2800	3000	7500	2500-4000

Tabla. 5. Concentraciones máximas permitidas de metales en lodos para aplicación en suelos

Las concentraciones de lodo en las aguas residuales disminuyeron con el uso de **BEC 106, Genzyme 4X F GT** la cual han mejorado la calidad de agua con las cuales ahora son usadas para el mismo regío de la cancha sintética ubicada en el interior de la empresa.

Fig. 11. Resultados en áreas verdes después del tratamiento



CAPITULO V. CONCLUSIONES

- Las conclusiones de acuerdo al tratamiento de aguas residuales utilizando BEC106, GENZYME 4XFGT en la empresa ACQUITERMI S.A fueron la más favorables con valores de:

Salidos totales -1090-uk 109.mg/

Solido suspendido 13 uk- 2 mg/1

Solidos sedimentales 0,2uk-0

Aceites y grasas- 0,44

DBO-12uk-0,84

DQO-31uk-3,50

- En razón de los resultados obtenidos se prende concluir que este tipo de agua tanto puede ser útil paras el riego de plantas en los alrededores del área de la empresa ACQUITERMI S.A.

CAPITULO VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda el uso de una nueva bacteria la cual ayudara y facilitara la degradación de los sólidos disueltos;
- ✓ La degradación del compost facilitara la eliminación de los lodos;
- ✓ La empresa ACQUITERMI S.A. deberá hacer un recambio del sistema de tuberías, e instalaciones en lo referente a la piscinas de tratamiento;

BIBLIOGRAFÍA

Abdennaucer, H., Kaouala, B., Naceur, J., Ameer, Ch., Mohamed, Ch., Abdellatif, B. (2001). Microbial characterization during composting of municipal solid waste. *Bioresource Technology*. 217: 217-225.

Abid, N., Sayadi, S. (2006). Detrimental effects of olive mill wastewater on the composting process of agricultural wastes. *Waste Management*. 26: 1099 - 1107. Abouelwafa, R., Ait Baddi, G., Souabi, S., Winterton, P., Cegarra, J., Hafidi, M. (2008).

Aerobic biodegradation of sludge from effluent of a vegetable oil processing plant mixed household waste: Physical-chemical, microbiological, and spectroscopic analysis. *Bioresource Technology*. 99:8571-8577.

Acosta, Y., Paolini, J., Benítez, E. (2004). Índice de humificación y prueba de fitotoxicidad en residuos orgánicos de uso agrícola potencial. *Rev. Fac. Agron. Vol.21, nº4: 185-194.*

Adani, F., Ubbiali, C., Generini, P. (2006). The determination of biological stability of composts using the dynamic Respiration Index: The results of experience after two years. *Waste Management*. 26: 41-48.

Ait Baddi, G., Hafidi, M., Cegarra, J., Albuquerque, J.A., González, J., Gilard, V., Revel, J. (2004). Characterization of fulvic acids by elemental and spectroscopic (FTIR and ¹³CNMR) analyses during composting of olive mill wastes plus straw. *Bioresource Technology*. 93:285-290.

Ajiboye, B., Akinremi, O., Raez, G.J. (2004). Laboratory characterization of phosphorus in fresh and oven-dried organic amendments. *Journal Environmental Quality*. 33: 1062:1069.

Akinremi, O.O., Armisen, N., Kashem, M.A., Janzen, H.H. (2003). Evaluation of analytical methods for total phosphorus in organic amendments. *Commun. Soil Sci.Anal.* 34: 2981- 2991.

Albrecht, R., Joffre, R., Gros, R., Le Petit, J., Terrom, G., Perissol, C. (2008). Efficiency of near-infrared reflectance spectroscopy to assess and predict the stage of transformation of organic matter in the composting process. *Bioresource Technology*. 99: 448-455. 62

Amir, S. Hafidi, M., Merlina, G, Revel, J.C. (2005 a). Structural characterization of fulvic acids during composting of sewage sludge. *Process Biochemistry*. 40: 1693-1700.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Lagunaje> .

APHA, AWWA, WPCP, (1992). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables residuales. 17^a Ed. Ediciones Díaz de Santos S.A. Madrid.

Arata, P. (2005). Evaluación de la calidad del lodo en la Región Metropolitana y su uso agrícola. Serie Actas INIA-Nº 27, Seminario: uso benéfico de lodos. INIA- La Platina. Santiago, Chile. Pp: 31-38.

Artz, R., Chapman, S., Robertson, A.H., Potes, J., Laggoun-Defarde, F., Gogo, S., Comont, L., Dianar, J.R., Francez, A.J. (2008). FTIR spectroscopy can be used as a screening tool for organic matter quality in regenerating cutover peatlands. *Soil Biology & Biochemistry*. 40: 515-527.

Baeta-Hall, L., Saagua, M.C., Bartolomeu, M.L., Anselmo, A.M., Rosa, M.F. (2002). A compostagem como processo de valorização dos resíduos produzidos na estação de azeite em contínuo. *Boletín de Biotecnología*. 72: 31-37.

Banegas, V., Moreno, J.L., Moreno, J.I., García, C., León, G., Hernández, T. (2007).

Composting anaerobic y aerobic sewage sludges using two proportions of sawdust. *Waste Management*. 27: 1317-1327.

Baraño, P., Tapia, L. (2004). Tratamiento de las Aguas Servidas: Situación en Chile. *Ciencia y Trabajo*. Año 6 (13): 111-117.

Barrena, R., Vásquez, F., Sánchez, F. (2006). The use of respiration indices in the composting process: a review. *Waste Management & Research*. 26: 37-47.

Barrena, R., Vásquez, F., Sánchez, F. (2006 b). Prediction of temperature and thermal inertia effect in the maturation stage and stockpiling of a large composting mass. *Waste Management*. 26: 953-959.63

Barrena, R. (2006). Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso. Trabajo para optar al grado de Doctor en Ciencias y Tecnologías ambientales. Universidad de Barcelona. España.

Bernal, M.P., Paredes, C., Sánchez-Monedero, M.A., Cegarra, J. (1998). Maturity y stability parameters of composts prepared with a wide range of organics wastes. *Bioresource Technology*. 63: 91-99.

Butler, T.A., Sikora, L.J., Steinhilber, P.M., Douglas, L.W. (2001). Compost age and sample storage effects on maturity indicators of biosolids compost. *Journal Environmental Quality*. 30: 2141-2148.

Cáceres, R., Flotats, X., Marfà, O. (2006). Changes in the chemical and physicochemical properties of the solid fraction of cattle slurry during composting using different aeration strategies. *Waste Management*. 26: 1081-1091.

Castaldi, P., Alberti, G., Merella, R., Melis, P. (2005). Study of the organic matter evolution during municipal solid waste composting aimed at identifying suitable parameters for the evaluation of compost maturity. *Waste Management*. 25: 209-213.

Castrillón, O., Bedoya, O., Montoya, D. (2006). Efecto del pH sobre el crecimiento de microorganismos durante la etapa de maduración en pilas estáticas de compost. *Producción+Limpia*. Volumen1. N° 2: 87-98.

www.lasallista.edu.co/fxcul/media/pdf/Revista+Limpia/Vol1n2/p+I_v1n2_87-98_compost.pdf Actualizada en Mayo de 2008.

Cegarra, J. (1994). Compostaje de desechos orgánicos y criterios de calidad del compost. *Memorias VII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo*, Bucaramanga, Colombia. Pp. 22-30.

Costa, F., García, C., Hernández, T., Polo, A. (1995). *Residuos orgánicos urbanos: manejo y utilización*. 2ª Ed., Ed. CSIC, España.

Cuevas, J., Seguel, O., Ellies, A., Dörnes, J. (2006). Efectos de las enmiendas orgánicas sobre las propiedades físicas del suelo con especial referencias a la adición de lodos urbanos. R.C.Suelo Nutr. Veg. 6:1-12.

Dignac, M.F., Houot, S., Francou, C., Derenne, S. (2005). Pyrolytic study of compost and waste organic matter. Organic Geochemistry. 36: 1054-1071.

Droussi, Z., D' Orazio, V., Hafidi, M., Ouatmane, A. (2008). Elemental and spectroscopic characterization of humic-acid-like compounds during composting of olive mill by-products.

Journal of Hazardous Materials. Article in Press. Ecoamérica: Tecnologías limpias para el nuevo milenio, (2001). Compostaje: creciendo en calidad. Chile. Ed. N°9: 14-15.

EPA (Environmental Protection Agency).(2000). Biosolids technology fact sheet: Land application of biosólids. EPA 832-F-00-064.

Forester, J.C., Zech, W., Wurdinger, E. (1993). Comparison of chemical and microbiological methods for the characterisation of the maturity of composts from contrasting sources. Biology and Fertility of Soils 16, 93–99.

Fuentes, A., M. Lloréns, J. Sáez, M. Aguilar, J. Ortuño, V. Meseguer. (2004). Phytotoxicity and heavy metals speciation of stabilised sewage sludges. Journal of Hazardous Material. 108:161-169.

Fuentes, A., Lloréis, M., Sáez, J., Aguilar, M.I., Pérez-Marín, A.B., Ortuño, J.F., Meseguer, V.F. (2006). Ecotoxicity, phytotoxicity and extractability of heavy metals from different stabilised sewage sludges. Environmental

Pollution. 143:355-360. Gabetta, J.(2004). Lombricultura rentable: Manual teórico práctico para la cría comercial de lombrices.

Ediciones Continente, Argentina. García C., Hernández, T., Costa, F., Polo, A. (1991). Humic substances in composted sewage sludge. Waste Management & Research. 9:35-62. 65

García C., Hernández, T., Costa, F., Ayuso, M. (1992). Evaluation of the maturity og municipal waste compost using simple chemical parameters. Commun. Soil Sci. Plant. Anal. 23: 1501-1512.

García-Gil, J.C. (2001). Efectos residuales y acumulativos producidos por la aplicación de compost de residuos urbanos y lodos de depuradoras sobre agrosistemas mediterráneos degradados. Trabajo para optar al grado de Doctor en Ciencias. CSIC. España.

García-Gil., J., M., Sánchez de Pinto, A. Polo. (2003). Métodos de determinación del grado de madurez y estabilidad en compost de residuos urbanos. Pp: 241-251, en UNSE(ed). Microbiología agrícola: un aporte a la investigación Argentina. Argentina.

Gea, T., Barrena, R., Artola, A., Sánchez, A. (2007). Optimal bulking agent particle size and usage for heat retention and disinfection in domestic wastewater sludge composting. Waste Management. 27:1108-1116.

Glynn, H., Gary, H. (1999). Ingeniería Ambiental. 2ª Ed., Ed. Pearson, México. Gómez-Brandón, M., Lazcano, C., Domínguez, J. (2008). The evaluation of stability and maturity during the composting of cattle manure. Chemosphere. 70: 436-444.

Goyal, S., Dhull, S.K., Kapoor, K.K. (2005). Chemical and biological changes during composting of different organic wastes and assessment of compost maturity. *Bioresource Technology*. 96: 1584-1591.

Grube, M., Lin, J.G., Lee P.H., Kokorevicha, S. (2006) Evaluation of sewage sludge-based compost by FT-IR spectroscopy. *Geoderma*. 130: 324-333.

Gutierrez, I., Zuluaga, R., Cruz, J., Gañan, P. (2005). Influencia del tratamiento con vapor sobre la estructura y comportamiento físico-mecánico de fibras de plátano. *Inf. Tecnol*. Vol.16:15-21.

Haug, R. (1993). *The practical handbook of compost engineering*. Lewis Publishers.

Hernández, T., Mascaindaro, G., Moreno, J.I., García, C. (2006). Changes in organic matter composition during composting of two digested sludges. *Waste Management*. 26: 1370-1376.

Hogan, J. (1998). Composting. Pp. 357-383. In: G. Lewandowski and L. De Filippi (ed.). *Biological Treatment of Hazardous Wastes*, New York, Estados Unidos.

Huang, G.F., Wu, Q.T., Wong, J.W.C., Nagar, B.B. (2006). Transformation of organic matter during co-composting of pig manure with sawdust. *Bioresource Technology*. 97: 1834-1842.

Insem, H., Haselwanter, K. (1989). Metabolic quotient of the soil microflora in relation to plant succession. *Oecologia*. 79: 174-178.

INTEC (1999). Manual de compostaje. Corporación de investigación tecnológica de Chile. Jouraiphy, A., Amir, S., El Gharous, M., Revel, J.C., Hafidi, M. (2005). Chemical and spectroscopic análisis of organic matter transformation during composting of sewage sludge and green plant waste. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 56: 101-108.

Kulcu, R., Yaldiz, O. (2007). Composting of goat manure and wheat straw using pine cones a bulking agent. *Bioresource Technology*. 98:2700-2704.

Lepe A., Coronado J.C., (2003). Caracterización y Tipología de Lodos. Actas XV Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, AIDIS - Concepción, Chile.

Levy, J. y B. Taylor. 2003. Effects of pulp mill solids and three compost on early growth of tomatoes. *Biorresource Technology*. 89: 297-305.

Liang, Y., Leonard, J.J., Feddes, J.J.R., McGill, W.B. (2006). Influence of carbon and buffer amendment on ammonia volatilization in composting. *Bioresource Technology*. 97: 748-761.

McEachin, D., Horwath, W., VanderGheynst, J. (2007). Comparison of several maturity indicators for estimating phytotoxicity in compost-amended soil. *Waste Management*. Article in Press.

Mari, I., Ehaliotis, C., Kotsou, M., Balis, C., Georgakakis, D. (2003). Respiration profiles in monitoring the composting of by-products from the olive oil agro-industry. *Bioresource Technology*. 87:331-336.

Metcalf & Eddy, INC. (1995). Ingeniería de Aguas residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización. Vol. II, 3ª Ed., Mc Graw-Hill, España.

Miyataki, F., Iwabuchi, K. (2006). Effect of compost temperature on oxygen uptake rate, specific growth rate and enzymatic activity of microorganisms in dairy cattle manure. *Bioresource Technology*. 97: 61-65.

Nakasaki, K., Ohtaki, A., Takano, H. (2001). Effect of bulking agent on the reduction of NH₃ emissions during thermophilic composting of night-soil sludge. *Waste Management & Research*. 19:301-307.

Norma C.E.E(Comunidad Europea). (2000). Requisitos recogidos de la Directiva 86/278/CEE sobre la utilización en la agricultura de lodos de depuración de aguas residuales.
http://europa.eu.int/comm/environment/sludge/sludge_en.pdf

Ntougias, S. Ehaliotis, C., Papadopoulou, K., Zervakis, G. (2006) Application of respiration and FDA hydrolysis measurements for estimating microbial activity during composting processes. *Biol. Fertil Soils*. 42: 330-337.

Oleszczuck, P. (2007). Phytotoxicity of municipal sewage sludge compost related to physico-chemical propoerties, PAHs and heavy metals. *Ecotoxicol. Environm.Safety*. Article in press.

Oropeza, N. (2006). Lodos residuales: estabilización y manejo. *Caos Conciencia*. (1): 51- 58.

Pagans, E., Barrena, R., Font, X., Sánchez, A. (2006). Ammonia emissions from the composting of different organic waste. Dependency on process temperature. *Chemosphere*. 62: 1534-1562.

Poirrier, P., Chamy, R. (1996). El Camino de los Lodos. *Induambiente*. Año 4 (21): 66-72. Qiao, L., Ho, G. (1997). The effects of clay amendment on composting of digested sludge. *Water Research*. 31(5): 1056-1064.

Ramalho, R.S., (1993). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Editorial Reverté, España.

Ryckeboer, J., Mergaert, J., Coosemans, J., Deprins, K., Swings, J. (2003). Microbiological aspects of biowaste during composting in a monitored compost bin. *J. Appl. Microbiol.* 94: 127-137.

Sadzawka, A., Carrasco, M.A., Grez, R., Mora, M.L. (2005). *Métodos de análisis de compost*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación de La Platina.

Said-Pullicino, D., Gigliotti, G. (2007). Oxidative biodegradation of dissolved organic matter during composting. *Chemosphere*. 68: 1030-1040.

Said-Pullicino, D., Erriquens, F., Gigliotti, G. (2007). Changes in the chemical characteristics of water-extractable organic matter during composting and their influence on compost stability and maturity. *Bioresource Technology*. 98: 1822-1831. Sainz, H., E. Benítez, R. Melgar, R, Alvarez, M. Gómez, R. Nogales. (2000).

Biotransformación y valorización agrícola de subproductos del olivar- orulos secos y extractados mediante vermicompostaje. *Edafología*.72:103-111.

Sánchez, B., Ruiz, M., Ríos, M.M. (2005). Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la cuenca del río Maracay, estado de Aragua. *Agronomía Trop*. 55:507-534.

Simandi, P., Takayanagi, M., Inubushi, K. (2005). Changes in the pH of two different composts are dependent on the production of organic acid. *Soil Sci. Plant Nutr.* 51(5): 771- 774.

Smidth, E., Meissl, K., Schwanninger, M., Lechner, P. (2008). Classification of waste materials using Fourier transform infrared spectroscopy and soft independent modelling of class analogy. *Waste Management.* 28: 1699-1710. Smidt, E., Meissl, K. (2007). The applicability of Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy in waste management. *Waste Management.* 27:268-276.

Smidt, E., Lechner, P., Schwanninger, M., Haberhauer, G., Gerzabek, M.H. 2002. Characterization of waste organic matter by FT-IR spectroscopy: application in waste science. *Appl. Spectrosc.* 56:1170-1175.

Spaccini, R., Piccolo, A. (2007). Molecular characterization of compost at increasing stages of maturity.1. Chemical fractionation and Infrared Spectroscopy. *Journal of agricultural and food chemistry.* 55: 2293-2302.

Steger, K., Jarvis, A., Smars, S., Sundh, I. (2003). Comparison of signature lipide methods to determine microbial community structure in compost. *Journal of Microbiological Methods.* 55: 371-382.

Sztern, D., Pravia, M. (1999). Manual para la elaboración de compost: bases conceptuales y procedimientos. Organización Panamericana de la Salud & Organización Mundial de la Salud. [http:// www.ops.org.uy/pdf.compost.pdf](http://www.ops.org.uy/pdf.compost.pdf). (Actualizada en Mayo de 2008).

Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S. (1994). Gestión integral de residuos sólidos. Vol.II, Ed. Mc Graw Hill, España.

Tognetti, C., Mazzarino, M.J., Laos, F. (2007 a). Cocomposting biosolids and municipal organic waste: effects of process management on stabilization and quality. *Biol. Fertil. Soils*. 43:387-397.

Tognetti, C., Mazzarino, M.J., Laos, F. (2007 b). Improving the quality of municipal organic waste compost. *Bioresource Technology*. 98: 1067-1076.

Toro, F. (2005). Áreas potenciales para la aplicación de biosólidos en plantaciones forestales de la VI Región de Chile. Trabajo para optar al título de Ingeniero Forestal Universidad de Chile, Santiago.

Tremier, A., de Guardia, A., Massiani, C., Paul, E., Martel, J.L. (2005). A respirometric for characterising the organic composition and biodegradation kinetics and the temperatura influence on the biodegradation kinetics, for a mixture of sludge and bulking agent to be co-composted. *Bioresource Technology*. 96: 169-180.

Trois, C., Polster, A. (2007). Effective pine bark composting with the Dome Aeration Technology. *Waste Management*. 27: 96-105.

Tuomela, M., Vikman, M., Hatakka, A., Itävaara, M. (2000). Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. *Bioresource Technology*. 72:169-183.

US EPA(1995). A guide to the biosolids risk assessment for the EPA. Part 503 Rule. Oficce of Wastewater Management. EPA/8332/B-93-005.

Varnero, M.T., Rojas, C., Orellana, R. (2007). Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. R.C.Suelo Nutr. Veg. , vol 7, nº 1, 28-37.

Wang, X. (2008). Feasibility of glucose recovery from municipal sewage sludges as feedstocks using acid hydrolysis. Trabajo para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería. Universidad de Queen, Canadá.

Wang, Y., Schuchardt, F., Sheng, F., Zhang, R., Cao, Z. (2004). Assessment of maturity of vineyard pruning compost by Fourier Transform Infrared Spectroscopy, biological and chemical analyses. Landbauforschung Völkenrode. 54: 163-169.

Wilkinson, K.G. (2007). The biosecurity of on-farm mortality composting. Journal of Applied Microbiology. 102: 609-618.

Yamada, K., Kawase, K. (2006). Aerobic composting of waste activated sludge: Kinetic analysis for microbiological reaction and oxygen consumption. Waste Management. 26: 49-61.

Zaccheo, P., Cabassi, G., Ricca, G., Crippa, L. (2002). Decomposition of organic residues in soil: experimental technique and spectroscopic approach. Organic Geochemistry. 33:327-345.

Zaleski, J., Josephson, K., Gerba, Ch., Pepper, I. (2005). Potential regrowth and recolonization of salmonellae and indicators in biosolids and biosolid-amended soil.

Applied and Environmental Microbiology. 71: 3701-3708.

Zbytniewski, R., Buszewski, B. (2005). Characterization of natural organic matter (NOM) derived from sewage sludge compost. Part 1: chemical and spectroscopic properties. *Bioresource Technology*. 96: 471-478.

WEBGRAFÍA

<http://es.scribd.com/doc/182507047/Medio-Ambiente-Deibi>
<http://www.docstoc.com/docs/22268017/TRATAMIENTO-DE-AGUAS-RESIDUALES-2>
<http://disolucionyprecipitaciondesolidos.blogspot.com/2011/04/tratamiento-de-materia-disuelta.html>
<http://www.docstoc.com/docs/55984361/modulo-IV-aguas-residuales>
<http://www.mailxmail.com/curso-agua-tratamientos-1-2/operaciones-fisicas-3-5>
<http://www.slideshare.net/Baucampos/tratamientos-industriales-de-aguas>
<http://es.scribd.com/doc/136211092/Seleccion-de-tratamientos-de-aguas-industriales-residuales>
<http://bunny-luna.blogspot.com/2010/06/tratamiento-primario.html>
<http://www.slideshare.net/eniodiaz3/mtodos-de-tratamiento-de-las-aguas-residuales>
<http://laremolacha.blogspot.com/2005/10/tratamiento-de-las-aguas-servidas-y-su.html>
<http://es.scribd.com/doc/187146338/Adsorcion-en-Aguas-Residuales>
<http://www.buenastareas.com/ensayos/Tratamiento-De-Aguas-Residuales/1583121.html>
<http://ptaramigasdelambiente.blogspot.com/>
<http://www.cyclucid.com/tecnologias-aguas-residuales/tratamiento-aguas/tratamiento-secundario/lechos-bacterianos/>
<http://www.mailxmail.com/curso-agua-tratamientos-1-2/procesos-quimicos-precipitacion-coagulacionfloculacion>
<http://ensayoaguasresiduales.blogspot.com/>
<http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/943905>
<http://www.indurres.cl/index.php/bec-106>
<http://es.wikipedia.org/wiki/Lagunaje>
<http://www.lahistoriaconmapas.com/historia/historia2/definicion-de-bentonita/>
<http://es.scribd.com/doc/112254437/Tratamiento-de-Eflunete-Codg-014>

ANEXOS



Anexo. 1. Instalaciones de Acquitermi s.a.



Anexo. 2. Interior de las instalaciones de Acquitermi s.a.

SECCION 1										
Día	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	PROM 1	DESV EST
1	21	25	22	22	23				22,6	1,5
2	38	43	33	28	30	30	35	32	33,6	4,9
3	32	31	30	30	28	28	34	29	30,3	2,1
4	34	34	30	27	28	29	33	35	31,3	3,1
5	38	34	31	29	29	29	34	35	32,1	2,9
6	38	33	34	29	29	34	29	35	32,6	3,3
7	41	37	39	39	37	34	38	35	37,3	2,3
8	38	36	40	40	39	39	38	38	38,3	1,6
9	42	37	40	41	40	43	42	39	40,5	1,9
10	40	38	40	42	40	43	42	40	41,0	1,6
11	37	39	40	38	41	41	39	42	39,6	1,7
12	40	47	43	45	43	48	48	47	45,1	2,9
13	47	47	48	47	45	47	49	47	47,1	1,1
14	46	46	45	48	46	45	47	47	46,0	1,0
15	46	47	44	46	46	44	47	47	46,0	1,2
16	32	37	35	35	36	32	32	32	33,9	2,1
17	37	39	39	42	42	39	38	37	39,1	2,0
18	45	45	46	47	49	49	48	45	46,8	1,8
19	48	50	51	52	55	52	50	50	51,0	2,1
20	50	50	51	51	51	52	50	48	50,4	1,2
21	51	53	55	54	56	54	55	54	54,0	1,5
22	52	52	55	54	55	54	55	55	54,0	1,3
23	52	51	55	58	58	55	52	55	54,3	2,4
24	56	50	52	56	51	56	52	55	53,5	2,5
25	56	57	55	66	58	56	56	54	57,3	3,7
26	54	55	56	57	56	54	54	52	54,8	1,6
27	58	56	56	56	54	53	54	56	55,4	1,6
28	54	56	56	55	59	56	56	51	55,4	2,3
29	52	53	55	55	52	52	54	54	53,0	1,3
30	54	52	50	51	51	46	48	45	49,6	3,1
31	52	51	52	51	50	48	48	49	50,1	1,6
32	49	51	50	50	48	46	47	50	48,9	1,7
33	53	51	50	54	43	46	58	53	51,0	4,7
34	52	52	50	56	51	51	56	54	52,8	2,3
35	51	54	52	54	51	52	53	52	52,4	1,2
36	51	52	52	54	52	53	53	52	52,0	0,9
37	51	54	54	54	50	51	52	52	52,3	1,6
38	52	52	52	50	53	52	54	51	52,0	1,2
39	46	48	43	45	50	45	50	50	47,1	2,7
40	50	50	54	52	54	50	49	52	51,4	1,9
41	53	50	50	50	49	50	55	50	50,9	2,0

Anexo. 3. Temperaturas registradas en la sección 1 de la Pila A durante la evolución del proceso de compostaje.

42	52	55	50	52	52	50	52	52	51,9	1,6
43	53	51	49	50	55	52	52	52	51,8	1,8
44	50	51	50	50	50	51	53	51	50,8	1,0
45	51	50	53	53	52	45	53	50	50,9	2,7
46	52	51	50	50	50	50	45	43	51,0	3,1
47	52	50	50	52	52	48	49	50	50,4	1,5
48	52	50	50	49	50	45	45	49	48,8	2,5
49	49	51	48	51	50	49	43	51	49,0	2,7
50	51	51	48	49	49	43	52	50	49,1	2,8
51	51	50	50	46	48	46	48	48	48,4	1,8
52	50	47	50	48	46	48	48	50	48,4	1,5
53	46	46	48	46	43	43	46	45	45,4	1,7
54	44	44	46	46	44	45	46	48	45,4	1,4
55	44	43	44	45	44	46	43	44	44,1	1,0
56	45	43	43	43	42	44	42	41	42,9	1,2
57	43	43	44	38	42	42	42	42	42,0	1,8
58	42	43	42	42	41	42	42	43	42,1	0,6
59	43	43	44	42	41	43	42	42	42,5	0,9
60	40	41	40	42	41	42	42	41	41,1	0,8
61	40	42	42	44	40	42	41	42	41,6	1,3
62	42	41	40	44	41	43	43	41	41,9	1,4
63	43	43	42	40	43	42	43	43	42,4	1,1
64	42	42	44	42	42	43	40	42	42,1	1,1
65	41	42	40	42	42	40	40	43	41,3	1,2
66	43	42	42	41	42	40	42	41	41,6	0,9
67	42	42	40	42	42	40	40	40	41,0	1,1
68	42	40	40	42	40	41	40	40	40,6	0,9
69	37	42	38	39	42	42	40	40	40,0	1,9
70	46	44	45	42	45	46	43	46	44,6	1,5
71	42	40	40	41	41	40	43	41	41,0	1,1
72	42	41	42	41	41	40	42	43	41,5	0,9
73	43	43	40	41	41	44	42	42	42,0	1,3
74	41	42	40	40	41	42	42	42	41,3	0,9
75	40	40	42	42	41	42	40	41	41,0	0,9
76	39	40	40	42	41	40	39	37	39,8	1,5
77	40	42	40	42	40	41	39	40	40,5	1,1
78	40	42	40	38	40	42	40	42	40,5	1,4
79	38	38	39	42	42	40	39	39	39,6	1,6
80	40	43	40	42	42	42	43	40	41,5	1,3
81	52	42	47	47	45	47	46	44	46,3	2,9
82	36	37	34	38	42	43	37	46	39,1	4,1
83	38	38	34	38	42	42	40	44	39,5	3,2
84	34	39	34	39	41	40	39	45	38,9	3,6
85	39	39	37	42	41	43	42	46	41,1	2,8
86	42	40	40	40	41	45	45	45	42,3	2,4
87	42	40	41	40	41	45	45	42	42,0	2,0
88	41	40	39	41	41	41	42	45	41,3	1,8
89	42	40	42	42	40	42	40	44	41,5	1,4
90	42	42	42	43	40	43	38	38	41,0	2,1

91	40	40	40	41	38	41	42	38	40,0	1,4
92	38	38	39	38	45	42	39	42	40,1	2,6
93	35	40	39	38	39	39	38	35	38,0	1,7
94	45	42	40	37	39	42	40	40	40,6	2,4
95	35	35	32	35	36	35	37	37	35,3	1,6
96	32	35	34	35	34	36	36	32	34,3	1,6
97	30	32	31	31	31	36	35	32	32,1	1,9
98	32	34	36	32	32	33	36	34	33,6	1,7
99	35	37	37	33	34	35	36	33	35,0	1,6
100	35	35	35	34	34	34	35	37	34,9	1,0
101	39	43	43	45	42	40	40	41	41,6	2,0
102	39	39	43	42	40	38	37	39	39,6	2,0
103	40	42	44	42	40	42	42	40	41,5	1,4
104	40	43	43	43	45	45	44	41	43,0	1,8
105	42	43	43	45	40	39	37	40	41,1	2,6
106	40	43	45	45	47	40	45	47	44,0	2,8
107	38	40	40	39	43	45	43	42	41,3	2,4
108	45	46	46	42	47	45	48	48	45,9	2,0
109	43	42	45	44	45	44	44	44	43,9	1,0
110	43	44	44	43	44	43	45	44	43,8	0,7
111	43	44	43	43	43	42	45	45	43,5	1,1
112	44	43	42	42	43	43	44	43	43,0	0,8
113	45	46	46	48	52	51	49	47	48,0	2,5
114	45	45	43	44	44	45	45	44	44,5	0,9
115	45	46	47	46	46	45	45	48	46,0	1,1
116	41	42	46	47	46	45	46	46	44,9	2,2
117	44	44	45	48	46	46	46	46	45,6	1,3
118	45	46	45	45	46	47	47	47	46,0	0,9
119	42	46	45	46	45	47	47	47	45,6	1,7
120	45	46	47	47	46	45	46	45	45,9	0,8
121	45	45	45	45	46	46	47	47	45,9	0,8
122	45	47	46	45	45	47	47	47	46,3	0,9
123	45	43	43	43	45	46	43	43	43,9	1,2
124	42	43	43	44	46	44	42	42	43,3	1,4
125	42	42	43	45	46	46	44	42	43,8	1,8
126	40	43	43	45	46	47	45	43	44,0	2,2
127	42	42	44	45	45	42	43	45	43,5	1,4
128	42	42	44	45	45	45	42	43	43,5	1,4
129	33	29	32	31	34	34	32	31	32,0	1,7
130	35	35	37	37	36	33	35	35	35,5	1,3
131	35	35	36	35	37	33	33	36	35,0	1,4
132	35	36	36	36	35	35	34	36	35,5	0,8
133	38	36	36	36	32	35	34	34	35,1	1,8
134	35	34	34	34	29	31	31	32	32,6	2,3
135	29	30	32	32	28	33	33	36	31,6	2,6
136	31	30	32	32	30	32	30	29	30,8	1,2
137	31	31	31	31	30	31	28	26	29,9	1,9
138	31	31	28	30	30	32	29	33	30,5	1,6
139	29	30	27	27	29	29	29	36	29,5	2,8

SECCION 2										
Día	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	PROM 1	DESV EST
1	23	24	25	23	24				24,0	0,8
2	30	34	34	34	32	32	30	34	32,5	1,8
3	25	30	34	32	28	29	25	25	28,5	3,4
4	32	31	33	36	34	32	35	33	33,3	1,7
5	30	30	33	38	31	32	34	39	33,4	3,5
6	30	33	30	31	32	32	33	38	32,4	2,6
7	45	41	39	38	38	36	36	34	38,4	3,4
8	42	42	40	38	43	41	42	42	41,3	1,6
9	40	41	41	39	39	39	40	42	40,1	1,1
10	41	41	41	42	39	38	42	42	40,8	1,5
11	42	42	36	35	39	43	45	40	40,3	3,5
12	48	46	46	45	46	47	45	40	45,4	2,4
13	45	45	47	47	47	45	43	45	45,5	1,4
14	44	44	46	42	44	45	43	44	44,0	1,2
15	42	44	44	44	46	47	45	45	44,6	1,5
16	37	39	38	38	37	39	38	38	38,0	0,8
17	38	39	39	35	39	40	42	40	39,0	2,0
18	50	48	48	49	48	47	47	46	47,9	1,2
19	51	55	50	50	49	50	50	51	50,8	1,8
20	48	48	50	57	56	56	55	52	52,8	3,7
21	54	55	52	55	59	57	54	55	55,1	2,1
22	54	55	54	54	56	53	54	56	54,5	1,1
23	56	54	55	51	52	54	54	55	53,9	1,6
24	56	52	52	55	54	56	55	55	54,4	1,6
25	54	54	54	55	54	58	56	58	55,4	1,8
26	55	53	53	54	56	58	56	60	55,6	2,4
27	55	53	53	54	62	56	60	60	56,6	3,5
28	59	55	57	56	54	57	56	57	56,4	1,5
29	55	53	55	54	52	52	53	53	53,4	1,2
30	50	50	45	46	49	52	52	55	49,9	3,3
31	54	55	45	48	50	53	52	56	51,6	3,7
32	53	50	45	49	52	57	52	52	51,3	3,5
33	50	50	51	51	45	46	45	44	47,8	3,0
34	50	52	50	51	52	53	56	51	51,9	2,0

35	51	51	52	52	51	52	51	52	51,5	0,5
36	51	52	54	54	51	52	51	55	52,5	1,6
37	52	51	58	54	51	52	51	55	53,0	2,5
38	52	51	53	52	52	51	51	53	51,9	0,8
39	49	49	50	47	50	50	51	50	49,5	1,2
40	52	50	50	51	51	50	51	52	50,9	0,8
41	54	50	50	52	51	49	50	54	51,3	1,9
42	51	50	55	52	53	52	52	53	52,3	1,5
43	52	44	45	52	48	51	51	52	49,4	3,3
44	52	50	52	52	52	53	50	50	51,4	1,2
45	52	50	52	49	48	49	50	50	50,0	1,4
46	50	50	50	49	48	49	50	50	49,5	0,8
47	50	49	49	49	48	50	49	51	49,4	0,9
48	50	48	48	49	49	51	49	40	48,0	3,4
49	50	50	50	49	48	49	50	50	49,5	0,8
50	50	52	52	48	46	46	46	48	48,5	2,6
51	50	48	46	46	46	46	44	44	46,3	2,0
52	48	46	50	44	48	46	44	48	46,8	2,1
53	46	48	47	49	46	46	45	46	46,6	1,3
54	45	46	47	48	44	46	46	47	46,1	1,2
55	42	44	44	46	42	42	44	46	43,8	1,7
56	42	42	45	42	43	43	44	46	43,4	1,5
57	42	42	45	42	42	43	45	46	43,4	1,7
58	42	42	46	45	42	44	45	42	43,5	1,7
59	41	46	42	45	42	44	45	44	43,6	1,8
60	46	40	40	44	42	45	45	42	43,0	2,3
61	44	42	41	42	42	44	42	41	42,3	1,2
62	43	40	42	44	42	42	43	42	42,3	1,2
63	43	42	43	42	43	42	45	42	42,8	1,0
64	42	40	45	42	42	43	45	42	42,6	1,7
65	40	40	44	43	41	43	42	42	41,9	1,5
66	42	42	40	40	42	40	40	42	41,0	1,1
67	42	40	42	40	41	40	40	40	40,6	0,9
68	41	42	40	42	40	41	42	42	41,3	0,9
69	40	39	44	43	41	42	42	42	41,6	1,6
70	46	45	42	40	41	43	43	46	43,3	2,3
71	42	41	42	42	41	42	40	40	41,3	0,9
72	42	43	43	42	41	43	40	47	42,6	2,1
73	43	41	41	42	41	42	42	42	41,8	0,7
74	42	41	42	40	41	43	42	43	41,8	1,0
75	42	40	42	40	40	42	42	41	41,1	1,0
76	41	41	40	41	39	40	41	41	40,5	0,8
77	40	42	42	42	40	42	42	42	41,5	0,9
78	38	40	44	42	40	38	42	42	40,8	2,1
79	34	39	36	36	38	35	39	40	37,1	2,2
80	37	41	42	34	43	39	39	43	39,8	3,2
81	54	56	52	52	53	53	54	54	53,5	1,3
82	40	40	37	46	39	35	40	42	39,9	3,3
83	40	42	42	44	40	35	40	42	40,6	2,7

84	42	43	40	43	42	34	40	41	40,6	2,9
85	40	41	40	43	42	34	40	41	40,1	2,7
86	45	42	40	45	42	38	40	44	42,0	2,6
87	44	41	40	41	44	41	40	42	41,6	1,6
88	42	41	40	43	42	39	40	42	41,1	1,4
89	42	42	40	43	42	41	40	43	41,6	1,2
90	42	40	41	41	39	42	42	45	41,5	1,8
91	44	42	42	42	40	44	42	44	42,5	1,4
92	46	45	46	43	38	39	42	42	42,6	3,0
93	36	38	36	39	42	43	40	45	39,9	3,3
94	39	40	38	38	37	35	39	40	38,3	1,7
95	38	42	43	39	46	45	42	38	41,6	3,1
96	38	40	40	40	38	38	36	36	38,3	1,7
97	37	36	37	37	34	33	33	34	35,1	1,8
98	37	34	34	38	38	32	34	34	35,1	2,2
99	37	35	35	34	36	34	35	35	35,1	1,0
100	34	33	33	32	35	37	34	36	34,3	1,7
101	43	43	40	38	37	37	39	39	39,5	2,4
102	43	42	45	45	45	44	45	43	44,0	1,2
103	42	40	44	44	42	44	42	44	42,8	1,5
104	41	41	41	42	41	43	40	40	41,1	1,0
105	43	42	42	42	43	37	35	39	40,4	3,0
106	40	43	45	46	46	45	47	45	44,6	2,2
107	38	42	42	41	41	43	45	47	42,4	2,7
108	43	45	43	52	52	43	45	47	46,3	3,8
109	42	43	42	42	42	43	43	45	42,8	1,0
110	42	44	44	42	45	44	44	44	43,6	1,1
111	43	45	46	47	46	46	45	46	45,5	1,2
112	44	42	42	41	39	42	43	42	41,9	1,5
113	42	46	46	46	45	45	44	47	45,1	1,6
114	45	46	46	43	44	45	44	44	44,6	1,1
115	43	45	46	46	46	46	47	43	45,3	1,5
116	42	48	47	47	47	46	47	45	46,1	1,9
117	44	44	44	45	47	48	45	47	45,5	1,6
118	47	46	46	46	45	46	46	46	46,0	0,5
119	43	44	45	47	46	46	45	48	45,5	1,6
120	47	46	46	46	46	45	46	45	45,9	0,6
121	45	45	43	45	46	44	43	43	44,3	1,2
122	46	45	46	47	46	42	43	46	45,1	1,7
123	45	45	45	45	45	45	45	43	44,8	0,7
124	44	45	44	43	42	44	43	42	43,4	1,1
125	44	46	44	44	42	44	42	44	43,8	1,3
126	40	43	43	44	44	44	44	45	43,4	1,5
127	42	46	42	44	44	43	43	45	43,6	1,4
128	42	42	44	44	43	43	45	46	43,6	1,4
129	31	35	32	34	33	34	32	33	33,0	1,3
130	36	37	37	39	37	35	34	34	36,1	1,7
131	34	35	37	37	37	38	36	35	36,1	1,4
132	34	33	38	38	36	34	36	36	35,6	1,8

Anexo.4. prueba no paramétrica de Kruskal - Wallis a un nivel de significancia del 5%.

Muestra	ST 1 (%)	ST 2 (%)	ST 3 (%)	PROM	DES EST
Lodo	15,07	14,92	14,99	14,99 a	0,08
0	40,30	36,94	40,70	39,31 ab	2,07
30	45,50	40,72	43,11	43,11 b	2,39
60	42,04	42,61	42,32	42,32 ab	0,29
120	41,95	38,12	39,85	39,97 ab	1,92

Muestras	Humedad 1 (%)	Humedad 2 (%)	Humedad 3 (%)	PROM	DES EST
Lodo	84,93	85,08	85,01	85,01 a	0,08
0	59,70	63,06	59,30	60,69 ab	2,07
30	54,50	59,28	56,89	56,89 b	2,39
60	57,96	57,39	57,68	57,68 ab	0,29
120	58,05	61,88	60,15	60,03 ab	1,92

Anexo. 5. Análisis de Sólidos totales en la Pila A con diferentes tiempos del proceso de compostaje (días).

Anexo. 6. Humedades registradas en la Pila D a diferentes tiempos del proceso de compostaje (días)

Muestra	Humedad 1 (%)	Humedad 2 (%)	Humedad 3 (%)	PROM	DES EST
Lodo	84,93	85,08	85,01	85,01 a	0,08
0	55,45	53,89	56,98	55,44 a	1,55
15	40,6	37,97	39,29	39,29 a	1,32
30	41,1	34,47	37,76	37,76 a	3,29
45	39,3	36,02	37,66	37,66 a	1,65
60	35,58	39,24	37,41	37,41 a	1,83
75	33,09	44,19	38,64	38,64 a	5,55
90	53,54	50,06	52,96	52,19 a	1,86

Anexo. 7. Cociente metabólico registrado en la Pila A con diferentes tiempos del proceso de compostaje http://www.doctoradornn.ufro.cl/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=38&tmpl=component&format=raw&Itemid

Muestra	TR (mg CO ₂ /g m.s.día)	CB (mg C _{org} /g m.s.)	q CO ₂ (mg CO ₂ /mg C _{org} .día)	PROM	DES EST
0	1,38	5,83	0,24	0,29	0,05
	1,51	4,42	0,34		
	1,42	5,13	0,28		
30	0,89	3,86	0,23	0,32	0,07
	1,20	3,25	0,37		
	1,23	3,56	0,35		
60	0,39	8,55	0,05	0,04	0,01
	0,44	13,44	0,03		
	0,43	11,00	0,04		
120	0,42	7,55	0,06	0,09	0,04
	0,39	3,05	0,13		
	0,40	5,30	0,08		

Muestra	TR (mg CO ₂ /g m.s.día)	CB (mg C _{bio} /g m.s.)	qCO ₂ (mg CO ₂ / mg C _{bio} .día)	PROM	DES EST
15	1,27	5,78	0,22	0,16	0,05
	1,43	12,12	0,12		
	1,35	8,95	0,15		
30	1,25	8,83	0,14	0,22	0,08
	1,50	4,80	0,31		
	1,38	6,72	0,21		
45	0,62	3,85	0,16	0,21	0,06
	0,64	2,33	0,27		
	0,60	3,09	0,19		
60	0,65	2,42	0,27	0,30	0,03
	0,63	1,92	0,33		
	0,68	2,17	0,31		
75	0,60	12,62	0,05	0,05	0,00
	0,62	13,58	0,05		
	0,68	13,11	0,05		
90	0,64	7,75	0,08	0,09	0,00
	0,68	7,92	0,09		
	0,68	7,84	0,09		

Anexo. 8. Cociente metabólico registrado en la Pila A con diferentes tiempos del proceso de compostaje