



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**DISEÑO DE UN BIORREACTOR QUE UTILICE LOS
DESECHOS ORGÁNICOS DE LA ZONA TURÍSTICA DEL
PARQUE NACIONAL PODOCARPUS UBICADA EN ZAMORA.
PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE.**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES**

ÁNGEL PATRICIO LÓPEZ ALTAMIRANO

DIRECTOR: ING. SERGIO MEDINA

Quito, Marzo, 2016

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2016
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo **ÁNGEL PATRICIO LÓPEZ ALTAMIRANO**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Ángel Patricio López Altamirano

C.I. 180391940-4

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Diseño de un Biorreactor que utilice los desechos orgánicos de la zona turística del Parque Nacional Podocarpus ubicada en Zamora. Provincia Zamora Chinchipe**”, que, para aspirar al título de **Ingeniero Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales** fue desarrollado por **ÁNGEL LÓPEZ**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

ING. Sergio Medina
DIRECTOR DEL TRABAJO
C.I. 170565250-9

DEDICATORIA

A mi hija, que me da la fuerza para seguir adelante

A mi madre, quien me dio la vida y siempre ha estado a mi lado

A mis hermanas, que siempre me ven como un ejemplo a seguir

A mis abuelos, quienes siempre me han estado apoyando

AGRADECIMIENTO

A Dios, que cada día me da una nueva oportunidad para seguir adelante, con fe y esperanza, dándome fuerza a pesar de mi dolencia.

A mi madre, que con su amor y sacrificio, logro sacarme adelante, gracias por estar siempre a mi lado, dándome fuerzas en cada etapa de mi vida.

A mi director de tesis, Ingeniero Sergio Medina, por su tiempo y consejos, que me ayudaron en la elaboración de mi tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINA

RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vii
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
2 MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 CONTAMINACIÓN.....	4
2.1.1 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.....	4
2.1.2 CONTAMINACIÓN DEL AIRE.....	4
2.1.3 CONTAMINACIÓN DEL AGUA.....	4
2.1.4 CONTAMINACIÓN DEL SUELO.....	5
2.2 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR ACUMULACIÓN DE DESECHOS.....	5
2.2.1 PROCESO DE ACUMULACIÓN DE DESECHOS.....	5
2.2.2 PROBLEMÁTICA DE LA ACUMULACIÓN DE DESECHOS...6	
2.2.3 DAÑOS QUE OCASIONA LA ACUMULACIÓN DE DESECHOS EN EL AMBIENTE.....	6
2.2.3.1 Contaminación atmosférica.....	6
2.2.3.2 Contaminación de aguas superficiales y subterráneas.....	6
2.2.3.3 Proliferación de vectores y enfermedades.....	7
2.3 DESECHOS.....	8

2.3.1	CLASIFICACIÓN DE LOS DESECHOS	8
2.4	DESECHOS COMUNES.....	10
2.4.1	DESECHOS INORGÁNICOS	10
2.4.2	DESECHOS ORGÁNICOS	10
2.4.2.1	Desechos orgánicos de origen animal.....	11
2.4.2.2	Desechos orgánicos de origen vegetal.....	11
2.5	SITUACIÓN DE LOS DESECHOS EN AMÉRICA LATINA.....	12
2.6	SITUACIÓN DE LOS DESECHOS EN EL ECUADOR	12
2.7	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	13
2.7.1	CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	14
2.8	CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS.....	15
2.8.1	SITUACIÓN DE LOS DESECHOS EN EL PARQUE NACIONAL PODOCARPUS.....	15
2.8.2	CARACTERÍSTICAS DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS DEL PARQUE NACIONAL PODOCARPUS.....	16
2.9	BIORREACCIÓN.....	17
2.9.1	PROCESO DE BIORREACCIÓN	17
2.9.1.1	Proceso de biorreacción aeróbica	17
2.9.1.2	Proceso de biorreacción facultativa	18
2.9.1.3	Proceso de biorreacción anaeróbica	18
2.9.2	TRATAMIENTO ANAERÓBICO DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS DEL PARQUE NACIONAL PODOCARPUS.....	18
2.9.3	INOCULACIÓN DE MICROORGANISMOS.....	18
2.10	BIORREACTOR.....	19

2.10.1	CARACTERÍSTICAS DE LOS TIPOS DE BIORREACTORES	19
2.10.2	BIORREACTOR TIPO BATCH	21
2.10.3	BALANCE DEL FLUJO DE MASAS EN BIORREACTORES TIPO BATCH.....	21
2.10.4	EFICIENCIA DEL BIORREACTOR.....	22
2.10.5	DENSIDAD DE LOS DESECHOS Y BIOFERTILIZANTE	23
2.10.5.1	Densidad de los desechos orgánicos	23
2.10.5.2	Densidad de los desechos inorgánicos	23
2.10.5.3	Densidad del Biofertilizante	23
2.11	FACTORES QUE INFLUYEN EN EL FUNCIONAMIENTO DEL BIORREACTOR	23
2.11.1	RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO (C/N)	23
2.11.2	TIEMPO DE RETENCIÓN	24
2.11.3	TEMPERATURA DEL PROCESO	24
2.11.4	pH DEL PROCESO	25
2.11.5	HUMEDAD DEL PROCESO	25
2.12	CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS DEL BIORREACTOR	25
2.12.1	CARACTERÍSTICAS DEL BIOFERTILIZANTE COMO PRODUCTO PRINCIPAL DE SALIDA DEL BIORREACTOR	25
2.12.2	CARACTERÍSTICAS DEL BIOGÁS COMO PRODUCTO SECUNDARIO DE SALIDA.....	26
2.13	LEGISLACIÓN Y NORMATIVAS	27
3	METODOLOGÍA.....	30
3.1	ALCANCE	30

3.2	MATERIALES Y MÉTODOS EMPLEADOS.....	30
3.2.1	PROCESO DE TRATAMIENTO DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS PARA OBTENER BIOFERTILIZANTE EN EL PARQUE NACIONAL PODOCARPUS.....	30
3.2.2	ETAPAS DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS PARA OBTENER BIOFERTILIZANTE EN EL PARQUE NACIONAL PODOCARPUS	32
3.2.2.1	Caracterización de los desechos encontrados en la zona turística del Parque Nacional Podocarpus	32
3.2.2.2	Caracterización de los desechos orgánicos que deben ser utilizados en el biorreactor para obtener biofertilizante	33
3.2.2.3	Selección del cultivo de bacterias y el tipo de biorreactor que deben ser utilizados para la obtención de biofertilizante.....	33
3.2.2.4	Determinación de las cantidades obtenidas de biofertilizante y sus componentes principales	35
3.2.2.5	Determinación de las dimensiones del biorreactor, equipos principales y sistema de agitación para obtener biofertilizante	35
4	ANÁLISIS DE RESULTADOS	36
4.1	CARACTERÍSTICAS DE LOS DESECHOS ENCONTRADOS EN LA ZONA TURÍSTICA DEL PARQUE NACIONAL PODOCARPUS	36
4.1.1	DESECHOS ORGÁNICOS	37
4.1.2	DESECHOS INORGÁNICOS	40
4.2	COMPOSICIÓN DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS PARA LA OBTENCIÓN MENSUAL DE BIOFERTILIZANTES.....	41

4.3	FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL FUNCIONAMIENTO DEL BIORREACTOR	43
4.3.1	RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO (C/N)	43
4.3.2	TIEMPO DE RETENCIÓN	45
4.3.3	TEMPERATURA DE PROCESO	46
4.3.4	pH DURANTE EL PROCESO DE BIORREACCIÓN	47
4.3.5	HUMEDAD	48
4.3.6	INCREMENTO DE LA CANTIDAD DE DESECHOS ORGÁNICOS.....	49
4.3.7	MASA DE AGUA.....	49
4.3.8	DENSIDAD DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS DE ORIGEN VEGETAL.....	50
4.4	RESUMEN DE LOS FACTORES DE FUNCIONAMIENTO DEL BIORREACTOR	50
4.5	BALANCE DEL FLUJO DE MASAS EN EL PROCESO DE BIORREACCIÓN.....	52
4.6	EFICIENCIA EXPERIMENTAL DEL BIORREACTOR	53
4.7	INOCULACIÓN DEL CULTIVO DE BACTERIAS.....	53
4.8	COMPONENTES DEL BIOFERTILIZANTE COMO PRODUCTO PRINCIPAL DE SALIDA.....	55
4.8.1	DENSIDAD DEL BIOFERTILIZANTE	58
4.8.2	VOLUMEN DEL BIOFERTILIZANTE	59
4.8.3	CARACTERÍSTICAS DEL BIOFERTILIZANTE	59

4.9	DIMENSIONAMIENTO DEL BIORREACTOR Y EQUIPOS	
	PRINCIPALES.....	60
4.9.1	SELECCIÓN DEL LUGAR PARA LA INSTALACIÓN DEL BIORREACTOR EN EL PARQUE NACIONAL PODOCARUS	61
4.9.2	SELECCIÓN DEL MATERIAL DE DISEÑO PARA EL BIORREACTOR Y LOS CONTENEDORES DE ALMACENAMIENTO	61
4.10	DIMENSIONES DEL BIORREACTOR.....	62
4.10.1	VOLUMEN DEL BIORREACTOR TIPO BATCH.....	62
4.10.2	RADIO (r) DEL BIORREACTOR TIPO BATCH	63
4.10.3	ALTURA (h) DEL BIORREACTOR TIPO BATCH.....	64
4.11	SISTEMA DE AGITACIÓN PARA EL BIORREACTOR TIPO BATCH	64
4.11.1	PROPELAS.....	65
4.11.2	EJE DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA	66
4.11.3	MOTOR IMPULSOR.....	67
4.11.4	ACOPLE AL BIORREACTOR.....	67
4.12	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE AGITACIÓN	67
4.13	ALMACENAMIENTO DE DESECHOS ORGÁNICOS.....	67
4.13.1	VOLUMEN DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS	67
4.13.2	RADIO (r) DEL TANQUE CILÍNDRICO PARA DESECHOS ORGÁNICOS.....	68
4.13.3	ALTURA (h) DEL TANQUE CILÍNDRICO DE DESECHOS ORGÁNICOS.....	68
4.14	ALMACENAMIENTO DE DESECHOS INORGÁNICOS	69
4.14.1	VOLUMEN DE LOS DESECHOS INORGÁNICOS.....	69

4.14.2	RADIO (r) DEL TANQUE CILÍNDRICO PARA DESECHOS INORGÁNICOS.....	69
4.14.3	ALTURA (h) DEL TANQUE CILÍNDRICO PARA DESECHOS INORGÁNICOS.....	70
4.15	ALMACENAMIENTO DE BIOFERTILIZANTE	71
4.15.1	RADIO (r) DEL TANQUE CILINDRICO PARA BIOFERTILIZANTE	71
4.15.2	ALTURA (h) DEL TANQUE CILÍNDRICO PARA BIOFERTILIZANTE	71
4.16	PLANOS DE DISEÑO	72
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
5.1	CONCLUSIONES.....	80
5.2	RECOMENDACIONES	82
	GLOSARIO DE TÉRMINOS	83
	BIBLIOGRAFÍA.....	86
	ANEXOS.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

PÁGINA

Tabla 1. Vectores comunes en los desechos, enfermedad y forma de transmisión.....	7
Tabla 2. Clasificación de los desechos.....	9
Tabla 3. Desechos orgánicos de origen vegetal según la actividad involucrada.....	12
Tabla 4. Porcentaje de desechos orgánicos e inorgánicos comunes en el Ecuador.	13
Tabla 5. Principales desechos orgánicos del Parque Nacional Podocarpus.	16
Tabla 6. Características de los tipos de biorreactores de acuerdo al modo de operación.	20
Tabla 7. Composición común de biogás de desechos orgánicos tratado por lotes.	26
Tabla 8. Cantidad de desechos orgánicos e inorgánicos del primer semestre del 2015 en el Parque Nacional Podocarpus.....	37
Tabla 9. Cantidad y tipo de desechos orgánicos del primer semestre del 2015 en el Parque Nacional Podocarpus.....	38
Tabla 10. Composición de los desechos orgánicos del primer semestre del 2015 en el Parque Nacional Podocarpus.....	39
Tabla 11. Cantidad de desechos inorgánicos del primer semestre del 2015 en el Parque Nacional Podocarpus.....	40

Tabla 12. Contenido de Nitrógeno y Carbono en los desechos inorgánicos del primer semestre del 2015 en el Parque Nacional Podocarpus.....	41
Tabla 13. Cantidades mensuales de los componentes de los desechos orgánicos del primer semestre del 2015 en el Parque Nacional Podocarpus.....	42
Tabla 14. Relación Carbono/Nitrógeno y Humedad de los desechos orgánicos del Parque Nacional Podocarpus.....	44
Tabla 15. Relación entre el tiempo de retención y la temperatura, según las condiciones ambientales del area de estudio.....	46
Tabla 16. Porcentaje de humedad de los desechos orgánicos del Parque Nacional Podocarpus.....	48
Tabla 17. Principales factores que intervienen en el funcionamiento del biorreactor en el Parque Nacional Podocarpus.....	51
Tabla 18. Cantidades mensuales de los principales componentes del biofertilizante en el primer semestre del 2015 en el Parque Nacional Podocarpus.....	55
Tabla 19. Cantidades mensuales del biofertilizante obtenido del primer semestre del 2015 en el Parque Nacional Podocarpus.....	56
Tabla 20. Porcentajes mensuales de los componentes del biofertilizante obtenido al final del proceso de biorreacción.....	57
Tabla 21. Características del biofertilizante obtenido al final del proceso de biorreacción.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Ubicación del Parque Nacional Podocarpus.....	14
Figura2. Modelo de biorreactor tipo Batch.....	22
Figura 3. .Proceso de tratamiento de los desechos orgánicos en el Parque nacional Podocarpus	31

ÍNDICE ANEXOS

PÁGINA

Anexo 1.

Hoja de seguridad del cultivo bacteriano.....91

Anexo 2.

Hoja de características del acero AISI 304.....92

Anexo 3.

Hoja del catalogo del sistema de agitación, VR5.....93

Anexo 4.

Fotos del área de estudio del Parque Nacional Podocarpus.....94

Anexo 5.

Fotos de la caracterización de desechos de la zona turística del Parque Nacional Podocarpus.....95

RESUMEN

En la zona turística del Parque Nacional Podocarpus, debido a las actividades diarias de los visitantes, se acumulan los desechos, que por la lejana ubicación del parque, se dificulta la gestión para la disposición final de los mismos, cuyas cantidades contaminan el ambiente, manifestándose con malos olores, provenientes de la descomposición de los desechos orgánicos y los lixiviados, que desembocan en las aguas superficiales causando daños ambientales y en la salud humana, animal y vegetal.

En la presente investigación se diseñó un biorreactor, acorde con las características de los desechos y las características del área de estudio, para obtener biofertilizante; utilizando el método científico-inductivo. Con base en los principales factores de funcionamiento del biorreactor, se determinó: el tipo de cultivo de bacterias, el tipo de biorreactor y su eficiencia.

Se caracterizaron los desechos, separándolos en orgánicos e inorgánicos, de los primeros y determinamos su composición de Nitrógeno, Carbono y Fósforo. Con base en estos componentes, se determinaron los factores de funcionamiento del biorreactor según las características de la zona de estudio, como son temperatura y precipitaciones, fundamentadas en investigaciones previas. Se seleccionó el biorreactor tipo Batch, que se adaptó a las condiciones de la zona turística y al tipo de cultivo de bacterias, idóneas para obtener biofertilizante. Se escogió el cultivo de bacterias comerciales Gamazyme 700 FN de laboratorio ROCHEM DEL ECUADOR S.A., que degradan los desechos orgánicos, mediante un proceso anaerobio-metanogénico.

Los resultados más importantes de la presente investigación son: semestralmente se producen 340,45 Kg/semestre de desechos, de los cuales el 80,55% son desechos orgánicos, cuya composición tiene el 3,66% de Nitrógeno, el 61,03% de Carbono y el 0,31% de Fósforo. Con base en estos datos y conjuntamente con los factores de funcionamiento del

biorreactor, se seleccionó al biorreactor tipo Batch, que se ajusta al análisis realizado en esta investigación y a las características del área de estudio, con una capacidad de 100kg de almacenamiento, considerando el incremento de desechos orgánicos en 5 años.

Se concluye, que el biorreactor diseñado, con una eficiencia de funcionamiento del 70%, utiliza los desechos orgánicos de la zona turística del Parque Nacional Podocarpus y produce biofertilizante, que contiene: 0,91% de Nitrógeno, 51,1% de Carbono y 0,257% de Fósforo. Evitando que los desechos orgánicos, sean esparcidos al ambiente e impacten sobre el ecosistema de la región. También se abren las posibilidades, para aplicar los resultados de esta investigación en otras áreas del Parque Nacional Podocarpus.

ABSTRACT

Due to the daily activities of visitors in the tourist area of Podocarpus National Park, there are remote locations of the park that difficults the final disposal of waste generated in the area. The amount of waste manifests itself with bad odors from the decomposition of organic waste and leachate, which flow into surface waters causing environmental, human, animal and plant damage.

This research was focused on a bioreactor design. The bioreactor was desgined according to the characteristics of waste and characteristics of the study area; using the scientific inductive method. Based on the main factors operating, it was determined: type of bacteria culture, type of bioreactor and efficiency.

Based on organic and inorganic waste, it could be determined the composition of nitrogen, carbon and phosphorus. There also were considered factors as temperature and rainfall, based on previous research. Also batch bioreactor type, which is adapted to the conditions of the tourist area and the type of bacteria culture, suitable for biofertilizer. The cultivation of bacteria was GAMAZYME laboratory FN 700 ROCHEM OF ECUADOR S.A., which degrade organic waste through anaerobic methanogenic process-was chosen.

The most important results of this research were: semiannually produced 340.45 kg / semester of waste, of which 80.55% are organic waste whose composition has 3.66% nitrogen, 61.03% the carbon and 0.31% phosphorus. Based on these data and together with the factors operating bioreactor, it was selected the bioreactor batch type with a capacity of 100kg storage, adjusted to the organic waste increase for 5 years.

It is concluded that the bioreactor designed had a 70%, efficiency. It uses organic waste from the tourist area of Podocarpus National Park and produce bio-fertilizer, containing 0.91% nitrogen, 51.1% carbon and 0.257%

phosphorus. It also opens the possibilities to apply the results of this research in other areas of the Podocarpus National Park.

1. INTRODUCCIÓN

1 INTRODUCCIÓN

Debido al alto consumismo de la sociedad moderna, ha aumentado la generación de desechos, que se acumulan en rellenos sanitarios o botaderos, año tras año a medida que aumenta la población. De igual manera las personas optan por descargar sus desechos en zonas aledañas a la ciudad, generalmente donde existe vegetación, esta acción hace que los desechos se acumulen donde no pueden recibir un tratamiento adecuado, causando daños al ambiente como: contaminación atmosférica por liberación de gases, contaminación de aguas subterráneas y superficiales, transmisión de enfermedades (Cabrera & Jimmy, 2009).

En Ecuador muchos recursos naturales de las reservas protegidas, como el Parque Nacional Podocarpus en la provincia de Zamora Chinchipe, son propensas a impactos ambientales, debido al abandono de desechos dentro de las instalaciones de la zona turística, ya que no se aplican políticas de capacidad de carga antrópica, que permitan una regulación a las visitas de turistas, que se han ido incrementado año tras año. Se prevé un aumento de 40 222 turistas para el 2020, lo que implica un incremento de 10,4% de desechos orgánicos, generando impacto negativo al ecosistema del Parque Nacional Podocarpus (Tapia, Terán, & Prieto, 2014).

El Parque Nacional Podocarpus se encuentra aproximadamente a 60Km al norte de la población de Zamora, esto complica la gestión adecuada de los desechos principalmente orgánicos, los cuales se acumulan generando contaminación ambiental que afecta a la salud humana y animal.

Por lo tanto surge la necesidad de utilizar estos desechos orgánicos y aprovecharlos para obtener biofertilizante, logrando su correcto tratamiento mediante el diseño de un Biorreactor. Para lograr este objetivo primeramente se clasificaron los desechos en orgánicos e inorgánicos, tomando en cuenta que los desechos orgánicos son los que vamos a utilizar para producir biofertilizante, aprovechando principalmente los siguientes: papel, desechos comunes y hojarasca-pasto, de los cuales se realizó un análisis físico y

químico determinando: cantidad, humedad y su composición de Nitrógeno, Carbono y Fósforo (Novillo, 2009).

Se seleccionan y determinan los factores de funcionamiento del biorreactor: relación C/N, tiempo de retención, temperatura del proceso, influencia del pH, humedad y masa de agua, según las características de los desechos orgánicos y las características climáticas del área de estudio: temperatura y precipitaciones (Varnero, 2011). Con base en estos factores y características, se selecciona el cultivo de bacterias comerciales Gamazyme 700 FN de laboratorio ROCHEM DEL ECUADOR S.A., idóneas para la correcta formación de biofertilizante mediante un proceso metanogénico en condiciones anaeróbicas.

El biorreactor adecuado para la producción de biofertilizante es el tipo Batch, el cual se ajusta al análisis realizado en esta investigación y a las características climáticas del área de estudio, que influyen en la selección y funcionamiento del biorreactor tipo Batch. Se realizó el diseño del biorreactor tipo Batch, mediante el dimensionamiento de su estructura y sus componentes, los cuales se muestran en los planos de diseño del biorreactor en el acápite 4.17.

Finalmente, determinando que la eficiencia del biorreactor es del 70%, con base en investigaciones que respaldan la propuesta, se obtienen los datos de las características del biofertilizante que contiene: 0,91% de Nitrógeno, 51,1% de Carbono y 0,257% de Fósforo; comprobando que los desechos orgánicos han sido convertidos por el biorreactor diseñado.

Esta investigación contribuye al desarrollo de tecnologías limpias, que ayudan en la gestión de desechos orgánicos en el Ecuador, ya que forma parte de los países que se suscribieron al protocolo de Kioto, enfocándonos principalmente en utilizar los desechos orgánicos que se generan en la zona turística del Parque Nacional Podocarpus, para obtener biofertilizante y una posible reducción de emisiones de Carbono (Organización de las Naciones Unidas, 2002).

Se recomienda que en futuras investigaciones, se profundice en la integración de otros tipos de desechos, aguas residuales y excretas; en la obtención, almacenamiento y tratamiento de biogás para su uso en el Parque Nacional Podocarpus y en el mejoramiento del biofertilizante obtenido y su uso.

1.1 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un biorreactor que utilice los desechos orgánicos para obtener biofertilizante, en la zona turística del Parque Nacional Podocarpus ubicado en Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los desechos orgánicos e inorgánicos que se generan en la zona turística del Parque Nacional Podocarpus.
- Caracterizar los desechos orgánicos que deben ser utilizados en el biorreactor para obtener biofertilizante.
- Seleccionar el cultivo de bacterias y el tipo de biorreactor de acuerdo a las características de los desechos orgánicos y características climáticas de la zona turística del Parque Nacional Podocarpus.
- Determinar las cantidades obtenidas de biofertilizante y sus características principales.

2. MARCO TEÓRICO

2 MARCO TEÓRICO

2.1 CONTAMINACIÓN

Se define como la presencia o aumento exagerado de un material o una sustancia, que perjudica al medio donde se encuentra. Su clasificación depende de la forma en la que se produzca y el tipo de contaminante, por lo tanto se la clasifica en natural, antrópica o la acción de ambas al mismo tiempo. Los contaminantes pueden ser de distinto tipo: Químicos, Físicos y Biológicos (Silva, 2011).

2.1.1 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Afección de los recursos naturales, se la clasifica según el medio afectado sea este: aire, agua y suelo. Existen otros tipos de contaminación ambiental, que dependen de determinados factores que afectan distintamente a cada ambiente como: contaminación acústica, contaminación lumínica y contaminación visual (Silva, 2011).

2.1.2 CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Se produce por la emisión de sustancias tóxicas, generalmente gases que contaminan el aire que respiramos, causando enfermedades respiratorias de diferente gravedad (Silva, 2011).

2.1.3 CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Se contamina por la incorporación de materias que deterioran la calidad del agua como: microorganismos, productos químicos, desechos industriales o aguas residuales, esto hace que no sea apta para su consumo o para su uso (Silva, 2011).

2.1.4 CONTAMINACIÓN DEL SUELO

Se produce cuando se incorpora material que daña el suelo, se da por el uso de pesticidas, riego con aguas negras, desechos industriales, etc. Este tipo de contaminación inhabilita el suelo para producir alimentos (Silva, 2011).

2.2 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR ACUMULACIÓN DE DESECHOS

Este tipo de contaminación se produce por la introducción de desechos, en un medio no apto para su gestión o tratamiento, por lo tanto estos desechos al no recibir una gestión adecuada se acumulan en rellenos sanitarios o botaderos, que en algunos casos no siguen las normas técnicas adecuadas. Así también las personas optan por descargar los desechos en zonas aledañas a las poblaciones, generalmente donde hay vegetación y de igual manera se produce una acumulación de desechos, los mismos que han ido incrementando progresivamente con el desarrollo de la tecnología y la sociedad a nivel mundial (Sabata, 2007).

2.2.1 PROCESO DE ACUMULACIÓN DE DESECHOS

Usualmente la acumulación de desechos, se genera desde que son concentrados en los hogares, basureros de la ciudades, zonas aledañas a la población y zonas turísticas; donde se los recolecta sin una previa separación en diferentes recipientes, son recogidos en un solo carro recolector que los mezcla con mayores cantidades de desechos; luego son transportados a un sitio de disposición final, que en el mejor de los casos se puede separar una pequeña cantidad para reciclaje (Sabata, 2007).

2.2.2 PROBLEMÁTICA DE LA ACUMULACIÓN DE DESECHOS

Las personas generamos desechos, debido a que en el mundo existe una sociedad de consumo, en la que desechamos las cosas una vez han terminado su vida útil o las consideramos inservibles, sin tener una cultura de responsabilidad ambiental. La problemática se origina por la gestión inadecuada, ya que el servicio de recolección y disposición de los desechos es deficiente, ocasionando problemas de salud pública graves, además de provocar daño al ambiente (Sabata, 2007).

2.2.3 DAÑOS QUE OCASIONA LA ACUMULACIÓN DE DESECHOS EN EL AMBIENTE

Los desechos dispuestos inadecuadamente, conjuntamente con una falta de conciencia por parte de las personas, ocasionan la acumulación de desechos llenando totalmente los rellenos sanitarios y botaderos, esto conlleva consecuencias dañinas al ambiente (Oñate, 2010).

2.2.3.1 Contaminación atmosférica

Los gases que provienen de la descomposición de los desechos, generan malos olores y liberación de gases de efecto invernadero y otros gases nocivos para la salud (Sabata, 2007).

2.2.3.2 Contaminación de aguas superficiales y subterráneas

Se produce debido a los lixiviados que se generan de la acumulación de desechos, se contamina las fuentes subterráneas de agua o a su vez los desechos pueden ser arrastrados por escorrentía, hasta las fuentes superficiales de agua contaminándolas y dejándolas inutilizables (Sabata, 2007).

2.2.3.3 Proliferación de vectores y enfermedades

La acumulación y deficiente gestión de los desechos genera contaminantes, que son perjudiciales para la salud y causan enfermedades graves. Además estas enfermedades pueden ser transmitidas por la proliferación de vectores que usan los desechos para su desarrollo. Inclusive entre los desechos que van a los rellenos sanitarios y botaderos se encuentran excretas, en las que se desarrollan microorganismos patógenos, que pueden ser arrastrados a las fuentes de agua y alimentos expuestos al aire libre. También puede conllevar afecciones en la fauna y flora, de ecosistemas de la zona (Sabata, 2007).

Tabla 1. Vectores comunes en los desechos, enfermedades asociadas y forma de transmisión

Vectores	Enfermedades	Transmisión
Insectos	Fiebre Tifoidea Salmonelosis Cólera Amebiasis Giardiasis Malaria Fiebre Amarilla Dengue Leishmaniasis	Picazón Cuerpo Alas Patas Heces Saliva
Roedores	Peste Bubónica Tifus Murino Leptospirosis	Mordedura Orina Heces Pulgas
Aves	Toxoplasmosis	Heces

(Sabata, 2007)

2.3 DESECHOS

Son todos los materiales, sustancias u objetos que terminaron su vida útil o carece de valor económico y se necesita eliminarlos. Los desechos se generan debido a las actividades de producción y consumo; estos deben tener una gestión y tratamiento adecuados, porque son los responsables de generar contaminación ambiental y afecciones a la salud. Por lo tanto su tratamiento es un tema bastante importante, ya que puede afectar la calidad de vida de las personas y la conservación de la fauna y flora (Sabata, 2007).

2.3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS DESECHOS

Los desechos se pueden clasificar según su composición y según su origen como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de los desechos

Clasificación	Desechos	Descripción
Según su composición	Orgánicos	De origen biológico
	Inorgánicos	De origen de algún proceso artificial
	Especiales y peligrosos	De origen biológico o no, que constituyen algún peligro potencial para las personas o el ambiente
	Radioactivos	Contienen altos niveles de radionucleídos
	Inertes	No experimenta reacciones físicas y químicas, no es biodegradable y no representa ningún peligro, para las personas o el ambiente
Según su origen	Comunes	Desechos consecuencia de las actividades diarias de una persona en el hogar, servicios comerciales o industria
	Comerciales	Originados en la actividad propia del comercio
	Industrial	Originados en la actividad industrial y procesos de fabricación
	Hospitalarios	Son desechos especiales y peligrosos
	Tecnológicos	Aparatos que terminaron su vida útil
	Construcción y demolición	Escombros generados al construir o demoler

(Sabata, 2007)

2.4 DESECHOS COMUNES

Son desechos generados por las actividades diarias que realizan las personas y el consumo de productos de uso diario. Estos son descartados después de haber cumplido su vida útil, en el ámbito doméstico, servicios comerciales e industria. La mayoría de estos desechos son enviados directamente a los rellenos sanitarios o botaderos sin recibir un tratamiento adecuado. Se los clasifica según su composición, en desechos orgánicos e inorgánicos. Tener en cuenta esta diferencia, nos ayuda a controlar el manejo integral de los desechos y a gestionar su disposición final, ya que estas acciones dependen de las características de cada tipo de desecho (Oñate, 2010).

2.4.1 DESECHOS INORGÁNICOS

No son de origen biológico, se generan en a través de procesos artificiales, generalmente industriales. Cuando se exponen a condiciones ambientales naturales, su biodegradación es muy lenta o no se produce, por lo tanto sus componentes no pueden volver a integrar los ciclos naturales. Es necesario separar los desechos inorgánicos de los desechos orgánicos, ya que su gestión y disposición final se la realiza bajo diferentes condiciones (Sabata, 2007).

2.4.2 DESECHOS ORGÁNICOS

Son de origen biológico, esto quiere decir que fue un organismo vivo o formo parte de uno; son biodegradables, por tanto sus componentes si pueden volver a integrar los ciclos naturales. Se clasifican en desechos orgánicos de origen animal y desechos orgánicos de origen vegetal (Sabata, 2007).

2.4.2.1 Desechos orgánicos de origen animal

Generados por la elaboración de productos provenientes de todos los tipos de ganadería, que se utilizan para la industria agropecuaria y de alimentos. Dentro de estos desechos también se encuentran las excretas, animales muertos y los subproductos de producción ganadera. La mala gestión de estos desechos, hace que entren en proceso de putrefacción y se desarrollen microorganismos patógenos, de igual manera pueden desarrollarse bacterias peligrosas para la salud. La descomposición no controlada de estos desechos genera nitratos, que pueden contaminar las fuentes de agua causando enfermedades (Sabata, 2007).

Generalmente estos desechos son tratados para que puedan ser utilizados como fertilizante, pero si son utilizados directamente sin tratamiento previo o son utilizados de manera incorrecta, pueden contaminar el ambiente y perjudicar la salud. Debido a la composición de estos desechos, se liberan gases cuando se biodegradan, por lo tanto son óptimos para obtener biogás. Sin embargo estos desechos, son idóneos para el desarrollo de microorganismos, por lo tanto también son convenientes para su uso en biorreactores (Oñate, 2010).

2.4.2.2 Desechos orgánicos de origen vegetal

Según la investigación llevada a cabo por Varnero (2011), los desechos de este tipo se generan dependiendo de la actividad involucrada (domestica, servicios comerciales e industrial), por lo tanto estos desechos se pueden separar, para una mejor determinación de sus características, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Desechos orgánicos de origen vegetal, según la actividad involucrada

Actividad Involucrada	Desecho orgánico vegetal
Desechos Forestales	Hojarasca, ramas, cortezas, raíces
Agrícolas	Pasto, cascara, maleza
Industriales	Pulpas, grasas, aceites
Urbanos y Turísticos	Papel, restos de frutas, restos de comida

(Varnero, 2011)

Debido a sus características, estos desechos son recomendables para su uso en un biorreactor y obtener biofertilizante, ya que son idóneos para el desarrollo de microorganismos debido a su composición. La biodegradación de este tipo de desechos libera una mínima cantidad gases, por lo tanto no son óptimos para obtener biogás (Varnero, 2011).

2.5 SITUACIÓN DE LOS DESECHOS EN AMÉRICA LATINA

En los centros urbanos de América Latina habitan cerca de 350 millones de personas, que generan 275.000 toneladas de desechos diarios, de los cuales solo el 35% se gestiona o se dispone en rellenos sanitarios (Sabata, 2007).

2.6 SITUACIÓN DE LOS DESECHOS EN EL ECUADOR

En el Ecuador existen 14 millones de habitantes aproximadamente (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010), los cuales producen 11 000 toneladas diarias de desechos, de las cuales 6 669 toneladas diarias son de desechos orgánicos comunes (Pazmiño, 2015), cuyos porcentajes se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Porcentaje de desechos orgánicos e inorgánicos comunes en el Ecuador

Desechos Comunes	ton/día	%
Orgánicos	5 298	71,4
Papel y Cartón	709	9,6
Plástico	336	4,5
Vidrio	274	3,7
Metales	53	0,7
Total	6 669	100

(Pazmiño, 2015)

2.7 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional Podocarpus, tiene un área de 146 280 ha y se estableció como área protegida el 15 de diciembre de 1982. Se estima que un 80% de su territorio está ubicado en la región amazónica, mientras el 20% restante se encuentra en la región andina. Su territorio esta compartido entre las provincias de Loja y de Zamora Chinchipe (Tapia, Terán, & Prieto, 2014).

En la actualidad existen 3 entradas al Parque Nacional Podocarpus, de las cuales 2: San Francisco y Cajanuma se encuentran en Loja y la tercera Bombuscaro en Zamora, como se muestra en la figura 1. Cada una de estas entradas tiene una zona turística, correctamente delimitada y señalizada, que cuenta con senderos y atractivos naturales (Tapia, Terán, & Prieto, 2014).

Esta investigación se desarrolló en el área de la zona turística, entrada Bombuscaro del Parque Nacional Podocarpus, ubicado en el cantón Zamora, la misma que forma parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Apolo & Becking, 2003), la cual se puede apreciar en las fotos del anexo 4.



(Tapia, Terán, & Prieto, 2014)

Figura 1. Ubicación del Parque Nacional Podocarpus

2.7.1 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se destaca por su clima tropical, en donde la temperatura media aproximada de la ciudad de Zamora es de 25°C, y la temperatura media aproximada en la zona turística del Parque Nacional Podocarpus es de 30°C, este cambio de temperatura se debe a la cantidad de vegetación, transferencia de calor del ciclo diurno – nocturno al ambiente, precipitaciones según la época del año y los rangos altitudinales de la zona turística, lo cual aumenta la temperatura (Tapia, Terán, & Prieto, 2014).

Los meses de mayor precipitación son: enero, febrero y abril; los meses de menor precipitación son: junio, agosto y septiembre. En donde la precipitación aproximada esta entre los 2 000 mm a 3 000 mm. Esta zona, tiene rangos altitudinales entre los 960 m.s.n.m a los 3 800 m.s.n.m (Tapia, Terán, & Prieto, 2014).

Con base en estos aspectos relevantes del Parque Nacional Podocarpus, se desarrolla esta investigación que pretende utilizar de forma sostenible, los desechos orgánicos a través de la generación de biofertilizante, mediante el diseño de un biorreactor (Oñate, 2010).

2.8 CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS

Con el propósito de obtener datos de posibles contaminantes en la zona turística, la administración del Parque Nacional Podocarpus, se ha encargado del análisis físico-químico de los desechos cada 6 meses en los laboratorios del Ministerio del Ambiente en Loja. Los datos de la cantidad de desechos, composición de nitrógeno, carbono, fosforo, características del área de estudio y cantidad de visitantes, son proporcionados por la administración de la zona turística del Parque Nacional Podocarpus, en Zamora (Tapia, Terán, & Prieto, 2014).

Con estos datos se han realizado los análisis, cálculos y determinación de factores de funcionamiento, dimensionamiento y diseño del biorreactor. Las características bioquímicas que presentan estos desechos, permiten el desarrollo metanogénico y la actividad microbiana del sistema anaeróbico del biorreactor (Oñate, 2010).

2.8.1 SITUACIÓN DE LOS DESECHOS EN EL PARQUE NACIONAL PODOCARPUS

En el Parque Nacional Podocarpus, en cuya área turística se descargan los desechos de los visitantes y estos no cuentan con una correcta gestión y se dificulta su disposición final en el relleno sanitario de la ciudad de Zamora.

Debido a la dificultad de ingreso al área turística y su lejanía, los desechos se acumulan dentro de las instalaciones, ocasionando daños ambientales, además de aumentar la proliferación de vectores y enfermedades (Apolo & Becking, 2003).

En el Parque Nacional Podocarpus, se está desarrollando un sistema de gestión ambiental, el cual se incluye en el plan de manejo del parque. Nuestra investigación estudia los desechos orgánicos, de la zona turística de Parque Nacional Podocarpus, como una de las propuestas para la gestión de los desechos orgánicos para obtener biofertilizante (Tapia, Terán, & Prieto, 2014).

El aumento de la cantidad de visitantes del 2% anual (López F. , 2005), provocan el consumo de productos comestibles y la generación de desechos orgánicos, que justifican la instalación de equipos que permitan el procesamiento de mayores volúmenes de desechos orgánicos (Hilbert, 2003).

2.8.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS DEL PARQUE NACIONAL PODOCARPUS

La mayoría de desechos que se descargan en la zona turística son orgánicos: papel, desechos orgánicos comunes, hojarascas y pasto. Estos desechos son ideales para la conformación de biofertilizantes, debido a que en un proceso de biorreacción se pueden utilizar desechos orgánicos de origen vegetal, industrial o forestal (Varnero, 2011), como se muestra en la tabla 5.

Los análisis de los desechos orgánicos, realizados por la administración del Parque Nacional Podocarpus, cuentan con los componentes principales de caracterización: cantidad y densidad de desechos, cantidad de nitrógeno, cantidad de carbono y cantidad de fosforo; los cuales se utilizan para determinar los factores de funcionamiento del biorreactor y los datos de la generación de biofertilizante (Tapia, Terán, & Prieto, 2014).

Tabla 5. Principales desechos orgánicos del Parque Nacional Podocarpus

Tipos de desechos	Componentes
Desechos de origen sintético	Papel mezclado, papel periódico, cartón
Desechos de origen común	Restos de comida, restos de frutas
Desechos forestales	Hojarascas, vástagos, ramas, pasto y cortezas

(Tapia, Terán, & Prieto, 2014)

2.9 BIORREACCIÓN

Es diferente de una reacción química, la cual está determinada por las variables de la velocidad de reacción entre los compuestos químicos.

La biorreacción depende de las características intrínsecas del cultivo microbiológico, y del objetivo de la operación que se lleve a cabo (Rivera & Suarez, 2010).

2.9.1 PROCESO DE BIORREACCIÓN

El proceso de biorreacción consiste, en el trabajo conjunto de los factores de funcionamiento del biorreactor; determinados con base en las cantidades y componentes de los desechos orgánicos; y el comportamiento biológico determinado por el producto final que se desea obtener (Rivera & Suarez, 2010).

El proceso de biorreacción se determina, por el tipo de cultivo bacteriano seleccionado y la obtención de biofertilizante como producto final. En la investigación realizada por (Rivera & Suarez, 2010), se recomienda un proceso anaeróbico metanogénico para la formación de biofertilizante y la selección de un cultivo de bacterias que permita este proceso. Los procesos de biorreacción más utilizados e importantes, para su uso en biorreactores, son el tratamiento anaeróbico de la materia orgánica, nitrificación en procesos de lodos activados, fermentación láctica y crecimiento de levaduras. Según las características del cultivo, la biorreacción se clasifica en aeróbica, facultativa y anaeróbica:

2.9.1.1 Proceso de biorreacción aeróbica

La mayoría de microorganismos para este tipo de proceso son eucariotas. Necesitan oxígeno para sintetizar nutrientes del medio de cultivo y metabolizarlos para promover su desarrollo (Grijalva, 2013).

2.9.1.2 Proceso de biorreacción facultativa

Capaces de sobrevivir con oxígeno o en ausencia del mismo, pueden sintetizar nutrientes de diversas fuentes, orgánicas o inorgánicas, por lo general son hongos o levaduras (Grijalva, 2013).

2.9.1.3 Proceso de biorreacción anaeróbica

Generalmente son bacterias, que sintetizan nutrientes en ausencia de oxígeno, especialmente de la degradación de compuestos orgánicos (Grijalva, 2013).

2.9.2 TRATAMIENTO ANAERÓBICO DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS DEL PARQUE NACIONAL PODOCARPUS

Según las investigaciones llevadas a cabo por (Barrera & Charry, 2008) y (Andrade & Correa, 2009), consiste en una transformación de los desechos orgánicos, según sus características y las del área de estudio, en ausencia de oxígeno. De esta forma el cultivo de bacterias degrada los desechos y los transforma naturalmente, un ejemplo de esto son los gases producidos en los pantanos. Este proceso es conocido como metanogénesis y tiene 3 etapas: Hidrolisis fermentativa, Acetatogénesis y Metanogénesis. Que después de un correcto proceso biológico, se obtiene biogás o biofertilizante.

2.9.3 INOCULACIÓN DE MICROORGANISMOS

Las bacterias productoras de biofertilizante son anaerobias, y por lo tanto solo sobreviven en la ausencia de oxígeno (Guevara, 1996).

El inóculo puede ser, lodos de fondo de lagos y lagunas y lodos activos de las alcantarillas, o un cultivo bacteriano comercial (Hilbert, 2003).

Según la investigación de (Grijalva, 2013) se recomienda, la adición de un cultivo bacteriano comercial, por el tipo de desechos orgánicos del Parque Nacional Podocarpus, debido a que el tratamiento se lo realiza por lotes.

Los inoculantes son formulaciones de microorganismos cuya ventaja radica en la posibilidad para usar una metodología limpia, no contaminante (Benítez & González, 2003).

La inoculación de desechos orgánicos de origen vegetal, con microorganismos mejoró la biodegradación de los mismos, y no alteró el contenido de la mezcla, pH y contenido de nitrógeno, contenido de carbono, contenido de fósforo en el biofertilizante (Lu & Wang, 2004).

2.10 BIORREACTOR

Por definición, un biorreactor es un equipo con el cual se mantiene un sistema biológicamente activo donde se controlan las condiciones ambientales como: relación carbono/nitrógeno, tiempo de retención, temperatura de proceso, influencia de pH, humedad, cantidad de agua, inoculación de microorganismos (Rivera & Suarez, 2010).

2.10.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS TIPOS DE BIORREACTORES

Existen diferentes tipos de biorreactores, los cuales se diseñan dependiendo de las características de los desechos orgánicos y factores de funcionamiento. Los biorreactores se clasifican de acuerdo al modo de operación en continuo, semi-continuo y discontinuo (Ruíz & Rodríguez., 2007), como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Características de los tipos de biorreactores de acuerdo al modo de operación

Biorreactores		Características
Continuo	Desplazamiento horizontal	Utilizados industrialmente, presión constante de biogás, tanque de digestión alargado en V.
	Sistema de tanques múltiples	Dividen el proceso de biorreacción en etapas para un mejor control, son utilizados industrialmente.
	Sistema de tanque vertical	Tanque de biorreacción rectangular vertical, son utilizados industrialmente.
Semi-continuo	Cúpula móvil (HINDÚ)	Son verticales y enterrados, tiene una campana flotante en la parte superior, donde almacena el biogás.
	Cúpula fija (CHINO)	Tiene una cámara firme de biogás, es subterráneo construido en hormigón
	Tubular (TAIWÁN)	Bolsa de polietileno que forma un tanque de biorreacción y trampa de biogás.
Discontinuo	Batch	Ideal para producción de biofertilizante, entrada y salida de masa por lotes.

(Ruíz & Rodríguez., 2007)

2.10.2 BIORREACTOR TIPO BATCH

Obtener biofertilizante a través del uso del biorreactor tipo BATCH, permite utilizar los desechos orgánicos de la actividad turística del Parque Nacional Podocarpus, como una alternativa para la correcta gestión de los mismos. El diseño de biorreactores está relacionado con el tipo de desechos a procesar, así como las características del lugar de instalación del equipo (Guevara, 1996).

El diseño de un biorreactor tipo Batch es idóneo para bajos volúmenes de desechos orgánicos y para producción de biofertilizante (Rivera & Suarez, 2010).

2.10.3 BALANCE DEL FLUJO DE MASAS EN BIORREACTORES TIPO BATCH

El diseño del biorreactor depende de los componentes del sistema y condiciones óptimas para el crecimiento microbiano y la obtención de biofertilizante (Ruíz & Rodríguez., 2007).

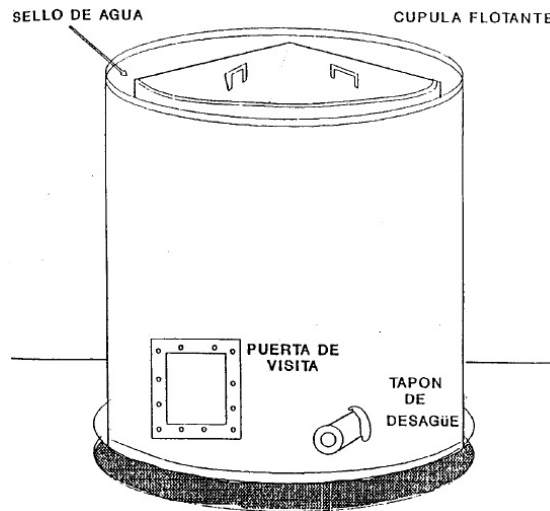
En este tipo de biorreactor, los microorganismos se inoculan directamente y no sufren alteraciones por nutrientes adicionales, por lo tanto el volumen permanece constante y solo los principales factores de funcionamiento influyen en la biorreacción. El proceso termina en el tiempo de retención y los desechos se transforman en biofertilizante. El biorreactor y el proceso de biorreacción, puede ser adaptado a las condiciones de cada caso en particular (Varnero, 2011).

Un biorreactor tipo Batch no posee flujo de masa, de entrada ni de salida:

$$(Q_{entrada} - Q_{salida}) = 0$$

Los biorreactores tipo Batch, son muy sencillos de construir y se basan en un cilindro, con las dimensiones necesarias para el volumen de desechos orgánicos a procesar (Varnero, 2011).

Un ejemplo de biorreactor tipo Batch, se muestra en la figura 2.



(Morgan, 2010)

Figura 2. Esquema básico de un biorreactor tipo Batch

2.10.4 EFICIENCIA DEL BIORREACTOR

Según las investigaciones llevadas a cabo por (Andrade & Correa, 2009) y (Barrera & Charry, 2008), la eficiencia experimental del biorreactor, está vinculada al tiempo de operación del equipo, donde se incluye todo el periodo de tiempo de biorreacción, el tiempo de cambio de lote y tiempo de traslado del biofertilizante al contenedor de almacenamiento, donde se paraliza el trabajo del equipo.

La eficiencia también está vinculada con los factores de funcionamiento, balance del flujo de masa y errores de operación. En la práctica no existe ningún equipo que pueda alcanzar una eficiencia mayor del 95 %, incluso es muy difícil de lograr el 100 %. Para nuestra investigación, se llevó a cabo una revisión bibliográfica con base en las características climáticas del área de estudio como precipitaciones y temperatura (Guevara, 1996).

2.10.5 DENSIDAD DE LOS DESECHOS Y BIOFERTILIZANTE

2.10.5.1 Densidad de los desechos orgánicos

La composición promedio de los desechos orgánicos es: papel, desechos orgánicos comunes, hojarasca y pastos, que en conjunto alcanzan valores de densidad que varían entre 0,3 – 0,5 g/cm³, según Campos (2011).

2.10.5.2 Densidad de los desechos inorgánicos

La densidad de 0,85 gr/cm³ (Universidad de Valladolid Departamento de Química Orgánica, s.f.), se seleccionó con base a la cantidad de desechos, que se originaron a través de reacciones entre compuestos químicos, acumulados en el Parque Nacional Podocarpus.

2.10.5.3 Densidad del Biofertilizante

Estos valores de densidad son muy variables y están asociados a la composición promedio de la masa orgánica, en la cual incide el grado de humedad que esta posea, que en ningún caso es superior a 0,7 g/cm³ (Campos, 2011).

2.11 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL FUNCIONAMIENTO DEL BIORREACTOR

En el correcto funcionamiento del biorreactor, inciden un grupo de factores, cuyas principales características se muestran a continuación (Rivera & Suarez, 2010).

2.11.1 RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO (C/N)

Según la investigación realizada por (Guevara, 1996), el rango óptimo de la relación C/N en los desechos orgánicos para una correcta biorreacción, se encuentra entre 20:1 a 50:1. Se lo determina con los valores porcentuales de

contenido de carbono y nitrógeno, conjuntamente con las cantidades de desechos orgánicos.

Se toma en cuenta la investigación realizada por la Unidad de Planificación Minero Energética (2003), donde se menciona que, si la masa de desechos orgánicos que entra al biorreactor, contiene mayor cantidad de carbono que nitrógeno, la biorreacción será lenta, las temperaturas de proceso no serán altas y el carbono se perderá en forma de dióxido de carbono. Por su parte para el caso contrario, en altas concentraciones de nitrógeno, éste se transformará en amoníaco, impidiendo la correcta actividad biológica.

2.11.2 TIEMPO DE RETENCIÓN

En el tiempo de retención en el proceso de biorreacción, los desechos orgánicos se someten al proceso metanogenico, degradándose y transformándose en biofertilizante. En este tiempo el cultivo bacteriano se desarrolla completamente (Alcayaga, Guerrero, & Glaria, 1999).

Según la investigación llevada a cabo por Henríquez, Mantilla & Niño (2006). Para la selección del tiempo de retención óptimo para el biorreactor, es importante tener en cuenta la temperatura del área de estudio; que para nuestra investigación es de 30 °C, como se explica en el acápite 2.7.1.

2.11.3 TEMPERATURA DEL PROCESO

La temperatura interna depende de las características del área de estudio y la cantidad de desechos orgánicos (Varnero, 2011). Por lo tanto para la selección de este parámetro se considera el crecimiento óptimo de las bacterias mesófilas-metanogénicas, el cual oscila entre 35 y 40 °C, según Duque, Galeano & Mantilla (2006). Es por ello que el tiempo de retención de 30 días es más apropiado para digestores con temperatura interna entre 40 y 50 °C.

2.11.4 pH DEL PROCESO

La mezcla de materiales en el proceso de biorreacción es altamente sensible a los cambios de pH. Por tanto los valores de pH entre 6.5 a 7, son ideales para la producción de biofertilizante (Alcayaga, Guerrero, & Glaria, 1999).

2.11.5 HUMEDAD DEL PROCESO

Según las investigaciones realizadas por Ruíz & Rodríguez (2007) y Regalado (2010), las materias primas del Parque Nacional Podocarpus, poseen una humedad promedio de alrededor de 70 %, lo cual influirá de manera positiva en el proceso de biorreacción.

2.12 CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS DEL BIORREACTOR

Como resultado del proceso de biorreacción, se obtienen dos productos, el biofertilizante y biogás (Lara & Hidalgo, 2011).

El proceso de biorreacción, tiene la particularidad que es un proceso que ocurre con elevadas temperaturas. Debido a que la masa de desechos orgánicos es utilizada como alimento para los microorganismos, donde la temperatura de proceso alcanza los 40 °C aproximadamente. Para que el proceso se desarrolle normalmente, es imprescindible que los microorganismos encargados de realizar la descomposición de los desechos orgánicos, tengan elementos para vivir (Novillo, 2009), los cuales se sintetizan a partir de los componentes de los desechos orgánicos.

2.12.1 CARACTERÍSTICAS DEL BIOFERTILIZANTE COMO PRODUCTO PRINCIPAL DE SALIDA DEL BIORREACTOR

Un biofertilizante es una mezcla de biomasa, agua y bacterias metano génicas, que incrementa la productividad del suelo a través de la adición componentes sintetizados biológicamente en un biorreactor. Se caracterizan

por contener células vivas o latentes de cepas microbianas que fijan el nitrógeno y el fósforo, que se utilizan para aplicar a las semillas o al suelo, con el objetivo de incrementar el número de estos microorganismos y acelerar los procesos microbianos, incrementando el rendimiento de los cultivos (Carriello, Castañeda, & Rubio, 2007).

Los biofertilizantes ayudan a evitar la erosión, reteniendo mayor cantidad de agua de lluvia. También aumentan el contenido del humus del suelo, lo cual mejora la estructura y la textura del terreno, facilita la aireación y la capacidad de retención e infiltración del agua (Rivera & Suarez, 2010).

2.12.2 CARACTERÍSTICAS DEL BIOGÁS COMO PRODUCTO SECUNDARIO DE SALIDA

En nuestra investigación, consideramos al biogás como producto secundario de salida, ya que se produce conjuntamente con el biofertilizante, durante el tiempo de duración de la biorreacción, conocido como tiempo de retención (Guevara, 1996).

Las cantidades comunes de los componentes del biogás, que se genera a partir del tratamiento de desechos orgánicos (Guevara, 1996), se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Composición común de biogás de desechos orgánicos tratados por lotes

Componentes	Porcentaje en Volumen
Metano (CH ₄)	55 - 65
Dióxido de carbono (CO ₂)	34 - 45
Nitrógeno (N ₂)	0 - 3
Hidrógeno (H ₂)	0 - 1
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	0 - 1

(Guevara, 1996)

2.13 LEGISLACIÓN Y NORMATIVAS

En nuestra investigación se utilizaron normativas y legislaciones, que sirvieron como base para el desarrollo metodológico de nuestra investigación. Se toma en cuenta los aspectos para poder realizar el diseño del biorreactor, que utilice los desechos orgánicos del Parque Nacional Podocapus para obtener biofertilizante.

1. La recolección, respecto a la acumulación de los desechos que causan contaminación:

- Protocolo de Kioto sobre cambio climático (Organización de las Naciones Unidas, 1998),
- Protocolo de Cartagena sobre seguridad de la biotecnología del convenio sobre la diversidad biológica (Convenio sobre Diversidad Biológica, 2000),

2. Tratamiento de los desechos y uso eficiente de los recursos naturales y propios:

- Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Organización de las Naciones Unidas, 1992),
- Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (Organización de las Naciones Unidas, 2002),

3. En Ecuador se han desarrollado en los últimos años un grupo de acciones tanto estatales, para alcanzar el desarrollo sostenible:

- Ley de Gestión Ambiental, Título I: Ámbitos y Principios de la Gestión Ambiental, Título III: Instrumentos de Gestión Ambiental (Capítulos: II, III, IV y V) (Ministerio de Ambiente, 2004),
- Ley de Minería, Artículos: 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86 (Ministerio de Ambiente, 2009),
- Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador (ENCC) (Ministerio de Ambiente, 2012)

4. El sistema nacional de áreas protegidas (SNAP), para la conservación investigación y monitoreo ambiental en los Parques Nacionales :
 - Lineamientos Estratégicos Nacionales de Investigación Ambiental (LENIA) (Sistema Nacional de Áreas Protegidas, 2015),
 - Sistema de Artículos de Investigación Ambiental (SAIA) (Sistema Nacional de Áreas Protegidas, 2015),
 - Sistema Único de Información Ambiental (SUIA) (Sistema Nacional de Áreas Protegidas, 2015),
5. Tratamiento de desechos sólidos, normas técnicas ambientales:
 - Ley de prevención y control de la contaminación ambiental; Decreto supremo no. 374 (Republica del Ecuador, 2008)
 - TULAS, Libro II Gestión ambiental; (Texto unificado de legislación ambiental secundaria, 2003),
 - Libro III Régimen forestal, anexo 2: Guía conceptual de los métodos de valoración de los daños ambientales, (Texto unificado de legislación ambiental secundaria, 2003)
 - Libro VI calidad ambiental, anexo 1,6,7 (Texto unificado de legislación ambiental secundaria, 2003)
6. Aspectos respecto al uso de equipos para el tratamiento y uso de los desechos naturales para la obtención de biofertilizante:
 - Revisión normativa actual y norma técnica y de seguridad para instalaciones de biogás en la producción y en el uso (Ministerio de Energía, 2011),
 - Reglamento de la normativa de la producción orgánica (Ministerio de la Agricultura y la Ganadería, 2006),
 - Ley forestal y de conservación de áreas naturales y vida silvestre (Ministerio de Ambiente, 2004).
7. Diseño del biorreactor equipos principales:
 - Diseño, Montaje y construcción de tanques soldados de acero (American Petroleum Institute, 2005)
 - Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos. Requisitos (INEN 2266, 2013)

- Biodigestión de polietileno: construcción y diseño (CEDECAP, 2007)
- Fertilizantes o abonos: requisitos y etiquetado (INEN 0221, 1997)

3. METODOLOGÍA

3 METODOLOGÍA

3.1 ALCANCE

El objetivo principal de la presente investigación fue diseñar un biorreactor que utilice los desechos orgánicos para obtener biofertilizante. El cual fue diseñado según la temperatura y precipitaciones de la zona turística del Parque Nacional Podocarpus ubicado en Zamora, provincia de Zamora Chinchipe. Para esto se determinó el proceso de tratamiento de los desechos orgánicos que se explica en el acápite 3.2.1.

3.2 MATERIALES Y MÉTODOS EMPLEADOS

Para el desarrollo de esta investigación se empleó el método científico-inductivo, que consiste en la sistematización y verificación de los conocimientos obtenidos del estudio para llegar a una generalización, contrastación y evaluación de las características de los diferentes desechos orgánicos e inorgánicos existentes. Estos pueden ser utilizados para la obtención de biofertilizante, diseñando el biorreactor más apropiado de acuerdo a las características de los desechos y las características de la zona turística en el Parque Nacional Podocarpus (Guevara, 1996).

3.2.1 PROCESO DE TRATAMIENTO DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS PARA OBTENER BIOFERTILIZANTE EN EL PARQUE NACIONAL PODOCARPUS

El proceso de tratamiento de desechos orgánicos, permitió una gestión integral de los desechos, desde su clasificación hasta la obtención de biofertilizante. El proceso se determinó, con base en el uso de un biorreactor para tratar los desechos orgánicos del Parque Nacional Podocarpus y tomando en cuenta los factores de funcionamiento del biorreactor, con base en esta información se determinó el proceso que se muestra en la figura 3.

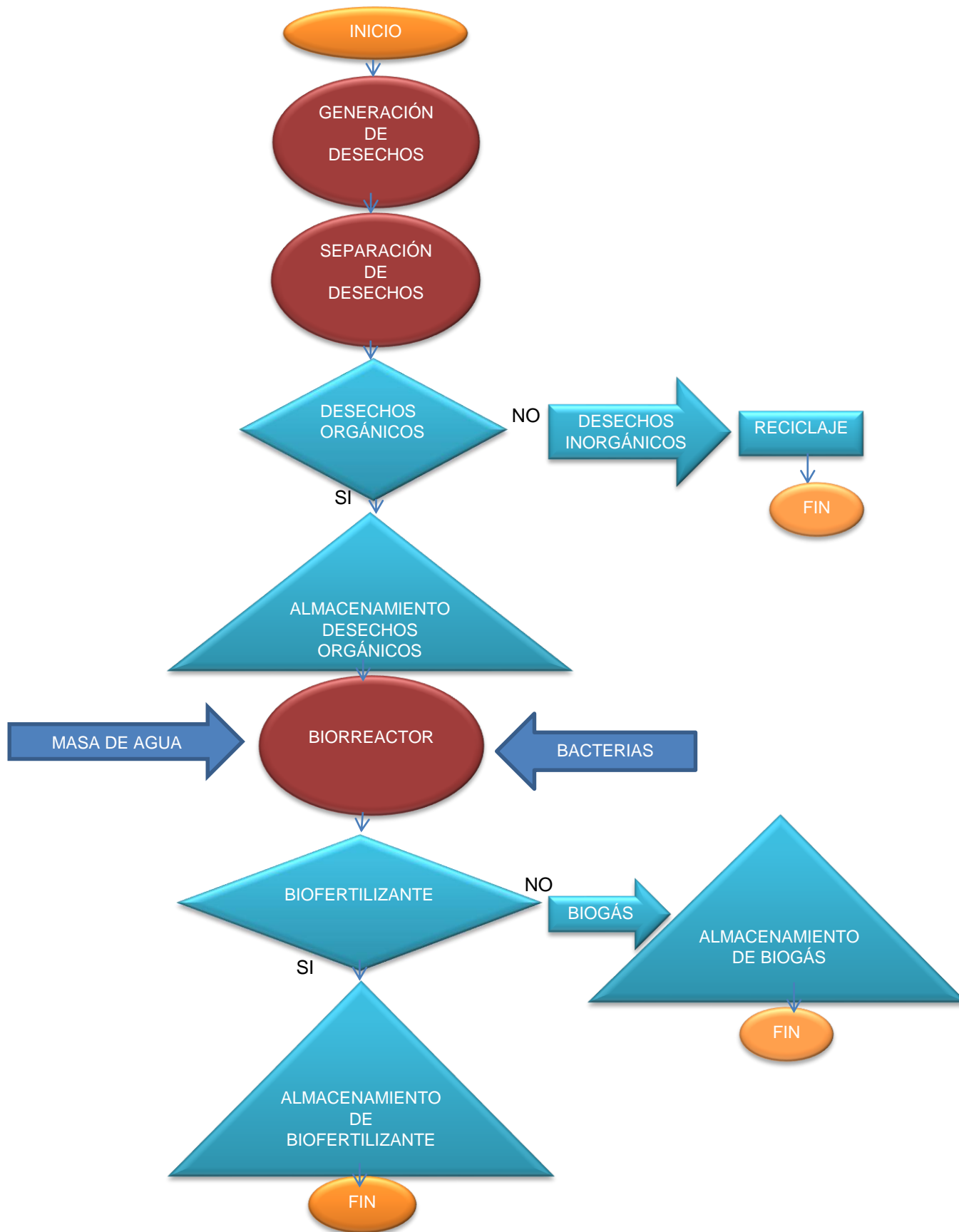


Figura 3. Proceso de tratamiento de desechos orgánicos, Parque Nacional Podocarpus.

3.2.2 ETAPAS DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS PARA OBTENER BIOFERTILIZANTE EN EL PARQUE NACIONAL PODOCARPUS

La revisión bibliográfica llevada a cabo permitió concluir que, existen varias etapas relevantes dentro del proceso de tratamiento de desechos orgánicos por medio del uso de un biorreactor, el cual se diseñó para convertirlos en biofertilizante. En este proceso intervienen las características climáticas del área de estudio y las características de los desechos del Parque Nacional Podocarpus.

La determinación de las etapas del proceso de tratamiento de los desechos orgánicos, permitió identificar y seleccionar los factores de funcionamiento del biorreactor para obtener biofertilizante, los cuales son: relación C/N, tiempo de retención, temperatura del proceso, influencia del pH, humedad, incremento de la cantidad de desechos y masa de agua.

Según la investigación llevada a cabo por Silva (2011), cada etapa cuenta con equipamiento que ayuda al desarrollo del proceso.

3.2.2.1 Caracterización de los desechos encontrados en la zona turística del Parque Nacional Podocarpus

Se separaron los desechos orgánicos de los inorgánicos (Silva, 2011), cuyas cantidades se determinaron mensualmente, con una balanza de mano graduada en lbs/Kg, como se muestra en el anexo 5.

Los desechos se distribuyeron en 2 diferentes contenedores. Los desechos inorgánicos pasan a su contenedor para su almacenamiento, reconocimiento de sus características y disposición final, recomendando previamente su reciclaje.

3.2.2.2 Caracterización de los desechos orgánicos que deben ser utilizados en el biorreactor para obtener biofertilizante

Los desechos orgánicos se acumularon y almacenaron en un contenedor durante 30 días, que es igual al tiempo de retención que el biorreactor utilizó para realizar el proceso de biorreacción y convertir los desechos orgánicos en biofertilizante.

Se identificaron las características de los desechos orgánicos, separándolos según su tipo en: papel, desechos orgánicos comunes, hojarasca y pasto. Según la investigación llevada a cabo por la Organización de las Naciones Unidas (2002), el proceso de tratamiento de este tipo de desechos orgánicos para obtener biofertilizante, contribuye con la reducción de 250 Kg de CO₂ mensuales por cada 1000 Kg de desechos orgánicos.

Se analizaron los datos de la composición de los desechos orgánicos, entregados por la administración del Parque Nacional Podocarpus, y se identificaron los principales para la obtención de biofertilizante, según la investigación llevada a cabo por Silva (2011), son: densidad de los desechos, cantidad de nitrógeno, cantidad de carbono y cantidad de fósforo.

3.2.2.3 Selección del cultivo de bacterias y el tipo de biorreactor que deben ser utilizados para la obtención de biofertilizante

Existe una amplia variedad de biorreactores a nivel mundial, la mayoría de ellos empleados para la generación de biofertilizante y biogás a partir de desechos orgánicos en zonas agrarias (Guevara, 1996), sin embargo el biorreactor es considerado un equipo muy flexible debido a los factores de funcionamiento y los desechos orgánicos para cada situación específica o cada caso en particular (Novillo, 2009). Por tanto se seleccionó un tipo de biorreactor que toma como base las características de los desechos orgánicos del Parque Nacional Podocarpus, los factores de funcionamiento del biorreactor, el balance de flujo de masas, la eficiencia experimental y la

inoculación del cultivo de bacterias, para realizar un correcto proceso de biorreacción y obtener biofertilizante.

En el caso del Parque Nacional Podocarpus los desechos orgánicos se almacenaron, como se puede observar en el proceso de la figura 3, durante 30 días, por lo tanto el flujo de desechos orgánicos que ingresa al biorreactor no es continuo, ni semicontinuo, lo que permite concluir que los desechos orgánicos deben ser tratados por lotes como se explicó en el acápite 4.5.

La revisión bibliográfica llevada a cabo permitió, seleccionar un biorreactor tipo Batch (Guevara, 1996), para tratar los desechos orgánicos generados en el Parque Nacional Podocarpus. Este tipo de biorreactor, se adaptó a las cantidades de desechos orgánicos (Guevara, 1996), características del área de estudio (Salamanca & Andrés, 2010), factores de funcionamiento (Ruíz & Rodríguez., 2007) y la eficiencia del biorreactor (Regalado, 2010), que se necesitó para obtener biofertilizante.

La estructura del biorreactor tipo Batch es la de un tanque cilíndrico, idóneo para procesos anaeróbicos, por lo tanto el proceso de biorreacción que se produce en su interior es constante y no sufre alteraciones.

Su estructura cilíndrica facilita la entrada y salida, de desechos orgánicos y biofertilizante en cada lote (Henríquez, Mantilla, & Niño, 2006). La estructura del biorreactor tipo Batch es una ventaja dentro de un parque nacional por la facilidad para su montaje y transporte de los materiales para la instalación.

Se seleccionó el cultivo de bacterias de acuerdo a las características del biorreactor tipo Batch, características del área de estudio y balance del flujo de masas en el proceso de biorreacción.

Por lo tanto, después de acumular los desechos orgánicos y preparar el biorreactor para trabajar, se introdujeron los desechos orgánicos en el biorreactor, aumentando la masa de agua y adicionando el cultivo de bacterias.

3.2.2.4 Determinación de las cantidades obtenidas de biofertilizante y sus componentes principales

Según la investigación llevada a cabo por (Grijalva, 2013), las cantidades y componentes principales de biofertilizante, se determinan mediante el balance de flujo de masas, conjuntamente con el valor de la eficiencia experimental.

Por lo tanto, debido a que los desechos orgánicos fueron sometidos al proceso de biorreacción con una eficiencia experimental, se obtuvieron las cantidades de los componentes del biofertilizante: Nitrógeno, Carbono y Fósforo

Finalmente, se trasladó el biofertilizante obtenido al contenedor destinado para su almacenamiento.

3.2.2.5 Determinación de las dimensiones del biorreactor, equipos principales y sistema de agitación para obtener biofertilizante

Se determinaron los valores de: volumen, altura, radio; los cuales se utilizaron para el diseño de los contenedores destinados para: biorreactor, almacenamiento de desechos inorgánicos, almacenamiento de desechos orgánicos y almacenamiento de biofertilizante. Estos valores se determinaron, con base en el material de diseño seleccionado y el tipo de biorreactor seleccionado para obtener biofertilizante.

Se determinaron los valores de: propelas, eje de transmisión de potencia, motor impulsor y acople al biorreactor; para seleccionar el sistema de agitación adecuado para el tipo de biorreactor.

Según la revisión bibliográfica llevada a cabo se concluyó que, la selección de las fórmulas para los cálculos de los valores antes mencionados, dependen del tipo de biorreactor y de normas para manejo desechos y biofertilizantes.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS DESECHOS ENCONTRADOS EN LA ZONA TURÍSTICA DEL PARQUE NACIONAL PODOCARPUS

En la zona turística del Parque Nacional de Podocarpus, se genera la acumulación de varios tipos de desechos que en la actualidad no reciben una gestión y tratamiento adecuado para disminuir la contaminación causada (Tapia, Terán, & Prieto, 2014).

Nuestra investigación propuso la gestión integral de los desechos, mediante el diseño de un biorreactor, con el que se obtuvo biofertilizante, disminuyendo los desechos y usándolos sosteniblemente. Estos se acumulan en una cantidad de 340,45 Kg/semestre y un promedio de 56,74 Kg/mes, teniendo en cuenta que la mayor cantidad de desechos totales se genera en el mes de marzo 98,46 Kg, que representa el 28,92% de los desechos totales en el primer semestre del 2015, como se muestra en la tabla 8.

La recopilación de datos que se realizó durante el primer semestre del 2015, se efectuó según la metodología propuesta en nuestra investigación, por lo tanto, estos desechos se separan en orgánicos con una cantidad de 273,39 Kg/semestre, que representan el 80,55% de los desechos totales, y desechos inorgánicos con una cantidad de 67,06 Kg/semestre, que representan el 19,45% de los desechos totales, como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Cantidad de desechos orgánicos e inorgánicos, primer semestre del 2015 en el Parque Nacional Podocarpus

DESECHOS MENSUALES	DESECHOS ORGÁNICOS		DESECHOS INORGÁNICOS		TOTAL
	MES	Kg	%	Kg	%
ENERO	19,9	82,33	4,27	17,67	24,17
FEBRERO	62,0	87,84	8,58	12,16	70,58
MARZO	78,8	80,03	19,66	19,97	98,46
ABRIL	43,09	72,06	16,7	27,94	59,79
MAYO	28,1	84,4	5,19	15,60	33,29
JUNIO	41,5	76,62	12,66	23,38	54,16
Total	273,39	-	67,06	-	340,45
Promedio	45,57	80,55	11,18	19,45	56,74

Con base en estos resultados podemos concluir que, las cantidades de desechos orgánicos son superiores a las cantidades de desechos inorgánicos.

En el mes de marzo del 2015, los desechos orgánicos alcanzaron los 78,8 Kg, siendo la mayor cantidad de desechos orgánicos del primer semestre del 2015, como se muestra en la tabla 8.

En nuestra investigación se aprovecharon los desechos orgánicos, para la obtención de biofertilizante, cuya generación depende de la cantidad y características de los mismos (Novillo, 2009).

4.1.1 DESECHOS ORGÁNICOS

Los desechos orgánicos que se generan en el área de estudio, se caracterizan por estar conformados por papel, con un promedio de 23,08 Kg mensuales, los desechos orgánicos comunes, con un promedio mensual de 18,99 kg mensuales y hojarasca-pasto con un promedio mensual de 3,50 kg como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Cantidad y tipo de desechos orgánicos del primer semestre del 2015 en el Parque Nacional Podocarpus.

DESECHOS ORGÁNICOS Meses	PAPEL		DESECHOS ORGÁNICOS COMUNES		HOJARASCA Y PASTO	
	Kg	%	Kg	%	Kg	%
ENERO	6,0	30,15	10,9	54,77	3	15,07
FEBRERO	28,3	45,64	28,7	46,29	5	8,06
MARZO	31,1	39,46	44,7	56,72	3	3,80
ABRIL	27,38	63,54	12,71	29,49	3	6,96
MAYO	15,2	54,09	8,9	31,67	4	14,23
JUNIO	30,5	73,49	8	19,27	3	7,22
Total	138,48	-	113,91	-	21	-
Promedio	23,08	51,06	18,99	39,70	3,50	9,22

Se clasificaron los desechos orgánicos, los cuales se generaron en la zona de estudio y se concluyó que las mayores cantidades son: papel con 138,48 Kg/semestre, que representan el 51,06 % de los desechos orgánicos, desechos orgánicos comunes con 113,91 Kg/semestre, que representan el 39,70 % de los desechos orgánicos y hojarasca-pasto 21 Kg/semestre, que representa el 9,22 % de los desechos orgánicos, como se muestra en la tabla 9.

Después de establecer las cantidades de desechos orgánicos, se los separo según su contenido en papel: mezclado y periódico; desechos orgánicos comunes: restos de frutas y restos de comida; Hojarasca-Pasto: hojas caídas y pasto (Organización de las Naciones Unidas, 1992).

Se analizó el contenido de Nitrógeno, Carbono y Fósforo en los diferentes desechos orgánicos, en donde conjuntamente sobresalen los porcentajes promedio más altos: desechos orgánicos comunes con el 61,03% de Carbono y 0,31% de Fósforo, y hojarasca-pasto con el 3,66% de Nitrógeno, como se muestra en la tabla 10.

El contenido de Carbono y Nitrógeno, incide directamente en la relación Carbono/Nitrógeno, importante para el correcto funcionamiento del biorreactor durante el proceso de biorreacción, para obtener biofertilizante (Guevara, 1996). Los desechos orgánicos generados en el Parque Nacional

Podocarpus tienen diferentes contenidos, cuya relación Carbono/Nitrógeno mantuvo el proceso de biorreacción estable, lo que permitió un correcto proceso de biorreacción.

Tabla 10. Composición de los desechos orgánicos del primer semestre del 2015 en el Parque Nacional Podocarpus.

DESECHOS ORGÁNICOS		PESO (Kg)	NITRÓGENO ORGÁNICO TOTAL (%)	CARBONO ORGÁNICO TOTAL (%)	FÓSFORO ORGÁNICO TOTAL (%)
PAPEL	MEZCLADO	20	0,25	43,30	0,17
	PERIÓDICO	3,08	0,05	17,48	0,35
	Promedio			0,22	39,86
DESECHOS ORGÁNICOS COMUNES	RESTOS FRUTAS	10	1,52	50,30	0,38
	RESTOS COMIDA	8,99	1	73,00	0,19
	Promedio			1,27	61,03
HOJARASCA Y PASTO	HOJAS CAÍDAS	1,3	7,50	5,34	0,21
	PASTO	1,2	2,50	46,00	0,30
	MADERA	1	0,07	7,04	0,20
	Promedio			3,66	19,75

Según la investigación llevada a cabo por Novillo & Guillermo (2009), se recomienda tomar en cuenta los valores promedio, para realizar los cálculos de las cantidades y componentes del biofertilizante obtenido mensualmente.

4.1.2 DESECHOS INORGÁNICOS

Los principales desechos inorgánicos que se generan en el Parque Nacional Podocarpus, son las botellas de politereftalato de etileno (PET) con un porcentaje promedio de 84,10 % del total de desechos inorgánicos, los metales con un porcentaje promedio de 8,29 % del total de desechos inorgánicos y los plásticos en un porcentaje promedio de 7,60 % del total de desechos inorgánicos, como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Cantidad de desechos inorgánicos del primer semestre del 2015 en el Parque Nacional Podocarpus

DESECHOS INORGÁNICOS Meses	PET		PLÁSTICO		METAL	
	Kg	%	Kg	%	Kg	%
ENERO	4,27	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FEBRERO	8,58	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MARZO	17,10	86,97	1,06	5,39	1,50	7,62
ABRIL	12,6	75,44	1,10	6,58	3,00	17,96
MAYO	4,10	78,99	1,09	21,00	0,00	0,00
JUNIO	8,00	63,19	1,60	12,63	3,06	24,17
Promedio	9,11	84,10	0,81	7,60	1,26	8,29

Se caracterizaron los componentes de los desechos inorgánicos (Salamanca & Andrés, 2010), como se muestra en la tabla 12, los cuales poseen altos contenidos de carbono, debido a las materias primas que se utilizan para su conformación, por ejemplo los metales presentan como promedio entre 4 y 0.3 % de carbono, mientras que los desechos plásticos y las botellas tipo PET, poseen valores promedio de hasta 10 % de este elemento. Todos los desechos inorgánicos encontrados en el Parque Nacional Podocarpus, presentan bajos contenidos de nitrógeno, ya que este elemento se considera una impureza perjudicial, tanto para los metales, como para los envases plásticos (Alcayaga, Guerrero, & Glaria, 1999).

Tabla 12. Contenido de Nitrógeno y Carbono en los desechos inorgánicos del primer semestre del 2015 en el Parque Nacional Podocarpus

DESECHOS INORGÁNICOS	% NITRÓGENO ORGÁNICO TOTAL	% CARBONO ORGÁNICO TOTAL
PET	<0,1	10
PLÁSTICO	<0,1	12
METAL	<0,1	0,3 – 4

(Alcayaga, Guerrero, & Glaria, 1999)

Estos desechos inorgánicos se almacenaron y acumularon en un contenedor, para su disposición final en los centros que comercializan estos desechos. Debido a su composición química no pueden ser utilizados para obtener biofertilizante, sin embargo pueden ser utilizados como materias primas reciclables, para la obtención de aleaciones, en el caso de los metales y de envases en el caso de los plásticos y botellas PET (Sabata, 2007).

4.2 COMPOSICIÓN DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS PARA LA OBTENCIÓN MENSUAL DE BIOFERTILIZANTES

A partir de los datos de la cantidad de desechos orgánicos, acumulados mensualmente, mostrados en la tabla 9 y los porcentajes de carbono, nitrógeno y fósforo mostrados en la tabla 10, se determinaron las cantidades de desechos orgánicos de entrada al biorreactor que permitieron construir la tabla 13.

Tabla 13. Cantidades mensuales de los componentes de los desechos orgánicos del primer semestre del 2015 en el Parque Nacional Podocarpus

COMPONENTES	DESECHOS ORGÁNICOS	MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
NITRÓGENO	PAPEL		0,013*	0,062	0,068	0,060	0,033	0,067
	DESECHOS ORGÁNICOS COMUNES		0,138	0,364	0,567	0,161	0,113	0,101
	HOJARASCA Y PASTO		0,109	0,183	0,109	0,109	0,146	0,109
SUBTOTAL (Kg)			0,26	0,260	0,609	0,744	0,330	0,292
CARBONO	PAPEL		2,391	11,280	12,396	10,913	6,058	12,197
	DESECHOS ORGÁNICOS COMUNES		6,652	17,515	27,280	7,756	5,431	4,882
	HOJARASCA Y PASTO		0,592	0,987	0,592	0,592	0,790	0,592
SUBTOTAL (Kg)			9,63	9,635	29,782	40,268	19,261	12,279
FÓSFORO	PAPEL		0,011	0,053	0,059	0,052	0,028	0,057
	DESECHOS ORGÁNICOS COMUNES		0,033	0,088	0,138	0,039	0,027	0,024
	HOJARASCA Y PASTO		0,007	0,012	0,007	0,007	0,009	0,007
SUBTOTAL (Kg)			0,05	0,051	0,153	0,204	0,098	0,064
TOTAL			9,94	9,946	30,544	41,216	19,689	12,635

*Los datos de esta tabla se obtuvieron con la fórmula 1, como se muestra en el siguiente ejemplo:

$$Z = Y \frac{X}{100} \quad (1)$$

$$Z = 6 \text{ Kg} \frac{0,22}{100}$$

$$Z = 0,01 \text{ Kg}$$

Dónde:

X: cantidad de desechos orgánicos, tomados de la tabla 9 en Kg.

Y: porcentaje promedio de nitrógeno, igual a 0,22 % tomados de la tabla 10.

Z: cantidad de nitrógeno contenido en el papel en Kg.

A partir de los valores de la tabla 10, se obtuvieron los valores del total de componentes de los desechos orgánicos (Nitrógeno, Carbono y Fósforo), que entran al biorreactor, como se muestra en la tabla 13, donde se muestra una acumulación de carbono en el mes de abril 40,268 Kg que representa el 97,69% del total de los componentes de los desechos orgánicos en ese mes, esto se debe a que hubo mayor cantidad de papel respecto a los otros meses. Como se muestra en la tabla 9, esta acumulación de carbono incide directamente en la cantidad total de componentes del mes de abril 41,216 Kg que representan el 95,65% respecto al total de desechos orgánicos generados en ese mes.

4.3 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL FUNCIONAMIENTO DEL BIORREACTOR

A continuación se exponen los principales factores que se tomaron en cuenta, para la selección del tipo de biorreactor, para la obtención de biofertilizantes como producto principal de salida (Rivera & Suarez, 2010).

4.3.1 RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO (C/N)

La relación C/N es un factor principal, porque de esta depende la velocidad de biorreacción y el consumo óptimo de nitrógeno y carbono que contienen los desechos orgánicos. La relación C/N asegura que los demás factores que intervienen en el funcionamiento del biorreactor no sufran alteraciones que afecten el proceso de biorreacción, consolidando un correcto desarrollo de las bacterias metanogénicas. Según la investigación realizada por (Guevara, 1996) se recomienda, que el rango óptimo de la relación C/N en los desechos orgánicos es una relación entre 20:1 a 50:1.

En tabla 14 se muestran los valores de relación C/N, de los diferentes tipos de desechos orgánicos que utilizamos en nuestra investigación para obtener biofertilizante.

Tabla 14. Relación Carbono/Nitrógeno de los desechos orgánicos del Parque Nacional Podocarpus.

DESECHOS ORGÁNICOS	RELACIÓN C/N
PAPEL	178,471
DESECHOS ORGÁNICOS COMUNES	47,923
HOJARASCA Y PASTO	5,396
Promedio	25,754

El valor óptimo de la relación C/N en los desechos orgánicos esta entre 20:1 a 50:1

Los datos de esta tabla se obtuvieron con la fórmula 2, como se muestra a continuación:

$$K = \frac{C_1X_1+C_2X_2+C_3X_3+\dots}{N_1X_1+N_2X_2+N_3X_3+\dots} \approx \frac{\sum C_iX_i}{\sum N_iX_i} \quad (2)$$

Dónde:

C: porcentaje de carbono contenido en los desechos orgánicos, tomados de la tabla 10.

N: porcentaje de nitrógeno contenido en los desechos orgánicos, tomados de la tabla 10.

X: cantidad de los desechos orgánicos en Kg.

K: valor de la relación C/N.

Los valores determinados en la tabla 14, conjuntamente con la revisión de la investigación llevada a cabo por la Unidad de Planificación Minero Energética (2003), permitió concluir que; el valor de la relación C/N, del papel supera al rango óptimo, como se muestra en la tabla 14, debido a que este componente tiene mayor cantidad de carbono; por lo tanto su biodegradación es lenta, ya que las bacterias metanogénicas consumen todo el nitrógeno disponible.

Por otro lado el valor de la relación C/N, de la hojarasca y pasto es inferior al rango optimo, como se muestra en la tabla 14, debido a que este este componente tiene mayor cantidad de nitrógeno; por lo tanto su biodegradación es rápida, las bacterias metanogénicas no consumen todo el nitrógeno disponible y es liberado como amonio que puede afectar el pH.

Debido a la combinación de ambos tipos de desechos orgánicos en el proceso de biorreacción, la relación C/N se autorregula según las necesidades del cultivo bacteriano.

El valor de la relación C/N de los desechos orgánicos comunes, está dentro del rango óptimo, como se muestra en la tabla 14; por lo tanto las bacterias

metanogénicas consumen el carbono y el nitrógeno, desarrollándose óptimamente.

Sin embargo el valor relevante de la relación C/N, es el promedio conjunto de todos los tipos de desechos orgánicos, ya que estos se mezclan cuando ingresan al biorreactor; este valor está dentro del rango óptimo, como se muestra en la tabla 14, lo cual indica que la biorreacción se lleva a cabo correctamente y sin alteraciones en los factores de funcionamiento del biorreactor (Unidad de Planificación Minero Energética, 2003).

4.3.2 TIEMPO DE RETENCIÓN

El tiempo de retención apropiado para el proceso de biorreacción de los desechos orgánicos, depende de las características ambientales de la zona de estudio, principalmente, clima, temperatura promedio ambiental.

A partir de la relación existente entre el tiempo de retención y la temperatura ambiente, demostradas por Alcayaga, Guerrero & Glaria (1999) y Henríquez, Mantilla & Niño (2006), se analizaron las características del área de estudio, para seleccionar el tiempo de retención de los desechos orgánicos en el biorreactor. Por lo tanto, teniendo en cuenta que la temperatura aumenta en el área de estudio, según la cantidad de vegetación, transferencia de calor del ciclo diurno – nocturno al ambiente, precipitaciones según la época del año y los rangos altitudinales de la zona turística, se seleccionó la temperatura de 30 °C, como se muestra en el acápite 2.7.1.

Tabla 15. Relación entre el tiempo de retención y la temperatura, según las características del área de estudio

CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	TIEMPO DE RETENCIÓN (DÍAS)
TRÓPICO	30	30 – 40
VALLE	20	40 – 60
ALTIPLANO	10	60 – 90

(Alcayaga, Guerrero, & Glaria, 1999)

Según la investigación llevada a cabo por Henriquez, Mantilla & Miño (2006), el tiempo de retención seleccionado de 30 días, que se muestra en la tabla 15, está vinculado a la temperatura ambiente del área de estudio de 30 °C, debido a que la biorreacción inicia con los desechos orgánicos sometidos a la temperatura del ambiente.

La temperatura ambiente del área de estudio, se incrementa paulatinamente hasta llegar a la temperatura de proceso, durante el tiempo de retención seleccionado de 30 días, en el cual se desarrolla del cultivo de bacterias; este proceso es necesario para mantener la estabilidad del pH.

El tiempo de retención, influye directamente en la cantidad de desechos orgánicos, que se acumulan y almacenan en su contenedor durante 30 días. Esto permite concluir, que el tratamiento de desechos orgánicos se lo debe realizar por lotes, esta característica del proceso es relevante en la selección del tipo de biorreactor para obtener biofertilizante.

4.3.3 TEMPERATURA DE PROCESO

Los desechos orgánicos, durante su acumulación, almacenamiento y entrada al biorreactor, se encuentran sometidos a la temperatura ambiente del área de estudio, la cual cambia a medida que el cultivo de bacterias se desarrolla hasta llegar a la temperatura de proceso.

Según la investigación llevada a cabo por Duque, Galeano, & Mantilla (2006), la producción de biofertilizantes es mayor para los biorreactores, que operan por lotes, con una temperatura de proceso de 40 °C, debido a que este valor está dentro del recomendado para el crecimiento óptimo de las bacterias mesófilas-metanogénicas, el cual oscila entre 35 y 40 °C,. Es por ello que el tiempo de retención de 30 días es apropiado para biorreactores con una temperatura de proceso entre 40 y 50 °C.

Para los biorreactores con una temperatura de proceso entre 40 °C y 50 °C, la eficiencia de producción de biofertilizante es de hasta 70%, como recomienda Guevara (1996) en su investigación. Teniendo en cuenta los aspectos anteriores, se seleccionó una temperatura de proceso de 40 °C.

4.3.4 pH DURANTE EL PROCESO DE BIORREACCIÓN

El pH es importante, debido a que el desarrollo del cultivo de bacterias depende de este factor de funcionamiento para realizar una correcta biorreacción, a continuación se describe el comportamiento de este factor, durante toda la biorreacción. Según la relación C/N determinada para esta investigación el pH, permanece constante y sin alteraciones en 6,5 - 7 (Alcayaga, Guerrero, & Glaria, 1999).

La primera etapa es de alta producción de gases, con baja composición de metano sin alterar el pH, la cual corresponde a la fase de solubilización en la biorreacción anaeróbica, donde las bacterias descomponen los desechos orgánicos en compuestos orgánicos solubles, dióxido de carbono e hidrógeno y es el comienzo de la formación del biofertilizante.

Le sigue una segunda etapa de baja producción, con leve aumento del valor de composición de metano y el pH sin alteración, esto corresponde a la fase de acetogénesis, donde los monómeros producidos en la primera fase se convierten en ácidos, principalmente el acético.

A continuación, una tercera etapa de aumento en la producción y aumento en la composición de metano, ocasionada por el inicio de la fase de

metanización, donde los ácidos se reducen por acción de las bacterias, las cuales presentan un ambiente apropiado para realizar el proceso, con valores de pH cercanos a valores neutros 6,5 a 7.

Finalmente, en la última etapa se disminuye la cantidad de desechos orgánicos, necesaria para la supervivencia de las bacterias metanogénicas (Alcayaga, Guerrero, & Glaria, 1999).

4.3.5 HUMEDAD

Se seleccionaron los valores de humedad, según recomendación de las investigaciones realizadas por Ruíz & Rodríguez (2007) y Regalado (2010), en base a las características de los desechos orgánicos del Parque Nacional Podocarpus, para obtener biofertilizante, como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16. Porcentaje de humedad en los desechos orgánicos del Parque Nacional Podocarpus

Desechos Orgánicos		% HUMEDAD
PAPEL	MEZCLADO	8
	PERIÓDICO	5
DESECHOS ORGÁNICOS COMUNES	FRUTAS	88
	DESECHOS COMIDA	69
HOJARASCA Y PASTO	HOJAS CAÍDAS	38
	PASTO	82
	MADERA	5
Promedio		36,6

(Ruíz & Rodríguez., 2007) (Regalado, 2010)

Los desechos orgánicos del Parque Nacional Podocarpus, poseen una humedad promedio de 36,6 %; mientras que la menor cantidad de humedad pertenece a la madera y el periódico con el 5 % y la mayor cantidad de humedad pertenece a las frutas con 88 %, como se mostró en la tabla 16.

4.3.6 INCREMENTO DE LA CANTIDAD DE DESECHOS ORGÁNICOS

Según datos del Parque Nacional Podocarpus, el número de turistas se ha ido incrementando año tras año del 2% aproximadamente, lo que ha demostrado un crecimiento promedio de los años 2011, 2012, 2013, 2014 y 2015, la mayor cantidad de visitantes fue registrada en el 2014 con 8 497 personas.

Tomando en cuenta que el manual del biogás (FAO, 2011), recomienda verificar la eficiencia de funcionamiento del biorreactor, también el estado de sus componentes y materiales, cada 5 años; para mantener el correcto proceso de biorreacción.

Por lo tanto, se consideró un aumento en la cantidad de desechos orgánicos en el Parque Nacional Podocarpus y se determinó para el año 2020, el incremento de desechos orgánicos es de 10,4%, con lo cual este indicador muestra además las posibilidades que existen en esta instalación turística de utilizar los desechos orgánicos que se generen para el futuro (Hilbert, 2003).

4.3.7 MASA DE AGUA

Es importante tener en cuenta, al agua como factor principal de funcionamiento del biorreactor para la degradación de desechos orgánicos, debido a la cantidad y composición de los desechos orgánicos para el proceso de biorreacción (Damas, 2000).

El agua contribuye al desarrollo de los microorganismos encargados de la degradación de los desechos orgánicos. Debido a las características de los desechos encontrados en el Parque Nacional Podocarpus, que se muestran en el acápite 4.2 y conjuntamente por sugerencia de Yeison & Gonzáles (2009), se determinó emplear 10 % de agua que equivale a 7,88 Kg de masa de agua, la cual se adiciona a la masa de desechos orgánicos directamente.

El proceso de biorreacción necesita que los desechos orgánicos contenidos en su interior tengan un proceso de degradación adecuado, para convertir los desechos orgánicos en biofertilizante en el tiempo de retención, que se

describe en el acápite 4.3.2. La masa de agua adicional favorece al proceso de conformación del biofertilizante y biorreacción en general.

4.3.8 DENSIDAD DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS DE ORIGEN VEGETAL

La composición de los desechos orgánicos (papel, desechos orgánicos comunes, hojarasca y pastos), que en conjunto alcanzan valores de densidad que varían entre 0,4 – 0,7 g/cm³ (Campos, 2011).

Estos valores de densidad son variables y se asocian con la composición de los desechos orgánicos, en la cual incide además el grado de humedad que esta posea, sin embargo en ningún caso es superior a 0,7 g/cm³ (Sánchez, 2005). Para efectos de nuestra investigación, se tomó la densidad promedio de 0,5 g/cm³, que se usó en el cálculo del volumen de los desechos orgánicos que ingresan al biorreactor, de la zona turística del Parque Nacional Podocarpus.

4.4 RESUMEN DE LOS FACTORES DE FUNCIONAMIENTO DEL BIORREACTOR

Los factores que se muestran en la tabla 17, intervienen en el proceso de biorreacción para que el biorreactor tenga un correcto funcionamiento, de acuerdo a: los principales factores que intervienen en la biorreacción, las características climáticas del área de estudio del acápite 2.7.1 y al incremento de los desechos orgánicos en 5 años en las instalaciones del parque del 10,4 %, que en conjunto permitirán el desarrollo natural del cultivo de bacterias para degradar los desechos orgánicos del Parque Nacional Podocarpus, como sugiere Novillo (2009).

Tabla 17. Principales factores que intervienen en el funcionamiento del Biorreactor en el Parque Nacional Podocarpus.

No.	Factores	Unidades de medida	Valores	Observaciones
1.	Temperatura Ambiente	°C	30	Datos del Parque Nacional Podocarpus, tomado de la tabla 15
2.	Temperatura de proceso	°C	40	Temperatura interna de proceso tomado de Duque, Galeano & Mantilla (2006)
2.	pH	-	6,5 - 7	pH para el proceso tomado de Alcayaga, Guerrero & Glaria (1999)
3.	Tiempo de retención	días	30	Datos del Parque Nacional Podocarpus, tomado de la tabla 15
4.	Cantidad de desechos orgánicos	Kg	78,8	Datos del Parque Nacional Podocarpus, tomado de la tabla 8
5.	Masa de agua	Kg	7,88	Se determinó 10% adicional tomado de Damas (2000)
6.	Masa neta total	Kg	94,87*	Incluye la cantidad de desechos orgánicos, la masa de agua y el incremento de desechos orgánicos en 5 años
7.	Relación C/N	-	25,754	Tomado de tabla 14
8.	Humedad	%	36,614	Tomado de tabla 16
9.	Densidad desechos orgánicos de origen vegetal	g/cm ³	0,5	Promedio, tomado de Campos (2011).

*Para calcular la masa neta total, del punto 6 de la tabla 17, se utilizó la fórmula 3.

$$mT = mdo + ma + l \quad (3)$$

$$mT = 78,8\text{Kg} + 7,88\text{ Kg} + 8,19\text{ Kg}$$

$$mT = 94,87\text{ Kg} \approx mT = 100\text{ Kg}$$

Dónde:

mT: masa neta total de entrada para el biorreactor en Kg.

mdo: valor máximo de la cantidad de desechos orgánicos tomada de la tabla 8 en Kg.

ma: masa de agua adicional 10% en Kg, tomada de Damas, M., (2000)

l: Incremento de desechos orgánicos para el 2020 del 10,4%.

Con las características de los desechos orgánicos establecidas, seleccionamos los valores de los factores de funcionamiento del biorreactor, como se muestra en la tabla 17, donde sobresalen: la cantidad de masa neta total de 78,8 Kg valor máximo de la cantidad de desechos orgánicos generados en el semestre, la masa de agua de 7,88 Kg y la masa neta total de 94,87 Kg que se aproximó a 100 Kg para efectos de dimensionamiento y diseño de los equipos que intervienen en las etapas de tratamiento de los desechos orgánicos.

4.5 BALANCE DEL FLUJO DE MASAS EN EL PROCESO DE BIORREACCIÓN

Debido a las bajas cantidades de desechos que se generan, dentro de la zona turística del Parque Nacional Podocarpus, se produce un tiempo de acumulación de desechos, y se puedan obtener las cantidades mostradas en la tabla 8. El tiempo de acumulación de los desechos, es igual al tiempo de retención de 30 días que el biorreactor utiliza para convertir los desechos orgánicos en biofertilizante de esta forma el biorreactor trabaja continuamente.

En nuestra investigación llamamos lotes a la cantidad de desechos orgánicos acumulados y almacenados en su contenedor cada 30 días. Para su ingreso al biorreactor se adiciona la masa de agua como se explica en el acápite 4.3.7 y el cultivo de bacterias como se explica en el acápite 4.7.

Por lo tanto, el ingreso de los desechos orgánicos al biorreactor se lo realiza por lotes de 100 Kg y con una frecuencia de ingreso de 30 días, esto es muy importante al seleccionar el tipo de biorreactor, ya que de esto depende el balance de masa, que se describe con la fórmula 4.

$$Q_e + M_e = Q_s + M_s(\eta_{br}) \quad (4)$$

$$M_e = M_s(\eta_{br})$$

Dónde:

Qe: caudal de entrada al biorreactor, cuyo valor es 0, ya que no existe.

Qs: caudal de salida del biorreactor, cuyo valor es 0, ya que no existe.

Me: masa que entró al biorreactor en Kg, cuyos valores se muestran en la tabla 8.

Ms: masa que salió del biorreactor en Kg, transformada en biofertilizante cuyos valores se muestran en la tabla 18.

η_{br} : eficiencia del biorreactor del 70%.

4.6 EFICIENCIA EXPERIMENTAL DEL BIORREACTOR

Los biorreactores utilizan diferentes tipos de desechos orgánicos dependiendo del producto de salida que se quiera obtener, por lo que su eficiencia varía en diferentes rangos. Para el caso de los utilizados para el tratamiento de desechos orgánicos para obtener biofertilizante, las eficiencias varían entre 70 % y 90 % con base en la experiencia en las investigaciones de Barrera & Charry (2008) , Andrade & Correa (2009), Grijalva (2013). Teniendo en cuenta la cantidad de desechos orgánicos, los factores de funcionamiento del biorreactor y las características del área de estudio, se determinó una eficiencia de 70%, considerando que la alimentación de desechos orgánicos al biorreactor, se la realiza por lotes como se explicó en el acápite 4.5.

4.7 INOCULACIÓN DEL CULTIVO DE BACTERIAS

Después de evaluar el funcionamiento del biorreactor, por los factores de funcionamiento y sus valores que se encuentran en la tabla 17, se determinó que el proceso para obtener biofertilizante es anaerobio y por tanto los desechos orgánicos deben pasar por un proceso de metanogénesis, donde los factores antes mencionados dan el medio de cultivo idóneo para este proceso y se puedan desarrollar las bacterias adecuadas (Grijalva, 2013).

El proceso de biorreacción anaeróbica, disminuye las pérdidas de nitrógeno, de 18 % a 1 % y carbono de 33 % a 7 %, respecto al proceso de biorreacción aeróbica (Botero & Preston, 1987).

Para que el biorreactor pueda realizar el proceso de biorreacción es necesario entender que los desechos orgánicos deben pasar por un proceso de metanogénesis, en el cual los microorganismos usan los desechos orgánicos como medio de cultivo para realizar el siguiente proceso:

1. Hidrólisis fermentativa: Los desechos orgánicos y el proceso anaeróbico del biorreactor generan bacterias Fermentativas.
2. Acetogénesis: Las bacterias Fermentativas hacen que los desechos orgánicos tengan las características adecuadas para que se desarrollen las bacterias Acetogénicas.
3. Metanogénesis: Las bacterias Acetogénicas hacen que los desechos orgánicos tengan las características adecuadas para que se desarrollen las bacterias Metanogénicas.

Para establecer el correcto desarrollo de las bacterias, debido a las cantidades y características de los desechos orgánicos, con base en los factores de funcionamiento del biorreactor, que se observaron en la tabla 17 y según con las investigaciones de Barrera & Charry (2008), Andrade & Corrrea (2009), Grijalva (2013), se debe utilizar un cultivo de bacterias comerciales para la biorreacción, el mismo que da inicio al proceso metanogénico.

A nivel nacional se comercializa Gamazyme 700 FN de laboratorio ROCHEM DEL ECUADOR S.A. para tratamientos anaerobios, como se muestra en el anexo 1, el cual por un proceso metanogénico desarrolla las bacterias que degradan los desechos orgánicos para obtener biofertilizante. Es un cultivo de bacterias, que se utilizan en tratamientos de pozos sépticos, lodos activados, desechos orgánicos y aguas residuales.

Entre las ventajas del Gamazyme 700 FN es que ayuda a la degradación de desechos vegetales, tales como se muestran en esta investigación; la inoculación inicial se aplica en todas las cargas mensuales de desechos orgánicos del biorreactor, Gamazyme 700 FN se activa con una cantidad de 50gr en 750ml de agua a 35⁰C el cual se debe mover durante 10 minutos, la aplicación es directa a la masa neta total que entra al biorreactor, se

mantendrá una dosificación semanal de 2 gr de Gamazyme 700 FN para un volumen de 0,2 m³ (ROCHEM DEL ECUADOR S.A., 2013).

4.8 COMPONENTES DEL BIOFERTILIZANTE COMO PRODUCTO PRINCIPAL DE SALIDA

En nuestra investigación consideramos como producto principal de salida al biofertilizante, demostrando el cumplimiento del objetivo general.

Mediante balance del flujo de masas, se determinó los valores que se muestra en la tabla 18, debido a que los desechos orgánicos fueron sometidos al proceso de biorreacción, con una eficiencia del 70%, obteniendo las cantidades de: Nitrógeno, Carbono y Fósforo del biofertilizante.

Tabla 18. Cantidades mensuales de los principales componentes del biofertilizante en el primer semestre del 2015 en el Parque nacional Podocarpus

MESES	Componentes Kg			TOTAL
	NITRÓGENO	CARBONO	FÓSFORO	
ENERO	0,182*	6,744	0,035	6,961
FEBRERO	0,426	20,85	0,142	21,41
MARZO	0,502	28,187	0,142	28,831
ABRIL	0,231	13,482	0,068	13,781
MAYO	0,204	8,591	0,044	8,839
JUNIO	0,193	12,369	0,061	12,623

*Los datos de esta tabla se obtuvieron con la fórmula 5, como se muestra el siguiente ejemplo:

$$X = Y * \eta_{br} \quad (5)$$

$$X = 0,26 \text{ Kg} * 0,7$$

$$X = 0,182 \text{ Kg}$$

Dónde:

Y: nitrógeno en el mes de Enero en Kg, tomado de la tabla 13

η_{br} : eficiencia del biorreactor, igual a 70%.

X: nitrógeno contenido en el biofertilizante en el mes de Enero, en Kg.

En la tabla 18 se muestran los valores de composición del biofertilizante (Nitrógeno, Carbono y Fósforo) con el 70% de eficiencia del biorreactor por mes y también se muestra la cantidad mensual total de masa formada por los componentes, sobresaliendo los meses de Febrero y Marzo con valores de 21,41 Kg y 28,831 Kg, respectivamente.

A partir de los datos de la cantidad de los desechos orgánicos por mes según la tabla 8, se determinaron las cantidades de biofertilizante obtenido del biorreactor mensual con un 70 % de eficiencia, que permitieron construir la tabla 19.

Tabla 19. Cantidades mensuales de biofertilizante del primer semestre del 2015 en el Parque Nacional Podocarpus

DESECHOS ORGÁNICOS	BIOFERTILIZANTE	
	Meses	
	Kg/mes	%/mes
ENERO	13,93*	7,27
FEBRERO	43,4	22,67
MARZO	55,16	28,82
ABRIL	30,163	15,76
MAYO	19,67	10,27
JUNIO	29,05	15,17
TOTAL	191,373	-
promedio	31,89	19,81

* Los datos de esta tabla se obtuvieron con la fórmula 6, como se muestra el siguiente ejemplo:

$$mbf = mdo * \eta_{br} \quad (6)$$

$$mbf = 19,9 \text{ Kg} * 0,7$$

$$mbf = 13,93 \text{ Kg}$$

Dónde:

mdo: cantidad de desechos orgánicos, Enero del 2015; tomados de la tabla 8 en Kg.

η_{br} : eficiencia del biorreactor, igual a 70%.

mbf: cantidad de biofertilizante, Enero del 2015 en Kg.

La eficiencia experimental del biorreactor, incide directamente en los valores del biofertilizante, como se muestra en la tabla 19, debido a que la masa de desechos orgánicos que entra al biorreactor, se somete al proceso de biorreacción, obteniendo una masa semestral de biofertilizante de 191,37 Kg/semestre que representa el 70%, en comparación con la masa semestral de desechos orgánicos de 273.39 Kg/semestre.

Con la cantidad de masa de biofertilizante obtenido en la tabla 19 se afirma que el Parque Nacional Podocarpus, cuenta con la capacidad de mantener una producción mensual durante todo el año, con un correcto aprovechamiento de los desechos orgánicos.

A partir de los datos de la cantidad de biofertilizante de la tabla 19, producido cada mes del primer semestre del 2015 y los porcentajes de carbono, nitrógeno y fósforo mostrados en la tabla 18, se determinaron los porcentajes de los componentes que tiene el biofertilizante, por cada mes del primer semestre del 2015, que permitieron construir la tabla 20.

Tabla 20. Porcentajes mensuales de los componentes del biofertilizante en el primer semestre del 2015 del Parque Nacional Podocarpus

MES	NITRÓGENO %	CARBONO %	FÓSFORO %	Total %
ENERO	1,306*	4,841	0,251	49,97
FEBRERO	0,981	48,041	0,324	49,33
MARZO	0,910	51,100	0,257	52,26
ABRIL	0,765	44,697	0,225	45,68
MAYO	1,037	43,675	0,223	44,93
JUNIO	0,664	42,578	0,209	43,45

El porcentaje restante para llegar al 100%, corresponde a componentes adicionales del biofertilizante y componentes del biogás.

*Los datos de esta tabla se obtuvieron con la fórmula 7, como se muestra el siguiente ejemplo:

$$X = \left(\frac{mc}{mbf} \right) * 100 \quad (7)$$

$$X = \left(\frac{0,182 \text{ Kg}}{13,93 \text{ Kg}} \right) * 100$$

$$X = 1,306 \%$$

Dónde:

mc: cantidad del componente (nitrógeno, carbono o fósforo), Enero del 2015; tomado de la tabla 18 en Kg.

mbf : cantidad de biofertilizante estimado, Enero del 2015; tomado de la tabla 18 en Kg.

X: porcentaje del componente del biofertilizante, Enero del 2015.

Con la eficiencia experimental del biorreactor del 70%, se calculó las cantidades y porcentajes de los componentes Carbono, Nitrógeno y Fósforo mensual del biofertilizante obtenido, como se muestra en la tabla 20, donde los valores más altos fueron: Nitrógeno de 0,502 Kg que equivale al 0,91%, Carbono de 28,187 Kg que equivale al 51,1% y Fósforo de 0,142 que equivale al 0,257%.

4.8.1 DENSIDAD DEL BIOFERTILIZANTE

El valor de la densidad del biofertilizante, depende de la composición de los desechos orgánicos que entraron al biorreactor y en especial a la temperatura del proceso, la cual aumenta a 40 °C, como se explica en el acápite 4.3.3 (Campos, 2011).

La densidad al final del proceso de biorreacción es menor que la densidad de los desechos orgánicos, que se introdujeron al biorreactor al inicio del proceso, sin embargo en ningún caso es superior a 0,7 g/cm³, cuando se trata de desechos orgánicos de origen vegetal (Sánchez, 2005).

Para efectos de esta investigación se seleccionó la densidad de 0,44 Mg/cm³, sugerida en la investigación realizada por Matheus, Caracas, Montilla & Fernández (2007), valor utilizado para los cálculos de diseño del biorreactor, cuando los desechos orgánicos son de origen vegetal.

4.8.2 VOLUMEN DEL BIOFERTILIZANTE

Para calcular el volumen del biofertilizante, se toma en cuenta el valor de la densidad del biofertilizante, seleccionado de 0,44 Mg/m³ que se muestra en el acápite 4.8.1, el cual se lleva a unidades de 440 kg/m³. Con la formula número 8 se determinó el volumen del biofertilizante:

$$V_{bf} = \frac{mT}{\rho_{bf}} \quad (8)$$

$$V_{bf} = \frac{100 \text{ Kg}}{440 \text{ Kg/m}^3}$$

$$V_{bf} = 0,23 \text{ m}^3$$

Dónde:

mT: masa neta total, tomado de la tabla 17 en Kg.

ρ_{bf} : densidad del biofertilizante en kg/m³.

V_{bf}: volumen del biofertilizante en m³.

4.8.3 CARACTERÍSTICAS DEL BIOFERTILIZANTE

La composición del Biofertilizante como se muestra en la tabla 21, tiene valores máximos y mínimos durante todo el semestre, con los que se describen las características del biofertilizante obtenido al final del proceso de biorreacción.

Tabla 21. Características del biofertilizante obtenido al final del proceso de biorreacción

Características	Biofertilizante	Unidades
Densidad del biofertilizante	440	Kg/m ³
Volumen del biofertilizante	0,23	m ³
Contenido de nitrógeno	0,981 – 1,306	%
Contenido de carbono	4,841 – 51,100	%
Contenido de fosforo	0,257 – 0,324	%

Después de haber cumplido con las etapas del proceso de tratamiento de los desechos orgánicos, mediante el uso de un biorreactor tipo Batch, se obtuvo biofertilizante. Se puede observar que a diferencia de varias investigaciones como las de Regalado (2010), Salamanca & Andres (2010) no se incluyó excretas, aguas grises o negras y lodos activados dentro de la masa de desechos que ingresa en el biorreactor por lo tanto el biofertilizante obtenido es de origen vegetal, que se usa para la nutrición del suelo de pequeños huertos.

El biofertilizante obtenido posee microorganismos vivos que no causan daño o enfermedad al hombre, a los animales ni a las plantas, se asocian en forma natural con las raíces de las plantas, beneficiando su crecimiento y el rendimiento de los cultivos y no produce malos olores (Andrade & Correa, 2009).

4.9 DIMENSIONAMIENTO DEL BIORREACTOR Y EQUIPOS

PRINCIPALES

Como mencionamos en la descripción del proceso el tratamiento de los desechos orgánicos del Parque Nacional Podocarpus, los equipos diseñados se caracterizan por su sencillez en la instalación y uso. En los cálculos de dimensionamiento, se utilizó una masa neta total de 100Kg para los desechos orgánicos, desechos inorgánicos, biofertilizante y biorreactor, donde está incluida la masa de agua y se considera el porcentaje de aumento de desechos orgánicos en 5 años.

Las dimensiones del biorreactor y de los equipos principales, se determinaron con base al proceso de tratamiento de desechos orgánicos del Parque Nacional Podocarpus, los factores de funcionamiento del biorreactor que se muestran en la tabla 17 y características del área de estudio.

4.9.1 SELECCIÓN DEL LUGAR PARA LA INSTALACIÓN DEL BIORREACTOR EN EL PARQUE NACIONAL PODOCARUS

Dentro de la zona turística del Parque Nacional Podocarpus, se destinó un área de 10m² para la instalación y uso del biorreactor, caracterizada por ser una bodega, que se usa para el almacenamiento de los desechos orgánicos y biofertilizante, lo que ayuda al proceso porque se favorece la entrada de los desechos orgánicos y salida de biofertilizante. Se recomienda ampliar la bodega para mejorar la movilidad del proceso.

La bodega tiene columnas de concreto y 4 paredes de bloque, el techo es de loza con proyección a un segundo piso, la puerta es de aluminio con aldaba y candado, también tiene 2 ventanas con rejas de seguridad.

4.9.2 SELECCIÓN DEL MATERIAL DE DISEÑO PARA EL BIORREACTOR Y LOS CONTENEDORES DE ALMACENAMIENTO

El material se seleccionó, en base a la temperatura de la zona de estudio, de 30 °C y precipitaciones del acápite 2.7.1. Al ser un área de clima tropical, donde la corrosión aumenta, se debió tomar en cuenta que los contenedores y el biorreactor, se deben diseñar con materiales inoxidables.

Según la norma INEN de transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos: requisitos (INEN 2266, 2013), los desechos orgánicos e inorgánicos, biogás y biofertilizantes, son considerados desechos peligrosos y por lo tanto; su almacenamiento se lo realiza en un tanque cilíndrico, diseñado para contenerlos de acuerdo a sus características y características del lugar de almacenamiento.

El material y diseño del tanque debe garantizar la distribución de presiones, prevenir derrames y que sus componentes no generen reacciones con el contenido. El biorreactor debe mantener el proceso de biorreacción interno, sin alteraciones externas.

Según la norma INEN de fertilizantes o abonos: requisitos y etiquetado (INEN 0221, 1997), el material de los tanques, debe proteger del deterioro al biofertilizante y cuyo diseño facilite la manipulación del mismo.

Por lo tanto, tomando en cuenta todas las características mencionadas, se selecciona el acero inoxidable AISI 304 (SUMITEC S.A.). Este tipo de acero sirve para el diseño de tanques, para contener sustancias de procesos biológicos, como se puede observar en la hoja de seguridad del anexo 2. Siendo el material idóneo para el diseño del biorreactor y los tanques de almacenamiento de nuestra investigación. El acero inoxidable AISI 304, soporta presiones de hasta: 620 MPa y temperaturas de hasta: 1 120 °C.

4.10 DIMENSIONES DEL BIORREACTOR

Se diseñó el biorreactor, en base a: las características del acero inoxidable AISI 304, las características del área de estudio, factores de funcionamiento del proceso de biorreacion y la producción del biofertilizante.

4.10.1 VOLUMEN DEL BIORREACTOR TIPO BATCH

Comparando el volumen del biofertilizante con el volumen de los desechos orgánicos, como se muestra en la fórmula 9, se pudo determinar que el volumen para el diseño del biorreactor, es el mismo volumen de los desechos orgánicos, como se muestra en la fórmula 10, ya que corresponde al volumen más alto, por lo tanto:

$$V_{do} > V_{bf} \quad (9)$$

$$0,2m^3 > 0,23m^3$$

Por lo tanto:

$$V_{br} = V_{do} \quad (10)$$

$$V_{br} = 0,2m^3$$

Dónde:

V_{do}: volumen de los desechos orgánicos en m^3

V_{bf}: volumen del biofertilizante en m^3

V_{br}: volumen del biorreactor en m^3

4.10.2 RADIO (r) DEL BIORREACTOR TIPO BATCH

Según la norma API 650 del American Petroleum Institute, para Diseño, montaje y construcción de tanques soldados de acero; se recomienda que el diámetro es 2/3 del valor de la altura, expresión que se representó en la fórmula 11, en la cual se reemplazó el diámetro por el radio y de esta forma se obtuvo la fórmula de la altura, mostrada en la ecuación 12:

$$\phi = \frac{2}{3} h \quad (11)$$

$$2 r = \frac{2}{3} h$$

$$h = 3 r \quad (12)$$

Dónde:

ϕ : Diámetro del tanque cilíndrico en m.

h: altura del tanque cilíndrico en m.

r: Radio del tanque cilíndrico en m.

Se utilizó la fórmula geométrica 13, se reemplazó el valor de la altura obtenido, en la cual se despejó el radio, como se muestra en la fórmula 14.

$$V = \pi r^2 h \quad (13)$$

$$V = \pi r^2 (3r)$$

$$V = \pi 3r^3$$

Se despejó el radio:

$$\frac{V}{3 \pi} = r$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{V}{3 \pi}} \quad (14)$$

Se calculó el radio del biorreactor tipo Batch, con la fórmula 14:

$$r = \sqrt[3]{\frac{V_{br}}{3 \pi}} \quad (14)$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{0,2 \text{ m}^3}{3 \pi}}$$

$$r = 0,28 \text{ m} \approx r = 0,3 \text{ m}$$

Dónde:

r : radio del biorreactor tipo Batch en m.

V_{br} : volumen del biorreactor en m^3 .

4.10.3 ALTURA (h) DEL BIORREACTOR TIPO BATCH

Se calculó la altura del biorreactor tipo Batch, con la fórmula 11 (American Petroleum Institute, 2005) :

$$\phi = \frac{2}{3} h \quad (11)$$

$$\frac{3\phi}{2} = h$$

$$\frac{3(2r)}{2} = h$$

$$\frac{6(0,3 m)}{2} = h$$

$$h = 0,9m \approx h = 1 m$$

Dónde:

ϕ : diámetro del biorreactor tipo Batch en m.

h : altura del biorreactor tipo Batch en m.

r : radio del biorreactor tipo Batch en m.

4.11 SISTEMA DE AGITACIÓN PARA EL BIORREACTOR TIPO BATCH

Para evitar la decantación de los desechos orgánicos y por recomendación de la investigación de López & López (2009), es necesario la instalación de un sistema de agitación que permita homogenizar la mezcla.

Es importante que la biorreacción se lleve a cabo uniformemente, para que no se alteren los factores de funcionamiento y se mantengan constantes durante el tiempo de retención, de esta forma el cultivo de bacterias permanece en contacto con los desechos orgánicos y agua. Por lo tanto, la metanogénesis se produce homogéneamente, en toda la masa de desechos

orgánicos (Optimización de procesos y tecnologías S.A.S., 2015) lo que ayuda a la producción de biofertilizante.

Para biorreactores tipo Batch, la investigación de Pazmiño (2015), recomienda un sistema de agitación vertical. El sistema de agitación está conformado por: el motor impulsor, eje de transmisión de la potencia, un acople al biorreactor y las propelas.

4.11.1 PROPELAS

Según la investigación de Pedroza (s.f.), se recomienda, que para el tipo de desechos orgánicos del Parque Nacional Podocarpus, se debe realizar una agitación axial; para lo cual se requiere que las propelas-bipala con forma de paletas planas; cuyas dimensiones se pueden observar en el plano de diseño N.- 07; el diámetro de las propelas es 1/2 del diámetro del biorreactor, como se muestra en la fórmula 15:

$$\phi_p = \frac{1}{2} \phi \quad (15)$$

$$\phi_p = \frac{1}{2} (0,6m)$$

$$\phi_p = 0,3m$$

Dónde:

ϕ : diámetro del biorreactor tipo Batch en m.

ϕ_p : diámetro de las propelas en m.

Según la investigación de (Pedroza, s.f.), se recomienda, que el ancho de las paletas sea entre un sexto a un décimo, del diámetro de las propelas, cuyas dimensiones se pueden observar en el plano de diseño N.- 07, para nuestra investigación se usara el promedio de un octavo, como se muestra en la fórmula 16:

$$A = \frac{1}{8} \phi_p \quad (16)$$

$$A = \frac{1}{8} (0,3m)$$

$$A = 0,0375m$$

Dónde:

ϕ_p : diámetro de las propelas en m.

A: ancho de las paletas en m.

4.11.2 EJE DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA

Según la investigación de (Pedroza, s.f.), se recomienda, que la longitud del eje transmisor de potencia, sea el valor de la altura del biorreactor, sumado el un tercio de dicha altura, esta longitud comprende la parte exterior e interior del eje de transmisión de potencia, como se muestra en la fórmula 17:

$$L = h + \frac{1}{3} h \quad (17)$$

$$L = 1 + \frac{1}{3}$$

$$L = 1,3m$$

Dónde:

L: longitud del eje transmisor de potencia en m.

h: altura del biorreactor en m.

En esta longitud se distribuyen las propelas, el acople al biorreactor y el motor impulsor, por lo que pueden variar según su instalación, lo que se puede apreciar en los planos de diseño N.- 02 y N.- 07

Según la investigación de (Motta, s.f.), se recomienda que cuando los volúmenes de desechos orgánicos no son constantes, se instale una propela bipala cada 1/3 de la longitud del eje transmisor de potencia, por lo tanto nuestro sistema de agitación tiene 2 propelas, de esta forma se previene un volumen muy alto o uno muy bajo.

Por estandarización, el diámetro del eje de transmisión de potencia esta entre ½" para flujo laminar y 1" para flujo turbulento (Optimización de procesos y tecnologías S.A.S., 2015).

4.11.3 MOTOR IMPULSOR

Según la investigación de Rueda (2013), se recomienda, que para una agitación de estas características se necesita una potencia de 0,5 KW/m³ y de 20 a 150 rpm para flujo radial, para nuestra investigación se utilizó el promedio de 85 rpm.

4.11.4 ACOPLA AL BIORREACTOR

Este acople evita la entrada de aire del exterior, al interior del biorreactor, está incluido en el eje de transmisión de potencia, por lo general es de caucho y con una longitud de 0,07m (Optimización de procesos y tecnologías S.A.S., 2015).

4.12 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE AGITACIÓN

Tomando en cuenta las características del sistema de agitación para el biorreactor Batch, calculadas anteriormente; se selecciona el agitador serie VR-5. Siendo este un agitador floculador, cuyas características se ajustan a las de nuestra investigación, como se observa en la hoja de catálogo (Optimización de procesos y tecnologías S.A.S., 2015), en el anexo 3.

Se recomienda reemplazar y aumentar las propelas, por las calculadas en nuestra investigación, al igual que las longitudes del eje transmisor de potencia y ajustar la potencia del motor impulsor con el valor calculado.

4.13 ALMACENAMIENTO DE DESECHOS ORGÁNICOS

4.13.1 VOLUMEN DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS

El volumen los desechos orgánicos, se obtuvo con la fórmula 18:

$$V_{do} = \frac{mT}{\rho_{do}} \quad (18)$$

$$V_{do} = \frac{100 \text{ Kg}}{500 \text{ Kg/m}^3}$$

$$V_{do} = 0,2 \text{ m}^3$$

Dónde:

mT: valor de la masa neta total, tomado de la tabla 17 en Kg.

ρ_{do} : valor de la densidad de los desechos orgánicos en kg/m³

Vdo: volumen de los desechos orgánicos en m³.

4.13.2 RADIO (r) DEL TANQUE CILÍNDRICO PARA DESECHOS ORGÁNICOS

Se calculó el radio del tanque cilíndrico para desechos orgánicos, con la fórmula 14:

$$r = \sqrt[3]{\frac{V_{do}}{3\pi}} \quad (14)$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{0,2m^3}{3\pi}}$$

$$r = 0,27m \approx r = 0,3m$$

Dónde:

r: radio tanque cilíndrico para desechos orgánicos en m.

Vdo: volumen de los desechos orgánicos en m³.

4.13.3 ALTURA (h) DEL TANQUE CILÍNDRICO DE DESECHOS ORGÁNICOS

Se calculó la altura del tanque cilíndrico de desechos orgánicos, despejando la fórmula 11 (American Petroleum Institute, 2005):

$$\phi = \frac{2}{3} h \quad (11)$$

$$\frac{3\phi}{2} = h$$

$$\frac{3(2r)}{2} = h$$

$$\frac{6(0,3m)}{2} = h$$

$$h = 0,9m \approx h = 1m$$

Dónde:

ϕ : diámetro del tanque cilíndrico para desechos orgánicos en m.

h: altura del tanque cilíndrico para desechos orgánicos en m.

r: Radio del tanque cilíndrico para desechos orgánicos en m.

4.14 ALMACENAMIENTO DE DESECHOS INORGÁNICOS

4.14.1 VOLUMEN DE LOS DESECHOS INORGÁNICOS

Para calcular el volumen de los desechos inorgánicos usando la fórmula 18, se seleccionó la densidad de $0,85 \text{ gr/cm}^3$ (Universidad de Valladolid Departamento de Química Organica , s.f.), la cual se lleva a unidades de 850 kg/m^3 :

$$V_{di} = \frac{mT}{\rho_{di}} \quad (18)$$

$$V_{di} = \frac{20 \text{ Kg}}{850 \text{ Kg/m}^3}$$

$$V_{di} = 0,02 \text{ m}^3$$

Dónde:

V_{di} : volumen de los desechos inorgánicos en m^3 .

mt: cantidad de desechos inorgánicos, tomado de la tabla 11 en Kg.

ρ_{di} : densidad de los desechos inorgánicos en kg/m^3 (Universidad de Valladolid Departamento de Química Organica , s.f.).

4.14.2 RADIO (r) DEL TANQUE CILÍNDRICO PARA DESECHOS INORGÁNICOS

Se calculó el radio del tanque de almacenamiento de desechos inorgánicos, con la fórmula (14), y el volumen de los desechos inorgánicos:

$$r = \sqrt[3]{\frac{V_{di}}{3 \pi}} \quad (14)$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{0,02 \text{ m}^3}{3 \pi}}$$

$$r = 0,13 \text{ m} \approx r = 0,15 \text{ m}$$

Dónde:

r : radio tanque cilíndrico para desechos inorgánicos en m.

V_{di} : volumen de los desechos inorgánicos en m^3 .

4.14.3 ALTURA (h) DEL TANQUE CILÍNDRICO PARA DESECHOS INORGÁNICOS

Se calculó la altura del tanque cilíndrico de desechos orgánicos, con la formula (11) (American Petroleum Institute, 2005) :

$$\phi = \frac{2}{3} h \quad (11)$$

$$\frac{3\phi}{2} = h$$

$$\frac{3(2r)}{2} = h$$

$$\frac{6(0,15 m)}{2} = h$$

$$h = 0,45m$$

Dónde:

ϕ : diámetro del tanque cilíndrico para desechos inorgánicos en m.

h : altura del tanque cilíndrico para desechos inorgánicos en m.

r : radio del tanque cilíndrico para desechos inorgánicos en m.

4.15 ALMACENAMIENTO DE BIOFERTILIZANTE

El volumen del biofertilizante se calculó en el acápite 4.8.2, que corresponde a:

$$V_{bf} = 0,23 \text{ m}^3$$

4.15.1 RADIO (r) DEL TANQUE CILINDRICO PARA BIOFERTILIZANTE

Se calculó el radio del tanque de almacenamiento de desechos inorgánicos, con la fórmula 14:

$$r = \sqrt[3]{\frac{V_{bf}}{3\pi}} \quad (14)$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{0,23 \text{ m}^3}{3\pi}}$$

$$r = 0,29 \text{ m} \approx r = 0,3 \text{ m}$$

Dónde:

r: radio tanque cilíndrico para biofertilizante en m.

V_{bf}: volumen del biofertilizante en m³.

4.15.2 ALTURA (h) DEL TANQUE CILÍNDRICO PARA BIOFERTILIZANTE

Se calculó la altura del tanque cilíndrico de desechos orgánicos, con la fórmula 11 (American Petroleum Institute, 2005) :

$$\phi = \frac{2}{3} h \quad (11)$$

$$\frac{3\phi}{2} = h$$

$$\frac{3(2r)}{2} = h$$

$$\frac{6(0,3 \text{ m})}{2} = h$$

$$h = 0,9 \text{ m} \approx h = 1 \text{ m}$$

Dónde:

φ: diámetro del tanque cilíndrico para desechos inorgánicos en m.

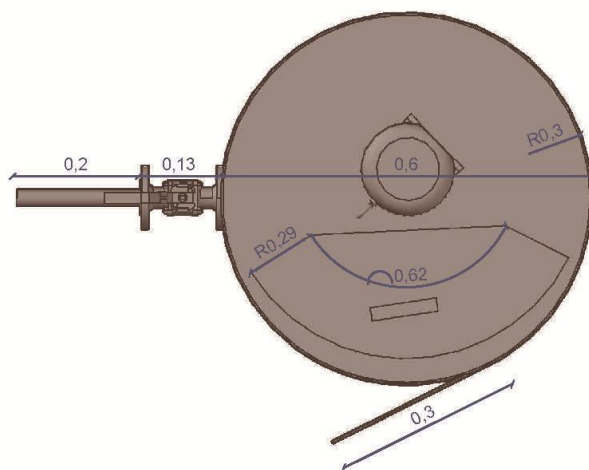
h: altura del tanque cilíndrico para desechos inorgánicos en m.

r: radio del tanque cilíndrico para desechos inorgánicos en m.

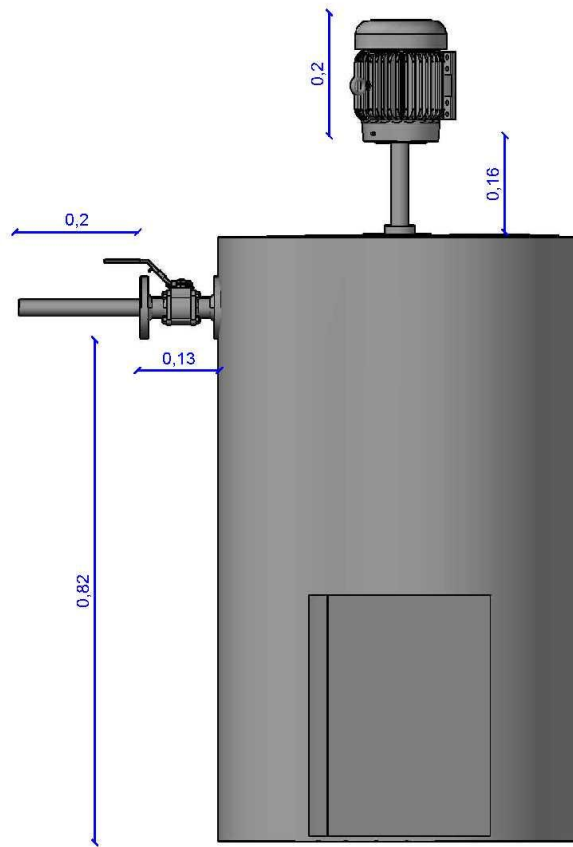
4.16 PLANOS DE DISEÑO

Cumpliendo con el objetivo general de nuestra investigación, se elaboraron varios planos de diseño, donde se ilustraron los valores calculados en el dimensionamiento del biorreactor, sistema de agitación y equipos principales del proceso de biorreacción, facilitando la comprensión de dichos valores.

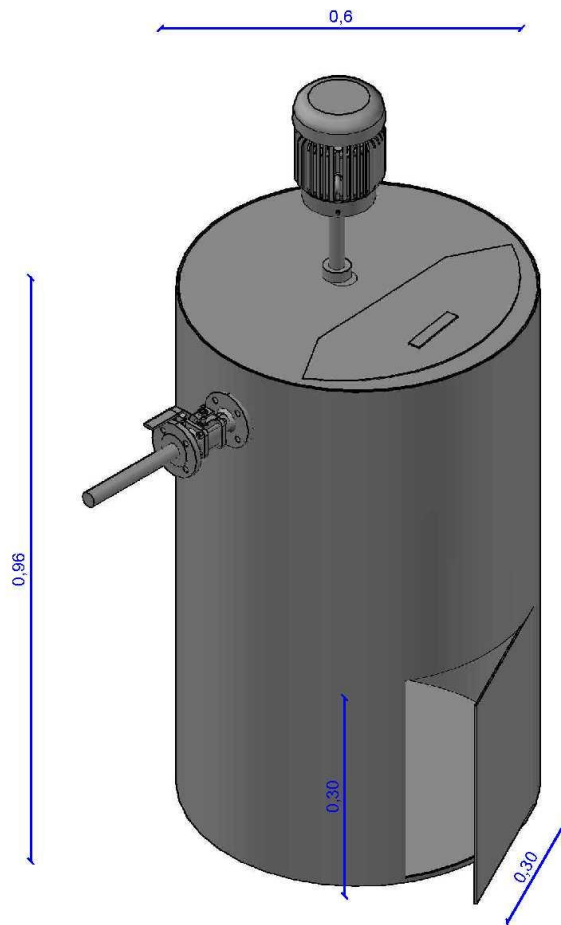
- Plano N.-01 – Vista Planta - Dimensiones del biorreactor
- Plano N.-02 – Vista Frontal - Dimensiones del biorreactor
- Plano N.-03 – Vista Perspectiva - Dimensiones del biorreactor
- Plano N.-04 – Vista Perspectiva - Dimensiones del contenedor de desechos orgánicos
- Plano N.-05 – Vista Perspectiva - Dimensiones del contenedor de desechos inorgánicos
- Plano N.-06 – Vista Perspectiva - Dimensiones del contenedor de biofertilizante
- Plano N.-07 – Vista Perspectiva - Dimensiones del sistema de agitación



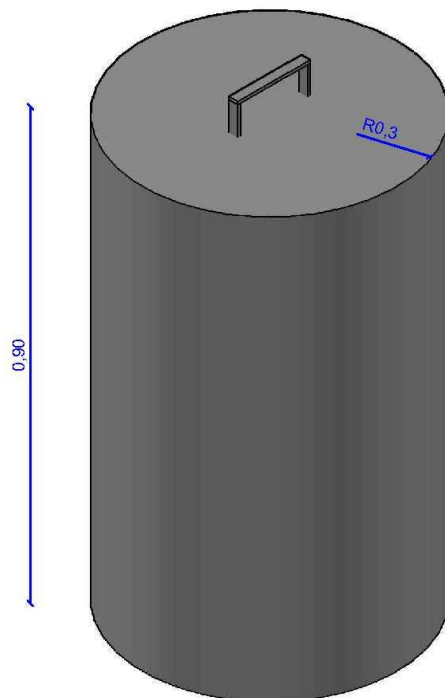
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL		
PLANO N.- 01	TITULO: BIORREACTOR BATCH	VISTA: PLANTA
FECHA: 19 / 12 / 2015	AUTOR: López, A.P.	ESCALA 1:10



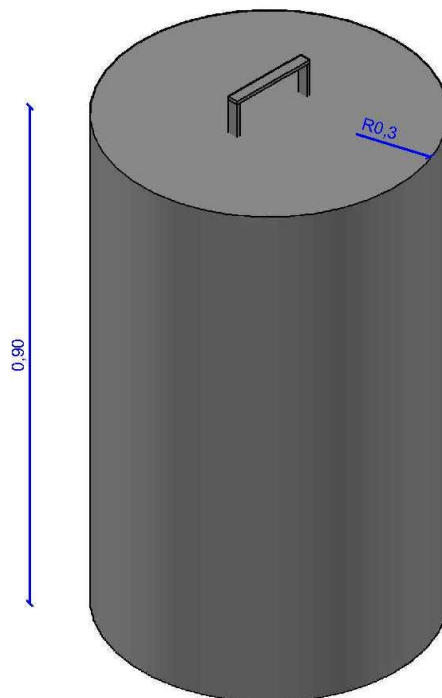
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL		
PLANO N.- 02	TITULO: BIORREACTOR BATCH	VISTA: FRONTAL
FECHA: 19 / 12 / 2015	AUTOR: López, A.P.	ESCALA 1:10



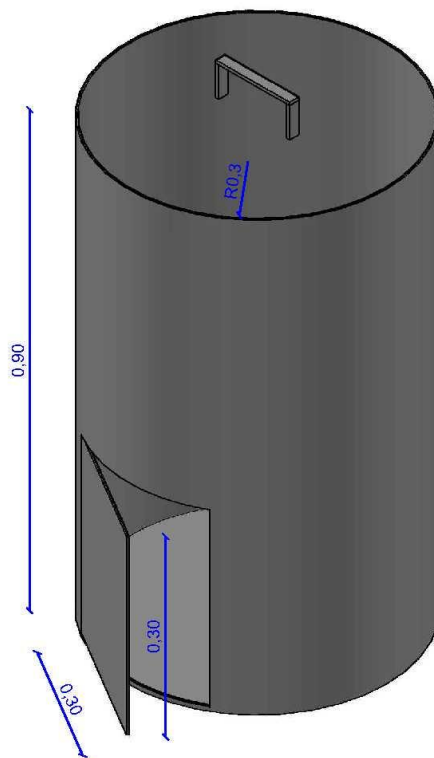
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL		
PLANO N.- 03	TITULO: BIORREACTOR BATCH	VISTA: PERSPECTIVA
FECHA: 19 / 12 / 2015	AUTOR: López, A.P.	ESCALA 1:10



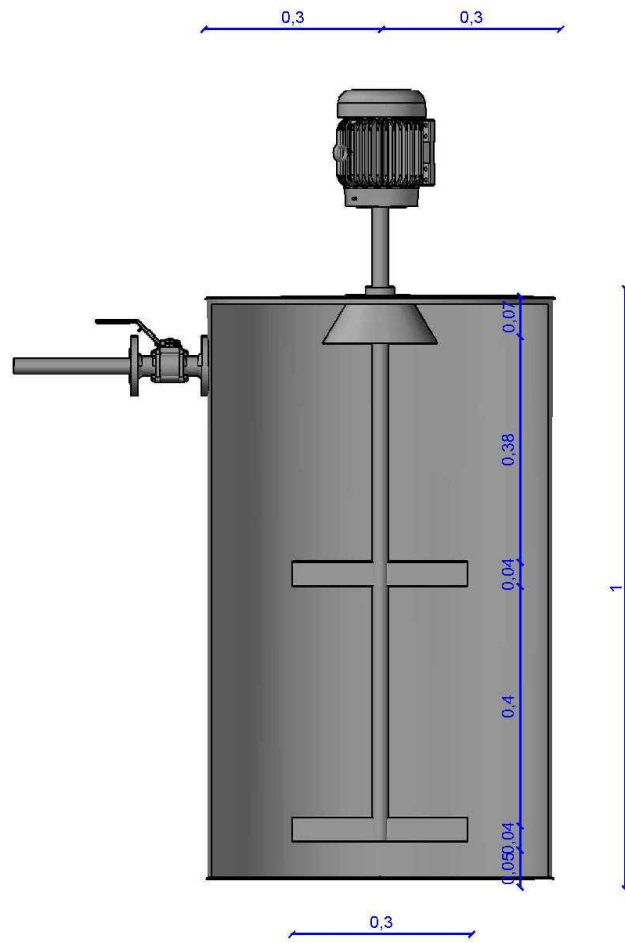
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL		
PLANO N.- 04	TITULO: TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE DESECHOS ORGÁNICOS	VISTA: PERSPECTIVA
FECHA: 19 / 12 / 2015	AUTOR: López, A.P.	ESCALA 1:10



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL		
PLANO N.- 05	TITULO: TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE DESECHOS INORGÁNICOS	VISTA: PERSPECTIVA
FECHA: 19 / 12 / 2015	AUTOR: López, A.P.	ESCALA 1:10



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL		
PLANO N.- 06	TITULO: TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE BIOFERTILIZANTE	VISTA: PERSPECTIVA
FECHA: 19 / 12 / 2015	AUTOR: López, A.P.	ESCALA 1:10



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL		
PLANO N.- 07	TITULO: SISTEMA DE AGITACIÓN	VISTA: FRONTAL
FECHA: 19 / 12 / 2015	AUTOR: López, A.P.	ESCALA 1:10

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se diseñó un biorreactor con datos bibliográficos que utiliza los desechos orgánicos y se obtuvo biofertilizante en la zona turística del Parque Nacional Podocarpus en Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.
- El total de desechos orgánicos generados en el Parque Nacional Podocarpus es el 80,55% con una cantidad de 273,39 Kg/semestre es superior al 19,45% de los desechos inorgánicos que tienen una cantidad de 67,06 Kg/semestre, en el primer semestre del año 2015.
- La composición promedio de los desechos orgánicos que entran al biorreactor es de: 3,66 % de Nitrógeno, 61,03 % de Carbono y 0,31 % de Fósforo.
- Se escogió el cultivo de bacterias comerciales Gamazyme 700 FN de laboratorio ROCHEM DEL ECUADOR S.A., que degradan los desechos orgánicos mediante un proceso anaerobio-metanogénico, que es aplicable a los 100 Kg de masa neta total de desechos orgánicos generados en el Parque Nacional Podocarpus.
- El biorreactor que se adaptó a las condiciones del lugar de estudio y características de los desechos orgánicos es el tipo Batch, debido a su estructura tipo tanque cilíndrico y capacidad de procesamiento que ayuda en el proceso para obtener biofertilizante.
- La eficiencia considerada de la bibliografía para el biorreactor es del 70% e incide directamente en los valores de salida del biofertilizante.
- La cantidad de biofertilizante obtenido en el primer semestre del 2015 es de 191,373 Kg/semestre y tiene una composición de: 0,91% de Nitrógeno, 51,1% de Carbono y 0,257% de Fósforo, que se usa para la nutrición del suelo de pequeños huertos.

- El biorreactor diseñado soluciona los problemas de contaminación por la acumulación de desechos orgánicos en el Parque Nacional Podocarpus, previniendo la descomposición de desechos, disminuyendo la producción de lixiviados y evitando la proliferación de enfermedades.
- El proceso de tratamiento de papel, desechos orgánicos comunes, hojarasca y pasto para obtener biofertilizante, evito la acumulación de 100 Kg/mes de desechos orgánicos aproximadamente, contribuyendo con la reducción de 25 Kg de CO₂ mensuales.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un análisis con la posible integración de otros tipos de desechos al igual que aguas residuales y excretas.
- Se recomienda realizar un estudio para la obtención y almacenamiento de biogas para su posterior tratamiento y uso, utilizando los desechos orgánicos de la misma zona estudiada.
- Se recomienda profundizar en el mejoramiento del biofertilizante y enriquecimiento de los componentes del mismo para su comercialización y uso en la agricultura.
- Se recomienda la construcción del biorreactor tipo Batch y conjuntamente desarrollar un manual de operación.
- Se recomienda implementar el proceso de tratamiento de los desechos orgánicos en otras zonas de la provincia y pequeños poblados.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Abonado:	Acción o proceso cuya finalidad es hacer que la tierra sea fértil o productiva. Aplicación de fertilizante, ya sea sintético o natural (Yeison & González, 2009).
Abono orgánico:	Los abonos orgánicos son materiales cuya eficacia para mejorar la fertilidad y la productividad de los suelos ha sido demostrada. (Salamanca & Andrés, 2010)
Aeróbico:	Proceso que ocurre en presencia de oxígeno (Guevara, 1996).
Bacterias termófilas:	Grupo de bacterias que pueden vivir, trabajar y multiplicarse durante el compostaje entre los rangos de temperatura de 40°C a 70°C (Guevara, 1996).
CDC:	Centros Demostrativos de Capacitación (Salamanca & Andrés, 2010).
Compost maduro:	Compost que ha finalizado todas las etapas del compostaje (Yeison & González, 2009).
Compost semimaduro:	Compost que no ha terminado la etapa termófila del proceso de compostaje (Yeison & González, 2009).
Descomposición:	Degradación de la materia orgánica (Yeison & González, 2009).
Estiércol:	Material orgánico empleado para fertilizar la tierra, compuesto generalmente por heces y orina de animales domésticos. Es rico en materia orgánica, por lo que aumenta la fertilidad del suelo y mejora su capacidad de absorción y retención de agua (Yeison & González, 2009).
Humus:	Materia orgánica descompuesta, de color marrón oscuro de los suelos, que ha perdido todo indicio de la estructura y la composición de la materia vegetal y

	animal a partir de la que se originó. El término humus se refiere a cualquier materia orgánica que ha alcanzado la estabilidad y que se utiliza en la agricultura para enmendar el suelo (Guevara, 1996).
Lavado o lixiviación de nitratos:	El agua entra en contacto con fertilizantes nitrogenados o con estiércol, puede disolver los nitratos y otros componentes solubles del estiércol y transportarlos disueltos en su seno cuando se infiltra en el suelo y desciende hasta las aguas subterráneas (Guevara, 1996).
Macroorganismos:	Organismos vivos que pueden ser observados a simple vista (arañas, lombrices, roedores, hormigas, escarabajos...). También se denomina mesofauna (Guevara, 1996).
Materia orgánica:	Desechos vegetales, animales y de microorganismos en distintas etapas de descomposición, células y tejidos de organismos del suelo y sustancias sintetizadas por los seres vivos presentes en el suelo (Salamanca & Andrés, 2010).
Microorganismos:	Organismos vivos microscópicos (hongos, incluyendo levaduras, bacterias, actinobacterias, protozoos, nemátodos etc.) (Guevara, 1996).
Microorganismos mesófilos:	Grupo de bacterias, y hongos que pueden vivir, trabajar y multiplicarse durante el compostaje entre los rangos de temperatura de 30°C a 40°C (Salamanca & Andrés, 2010).
Mineralización:	Transformación de la materia orgánica mediante la acción de microorganismos y la liberación de formas inorgánicas esenciales para el desarrollo de las plantas (Salamanca & Andrés, 2010).
Nitrato:	Es una forma inorgánica del nitrógeno. Se encuentra oxidado y es soluble en la solución del suelo. Se

	<p>pierde con más facilidad por lixiviación (Salamanca & Andrés, 2010).</p>
<p>Nitrógeno:</p>	<p>Elemento indispensable para las plantas que puede estar en forma orgánica o inorgánica (Salamanca & Andrés, 2010).</p>
<p>Orgánico:</p>	<p>Los compuestos orgánicos se pueden encontrar en el medio natural o sintetizarse en laboratorio. La expresión sustancia orgánica no equivale a sustancia natural. Decir que una sustancia es natural significa que es esencialmente igual que la encontrada en la naturaleza. Sin embargo, orgánico significa que está formado por carbono (Salamanca & Andrés, 2010).</p>
<p>Reciclaje de nutrientes:</p>	<p>Ciclo en el que los nutrientes orgánicos e inorgánicos, se transforman y se mueven el suelo, los organismos vivos, la atmosfera y el agua. En la agricultura, se refiere al retorno al suelo de los nutrientes absorbidos del mismo por las plantas. El reciclaje de nutrientes puede producirse por medio de la caída de hojas, la exudación (secreción) de las raíces, el reciclaje de desechos, la incorporación de abonos verdes, etcétera (Salamanca & Andrés, 2010).</p>
<p>Relación C/N:</p>	<p>Cantidad de carbono con respecto a la cantidad nitrógeno que tiene un material (Salamanca & Andrés, 2010).</p>

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Alcayaga, S., Guerrero, J., & Glaria, L. (1999). Regulaciones de temperatura y potencial de hidrógeno en un biodigestor anaerobico de lecho de lodo expandido. *Tierra Tropical*, 5 - 13.
- American Petroleum Institute. (2005). *Diseño, Montaje y construccion de tanques soldados de acero*. EE.UU.: American Petroleum Institute.
- Andrade, J. C., & Correa, P. C. (2009). *Producción de un Biofertilizante a partir de cepas Azotobacter spp. Aisladas de plantaciones de Stevia Rebaudiana*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Apolo, W., & Becking, M. (2003). *Conservando el Parque Nacional Podocarpus mediante una estrategia corporativa de desarrollo sustentable*. Loja: Lyonia.
- Barrera, L., & Charry, N. (2008). *Producción y evaluación de un inoculante microbiano con capacidad amilolítica a partir de un proceso de compostaje de residuos de lechuga*. Bogota. Colombia: Microbiología Industrial.
- Benítez, S., & González, L. (2003). *Aceleración del proceso de compostaje utilizando azotobacter, azospirillum, lactobacillus, Saccharomyces*. Quito. Ecuador: Universidad Católica del Ecuador.
- Botero, R., & Preston, T. (1987). *Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas*. San Jose de Costa Rica: Universidad Earth.
- Cabrera, A., & Jimmy, J. (2009). *Diseño de un Biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del litoral*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Campos, B. (2011). Metodología para determinar los parámetros de diseño y construcción de biodigestores para el sector agropecuario y campesino. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23- 35.
- Carriello, M., Castañeda, L., & Rubio, I. (2007). *Inoculante de microorganismos endógenos para acelerar el proceso de compostaje de residuos sólidos urbanos*. Bogotá. Colombia: Suelo, Nutrientes y Vegetales.
- CEDECAP. (2007). *Biodigestor de polietileno: construcción y diseño*. Buenos Aires: Sitio Argentino de producción animal.

- Convenio sobre Diversidad Biológica. (2000). *Protocolo de Cartagena sobre seguridad de la biotecnología del convenio sobre la diversidad biológica*. Montreal: Diversidad Biológica.
- Damas, M. R. (2000). *Plantas de biogás de pequeñas dimensiones para comunidades rurales*. La Habana: Ministerio de la agricultura.
- Duque, C., Galeano, C., & Mantilla, J. (2006). Plug flow biodigester evaluation. *Livestock Research for Rural Development*, 18-25.
- FAO. (2011). *Manual del Biogás*. Santiago de Chile: proyecto CHI/00/G32.
- Grijalva, N. (2013). *Degradación de residuos vegetales mediante inoculación con cepas microbianas*. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Guevara, A. V. (1996). *Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores anaeróbicos rurales*. Lima.
- Henríquez, L., Mantilla, J., & Niño, M. (2006). Influencia de la temperatura interna en digestores tipo batch cargados con pollinaza. *Livestock Research for Rural Development*, 44-55.
- Hilbert, J. (2003). *Manual para la producción de biogás*. Buenos Aire: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- INEN 0221. (1997). *Fertilizantes o abonos: requisitos y etiquetado*. QUITO: INEN.
- INEN 2266. (2013). *Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos: requisitos*. QUITO: INEN.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). *Resultados del Censo 2010*. Quito: Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- Lara, E. G., & Hidalgo, M. C. (2011). *Diseño de un biorreactor y conducción del biogás generado por las excretas de ganado vacuno, estación tunshi-epoch*. Riobamba: epoch.
- López, F. (2005). *El Parque Nacional Podocarpus: Agua y biodiversidad usos y beneficios para la región sur del Ecuador*. Loja: Fundación Arcoiris.
- López, M. C., & López, S. O. (2009). *Diseño, construcción y puesta en operación de un biodigestor anaerobio continuo para el laboratorio de ingeniería química de la facultad de ciencias químicas de la universidad veracruzana*. Veracruz: Coatzacoalcos.
- Lu, W. J., & Wang, H. T. (2004). Effect of inoculating flower stalks and vegetable waste with ligno - cellulolytic microorganisms on the composting process. *Journal Environmental Science Health*, 871 - 877.

- Matheus, L., Caracas, J., Montilla, F., & Fernández, O. (2007). Eficiencia agronomica relativa de tres abonos orgánicos en Plantas de maíz. *Agricultura Andina*, 27-38.
- Ministerio de Ambiente. (2004). *Ley de Gestión Ambiental*. Quito: Ministerio de Ambiente.
- Ministerio de Ambiente. (2004). *Ley forestal y de conservación de áreas naturales y vida silvestre*. Quito: Ministerio de Ambiente.
- Ministerio de Ambiente. (2009). *Ley de Minería*. Quito: Ministerio de Ambiente.
- Ministerio de Ambiente. (2012). *Estrategia Nacional de Cambio Climatico del Ecuador*. Quito: Gobierno Nacional de la Republica del Ecuador.
- Ministerio de Energía. (2011). *Revisión normativa actual y norma tecnica de seguridad para instalaciones de biogás en la producción y el uso*. Quito: GAMMA INGENIEROS S.A.
- Ministerio de la Agricultura y la Ganadería. (2006). *Acuerdo No. 302, Reglamento de la normativa de la producción orgánica*. Quito: Ministerio de la Agricultura y la Ganadería.
- Morgan, V. (2010). *Diseño del sistema de control para un biorreactor de tanque agitado*. Ciudad de Mexico: Ciencia del Futuro.
- Motta, P. R. (s.f.). *apuntes de agitación y mezcla*. Misiones: Universidad Nacional de Misiones.
- Novillo, C. O. (2009). *Desarrollo del proceso de producción de biogás y fertilizante orgánico a partir de mezclas de desechos de procesadoras de frutas*. Chimborazo.
- Novillo, C., & Guillermo, O. (2009). *Desarrollo del proceso de producción de biogás y fertilizante orgánico a partir de mezclas de desechos de procesadoras de frutas*. Chimborazo.
- Oñate, A. C. (2010). *Diseño de un biodigestor para el tratamiento de aguas residuales y producción de biogás para su aprovechamiento en el nuevo campus de la ESPE Extensión Latacunga*. Quito: Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Optimización de procesos y tecnologías S.A.S. (2015). *Optimización de procesos y tecnologías S.A.S*. Recuperado el 14 de Agosto de 2015, de <http://agitacion.opt-ing.com/>
- Organización de las Naciones Unidas. (1992). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Río de Janeiro: Organización de las Naciones Unidas.

- Organización de las Naciones Unidas. (1998). *Protocolo de Kyoto sobre cambio climático*. Kyoto: Organización de las Naciones Unidas.
- Organización de las Naciones Unidas. (2002). *Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible*. Johannesburgo: Naciones Unidas.
- Pazmiño, J. M. (2015). *Ensayos operativos en un biodigestor tipo batch alimentado por RSU producidos en el DMQ 2015*. Quito: Universidad Internacional SEK.
- Pedroza, A. (s.f.). *agitación y mezclas de líquidos*. Cali: Sanofi.
- Regalado, Y. (2010). *Estudio de la generación de biogás y fertilizante orgánico utilizando desechos orgánicos*. Universidad San Francisco de Quito.
- Republica del Ecuador. (2008). *Decreto supremo no. 374*. DMQ: DMQ.
- Rivera, M., & Suarez, D. (2010). *Diseño y construcción de un biorreactor batch aerobio para cultivo de bacterias biodegradadoras de petróleo*. Riobamba. Ecuador: Escuel Superior Politécnica de Chimborazo.
- ROCHEM DEL ECUADOR S.A. (2013). *ROCHEM, quimicos y equipos*. Recuperado el 09 de 09 de 2015, de http://www.rochem.com.ec/item.php?id_item=124&idsub=21
- Rueda, P. S. (2013). *estudio de prefactibilidad para el manejo de los desechos orgánicos del Galápagos Science Center*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Ruíz, L. H., & Rodríguez., J. (2007). Diseño de biorreactores para fermentación en medio sólido. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*,, 33 - 40.
- Sabata, S. (2007). *Problemática de los residuos municipales*. Cataluña: Universidad de Cataluña.
- Salamanca, T., & Andrés, J. (2010). *Diseño, construcción y puesta en marcha de un biodigestor a escala piloto para la generación de biogás y fertilizante orgánico*. Cartagena.
- Sánchez, E. (2005). *Introducción a la producción de biogás*. Cáredenas: Pueblo y Educación.
- Silva, M. A. (2011). *Diseño, construcción e implantación de un biodigestor anaerobio vertical semicontinuo piloto, para la obtención de gas metano y biol a partir de cáscara de naranja en la Empresa ECOPACIFIC, Amaguaña, Provincia de Pichincha, Ecuador*. Quito: Universidad de las Fuerzas Armadas.

- Sistema Nacional de Áreas Protegidas. (2015). *Marco Institucional para Conservación, Investigación y Monitoreo Ambiental*. Quito: Ministerio del Ambiente .
- SUMITEC S.A. . (s.f.). *SUMITECCR*. Recuperado el 8 de 11 de 2015, de SUMINISTROS TECNICOS S.A.:
<http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%20304.pdf>
- Tapia, L., Terán, C., & Prieto, F. (2014). *Plan de manejo del Parque Nacional Podocarpus*. Quito: Ecociencias.
- Texto unificado de legislación ambiental secundaria. (2003). *Texto unificado de legislación ambiental secundaria*. Texto unificado de legislación ambiental secundaria.
- Unidad de Planificación Minero Energética. (2003). *Guía para la implementación de sistemas de producción de biogás*. Bogotá: ICONTEC - AENE.
- Universidad de Valladolid Departamento de Química Organica . (s.f.). *Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales Universidad de Valladolid*. Recuperado el 9 de 11 de 2015, de Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales Universidad de Valladolid:
http://www.eis.uva.es/~macromol/curso05-06/pet/propiedades_y_caracteristicas.htm
- Varnero, M. T. (2011). *Manual de Biogás*. Santiago de Chile: Proyecto CHI/00/G32.
- Yeison, O., & González, L. (2009). *Fundamentos para el diseño de biodigestores*. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO I

Hoja de características del cultivo bacteriano, Gamazyme 700 FN de laboratorio ROCHEM DEL ECUADOR S.A.

15/1/2016

ROCHEM, QUIMICOS Y EQUIPOS



LOGIN

HOME | ACERCA DE NOSOTROS | SERVICIOS | DESCARGAS | CONTACTO

CATALOGO DE PRODUCTOS

NUESTROS PRODUCTOS

HOME > CATALOGO > 1. PRODUCTOS QUIMICOS ROCHEM - UI

D2. Tratamientos_de_aguas_servidas

1. PRODUCTOS QUIMICOS ROCHEM - UNITOR Gamazyme 700 FN 12 Kgs

Grupo de Producto: D2

Numero de Producto: 656-571711

Descripcion General

Producto Biológico Limpiador para Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas y Pozos Sépticos.

Tratamiento biológico en polvo, a base de enzimas especialmente seleccionadas que actúan directamente degradando los desechos orgánicos y las aguas residuales en plantas de tratamiento, sistemas sanitarios, pozos sépticos y tuberías tapadas. Digiere residuos orgánicos, grasas, almidones, aguas residuales y otros compuestos orgánicos. La degradación del papel, proteínas y desechos orgánicos se verá incrementada enormemente, eliminando los olores producidos generalmente por este proceso.

PROPIEDADES:

- Biodegradable.
- Formulación en polvo.
- No tóxico.
- No abrasivo.

http://www.rochem.com.ec/item.php?id_item=124&idsub=21

Para descargar la ficha técnica necesita ingresar con usuario y clave.



1/3

15/1/2016

ROCHEM, QUIMICOS Y EQUIPOS

- No contiene bacterias patógenas.
- Totalmente seguro y efectivo.
- Reactiva la actividad biológica en sistemas sanitarios sobrecargados de desechos o con uso excesivo de productos químicos agresivos para el ambiente.
- **Contiene mínimo 5 billones de bacterias por gramo de GAMAZYME 700 FN.**
- Elimina olores en sistemas sanitarios que están tapados o sobrecargados.
- Costo efectivo: ahorra dinero, tiempo y mano de obra.

Ideal para:

- Para la limpieza de pozos sépticos, piscinas de tratamiento de aguas servidas o residuales, tanques de almacenamiento de aguas residuales, tuberías y sistemas sanitarios en general.
- Para eliminar biológicamente sin afectar al ambiente, desechos orgánicos y aguas residuales en general.

Direcciones de Uso | Información General | Detalles Técnicos

Para descargar el MSDS necesita ingresar con usuario y clave.

Antes de la dosificación en el tanque o pozo séptico, se deberá actuar el GAMAZYME 700 FN mezclando 50 gramos de producto en mililitros de agua templada (35° centígrados preferible) y dejar reposar por 10 o 15 minutos, moviendo periódicamente para que las bacterias se activen. Este proceso NO ES OBLIGATORIO, pero ayuda que las bacterias tengan mayor efectividad en menor tiempo.

La aplicación podrá ser directa al tanque o pozo séptico; o en defecto, la aplicación se hará por el servicio higiénico más cercano, pozo o tanque a tratar.

Luego de la primera aplicación (50 gr); se mantendrá una dosificación semanal de 10 gramos por metro cúbico de volumen del tanque almacenamiento o pozo séptico.

http://www.rochem.com.ec/item.php?id_item=124&idsub=21

2/3

ANEXO II

Hoja de características del Acero Inoxidable AISI 304

ACERO INOXIDABLE 304 (UNS S30400)

1. Descripción: éste es el más versátil y uno de los más usados de los aceros inoxidable de la serie 300. Tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado. Se puede usar para aplicaciones de embutición profunda, de rolado y de corte. Tiene buenas características para la soldadura, no requiere recocido tras la soldadura para que se desempeñe bien en una amplia gama de condiciones corrosivas. La resistencia a la corrosión es excelente, excediendo al tipo 302 en una amplia variedad de ambientes corrosivos incluyendo productos de petróleo calientes o con vapores de combustión de gases. Tiene excelente resistencia a la corrosión en servicio intermitente hasta 870 °C y en servicio continuo hasta 925°C. No se recomienda para uso continuo entre 425 - 860°C pero se desempeña muy bien por debajo y por encima de ese rango.

2. Normas involucradas: ASTM A 276

3. Propiedades mecánicas: Resistencia a la fluencia 310 MPa (45 KSI)
Resistencia máxima 620 MPa (90 KSI)
Elongación 30 % (en 50mm)
Reducción de área 40 %
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)

4. Propiedades físicas: Densidad 7.8 g/cm³ (0.28 lb/in³)

5. Propiedades químicas: 0.08 % C min
2.00 % Mn
1.00 % Si
18.0 – 20.0 % Cr
8.0 – 10.5 % Ni
0.045 % P
0.03 % S

6. Usos: sus usos son muy variados, se destacan los equipos para procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego.

7. Tratamientos térmicos: éste acero inoxidable no puede ser endurecido por tratamiento térmico. Para el recocido, caliente entre 1010 y 1120°C y enfríe rápidamente

NOTA:

Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

ACERO INOXIDABLE- AISI 304

ANEXO III

Hoja del catálogo del sistema de agitación, serie VR-5.

www.opt-ing.com - info@opt-ing.com

Consultoría y suministro de soluciones de tratamiento de fluidos



SERIE VR4 VELOCIDAD REDUCIDA

AGITADORES VERTICALES - Propela gran caudal

Ø Propela: Desde 400 hasta 1.500 mm

Velocidades: Hasta 335 RPM

Potencia: Hasta 30 kW

Volumen del depósito: Hasta 500 m³

Aplicaciones: Homogeneización, preparación de aditivos, preparación de suspensiones, mezcla rápida, preparación de polímeros, disoluciones, transferencia térmica, mezcla lenta, floculaciones.



SERIE VR5 FLOCULADORES

AGITADORES VERTICALES - Propela bipala

Ø Propela: Desde 300 hasta 3.600 mm

Velocidades: Hasta 70 RPM

Potencia: Hasta 2,2 kW

Volumen del depósito: Hasta 500 m³

Aplicaciones: Floculaciones, mezcla lenta, suspensión de lodos biológicos, homogeneización.



SERIE VR6 VELOCIDAD REDUCIDA

AGITADORES VERTICALES - Propela escualizable (palas plegables)

Ø Propela: 300, 400 y 540 mm

Velocidades: Desde 100 hasta 250 RPM

Potencia: Hasta 1,5 kW

Volumen del depósito: Hasta 1.000 L

Aplicaciones: Homogeneización, preparación de aditivos, mezcla rápida, preparación de polímeros, disoluciones.



SERIE HR4 VELOCIDAD REDUCIDA

AGITADORES HORIZONTALES - Propela gran caudal

Ø Propela: 250 y 600 mm

Velocidades: Hasta 290 RPM

Potencia: Hasta 11 kW

Volumen del depósito: Desde 10 hasta 400 m³

Aplicaciones: Homogeneización, suspensión de lodos, disoluciones

ANEXO IV

Fotos del área de estudio del Parque Nacional Podocarpus



ANEXO V

Fotos de la caracterización de desechos de la zona turística del Parque Nacional Podocarpus

