UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROVECHAMIENTO DE ASERRÍN DE TRES ESPECIES FORESTALES EN ABONO ORGANICO POR BIODEGRADACIÓN CON BACTERIAS RUMINALES, PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, PUCALLPA, 2020

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

ABEL PANDURO GONZALES

MARIA DEL PILAR SCHARFF GUEVARA

Pucallpa, Perú

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N° 158/2022-UNU-FCFyA-CGyT

En la ciudad de Pucallpa, siendo las 9:20 horas del día lunes 19 de diciembre de 2022, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, los mismos que se designaron con Memo Múltiple Nº 121-2022-UNU-FCFyA-CGT, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas	Presidente
Dra. María Angelica Flores Romayna	Miembro
Dr. Fermín Campos Solorzano	Miembro

Se procedió a evaluar a la sustentación de la tesis denominado: **"APROVECHAMIENTO DE ASERRÍN DE TRES ESPECIES FORESTALES EN ABONO ORGÁNICO POR BIODEGRADACIÓN CON BACTERIAS RUMINALES, PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, PUCALLPA 2020"** presentado por los Bachilleres **ABEL PANDURO GONZALES** y **MARÍA DEL PILAR SCHARFF GUEVARA**; asesorado por la Dra. Dina Pari Quispe, Habiendo finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por el sustentante, en consecuencia, la tesis fue **APROBADO POR UNANIMIDAD Y RECOMENDACIÓN DE PUBLICACIÓN**, quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**. Siendo la 10:20 horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.

Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas
Presidente

Dra. María Angelica Flores Romayna
Miembro

Dr. Fermín Campos Solorzano
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito parcial para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas
Presidente

Dra. María Angelica Flores Romayna
Miembro

Dr. Fermín Campos Solorzano
Miembro

Dra. Dina Pari Quispe
Asesor

Bach. Abel Panduro Gonzales
Tesista

Bach. María del Pilar Scharff Guevara
Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Nº V/0562-2022

La **Dirección de Producción Intelectual**, hace constar por la presente, que el Informe final de tesis**, titulado:**

"APROVECHAMIENTO DE ASERRÍN DE TRES ESPECIES FORESTALES EN ABONO ORGÁNICO POR BIODEGRADACIÓN CON BACTERIAS RUMINALES, PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, PUCALLPA 2020"

Autor(es)	:	**PANDURO GONZALES, ABEL** **SCHARFF GUEVARA, MARIA DEL PILAR**
Facultad	:	CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Escuela Profesional	:	ING. AMBIENTAL
Asesor(a)	:	Dra. PARI QUISPE, DINA

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 4%.**

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se firma y se sella la presente constancia.

FECHA 15/09/2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI Dirección General de Producción Intelectual

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

UByP - REPOSITORIO INSTITUCIONAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, Abel Panduro Gonzales.

Autor(a) de la TESIS de pregrado titulada:

"Aprovechamiento de Aserrin de Tres especies forestales en abono Orgánico por biodegradación con bacterias Ruminales para disminuir la Contaminación Ambiental, Pucallpa 2020".

Sustentada el año: 2022.

Con la asesoría de: Dra. Dina Pari Quispe.

En la Facultad de: Ciencias Forestales y Ambientales.

Escuela Profesional de: Ingeniería Ambiental.

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar **si su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL [X] Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempoy las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la **tesis es una creación de mi autoría** y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 23 / 03 / 2023.

Email: abel.pandurogonzales@gmail.com

Teléfono: 924559451

Firma:

DNI: 73446483.

www.repositorio.unu.edu.pe

repositorio@unu.edu.pe

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

UByP - REPOSITORIO INSTITUCIONAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, MARÍA DEL PILAR SCHARFF GUEVARA.
Autor(a) de la TESIS de pregrado titulada:
"APROVECHAMIENTO DE ASERRIN DE TRES ESPECIES FORESTALES EN ABONO ORGÁNICO POR BIODEGRADACIÓN CON BACTERIAS RUMINALES PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, PUCALLPA 2020".

Sustentada el año: 2022.

Con la asesoría de: DRA. DINA PARI QUISPE.

En la Facultad de: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES.

Escuela Profesional de: INGENIERÍA AMBIENTAL.

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar **si su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL [X] Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempoy las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la **tesis es una creación de mi autoría** y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 23 /03/ 2023.

Email: scharffmaria066@gmail.com
Teléfono: 945 206 669

Firma:
DNI: 73754678

DEDICATORIA

Dedico a mí madre por ser mi soporte incondicional durante mi formación académica, a mis abuelos por su apoyo y consejo, forjando en mi principios y valores para mi desempeño profesional.

Abel Panduro Gonzales.

Dedicado a mi familia, por su esfuerzo del día a día para hacer de mí una gran profesional e inculcarme principios como persona, su motivación para no rendirme y lograr mis metas y objetivos.

María del Pilar Scharff Guevara

AGRADECIMIENTO

A Dios, por cuidarnos y por las maravillosas cosas que hace y a la Universidad Nacional de Ucayali por financiar esta investigación.

Al Laboratorio de Microbiología y Parasitología de la Facultad de Ciencias de la Salud por brindarnos la disposición del uso de los ambientes y apoyarnos en la investigación.

A la Dra. Dina Parí Quispe por su asesoramiento, su continua motivación, soporte y orientación para poder realizar esta investigación.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

DEDICATORIA vii

AGRADECIMIENTO viii

ÍNDICE DEL CONTENIDO ix

ÍNDICE DE TABLAS xiii

ÍNDICE DE FIGURAS xv

RESUMEN xvii

ABSTRACT xviii

INTRODUCCIÓN xix

CAPITULO I 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1

1.1. Formulación Del Problema 1

CAPÍTULO II 3

MARCO TEÓRICO 3

2.1. Antecedentes 3

2.2. Planteamiento teórico del problema 6

2.2.1. Bacteria 6

2.2.2. Clasificación de las bacterias 7

2.2.3. Tamaño de las bacterias. 7

2.2.4. Formas de las bacterias. 8

2.2.4.1. Cocos 8

2.2.4.2. Bacilos 9

2.2.4.3. Espirilos 9

2.2.5. Bacterias del rumen 10

2.2.6. Funciones de las bacterias en el rumen. 12

2.2.7. Respiración de las bacterias en el rumen 13

2.2.8. Condiciones para el desarrollo de bacterias ruminales. 13
2.2.9. Productos de fermentación ruminal 13
2.2.10. Clasificación de las bacterias ruminales. 14
2.2.11. El rumen 14
2.2.12. Aserrín 15
2.2.12.1. Características de los residuos de madereros corrientes. 15
2.2.12.2. Tipos de especies forestales maderables. 16
2.2.12.2.1. Lupuna blanca (*Ceiba pentandra*) 16
2.2.12.2.2. Bolaina Blanca (*Guazuma crinita C. Martius*) 17
2.2.12.2.3. Capirona (*Calycophyllum spruceanum Benth)* 18
2.2.13. Biodegradación 19
2.2.14. Abono Orgánico 20
DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS 21
CAPÍTULO III 22
MÉTODOLOGIA 22
3.1. Método de Investigación 22
3.2. Población y Muestra 22
3.2.1. Población 22
3.2.2. Muestra 22
3.3. Procedimientos de recolección de datos 23
3.3.1. Recolección de la muestra de aserrín 23
3.3.2. Procesamiento del aserrín 24
3.3.3. Localización del lugar de muestreo 25
3.3.4. Muestreo de líquido ruminal 25
3.3.5. Preparación líquido Ruminal 26
3.3.6. Condiciones de anaerobiosis 27
3.3.7. Método de aislamiento de baterías ruminales degradadoras de aserrín 28

3.3.8. Capacidad para degradar aserrín. 31
3.3.9. Identificación Morfológica de las bacterias. 32
3.3.10. Determinación del Contenido Nutricional. 32
3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos 34
3.4.1. Técnicas 34
3.4.2. Instrumentos 34
3.5. Procesamiento para recolección de datos. 34
3.6. Tratamiento de datos 36
CAPITULO IV 37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 37
4.1. Bacterias que se encuentran en el rumen del ganado vacuno. 37
4.2. Grado de biodegradación de aserrín a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter por variación del tiempo en días. 39
4.2.1. Grado de biodegradación de aserrín de Lupuna Blanca 40
4.2.1.1. Nivel de relación entre la biodegradación del aserrín de Lupuna blanca y los días. 41
4.2.2. Grado de biodegradación de aserrín de Bolaina Blanca 43
4.2.2.1. Nivel de relación entre la biodegradación del aserrín de bolaina blanca y los días. 44
4.2.3. Grado de biodegradación de aserrín de Capirona 45
4.2.3.1. Nivel de relación entre la biodegradación del aserrín de capirona y los días 46
4.2.4. Tendencia de la biodegradación de las tres especies forestales 48
4.2.5. Nivel de relación entre la densidad básica de la madera y el porcentaje de biodegradación. 51
4.3. Contenido nutricional del aserrín biodegradado por bacterias ruminales del género Fibrobacter para la obtención de abono orgánico. 52

4.3.1. Contenido nutricional del nitrógeno a partir del aserrín biodegradado por bacterias ruminales del género Fibrobacter para la obtención de abono orgánico. 52

4.3.2. Contenido nutricional del fosforo a partir del aserrín biodegradación por bacterias ruminales del género Fibrobacter para la obtención de abono orgánico. 57

4.3.3. Contenido nutricional del potasio a partir del aserrín biodegradado por bacterias ruminales del género Fibrobacter para la obtención de abono orgánico. 61

CAPÍTULO V 68

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN 68

5.1. Conclusiones 68

5.2. Recomendaciones 69

REFERNCIAS BIBLIOGRAFICAS 70

ANEXOS 77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Algunas bacterias del rumen 11

Tabla 2 Características de residuos madereros corrientes 16

Tabla 3 Propiedades físicas de la Lupuna blanca.....17

Tabla 4 Propiedades físicas de la Bolaina Blanca 18

Tabla 5 Propiedades físicas de la Capirona 19

Tabla 6 Medios de cultivo utilizados para el aislamiento de bacterias ruminales degradadoras de aserrín.....29

Tabla 7 Fuentes de variabilidad del análisis de variancia. 35

Tabla 8 Identificación Morfológica y Gram de las bacterias predominantes en el rumen del ganado vacuno.....37

Tabla 9 Grado de biodegradación del aserrín de tres especies a los 45 días a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter según la prueba de promedios de Tukey.....39

Tabla 10 Grado de biodegradación de aserrín de Lupuna blanca a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter por variación del tiempo en días.....40

Tabla 11 Nivel de relación entre el grado de biodegradación de aserrín de la Lupuna blanca a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter y el tiempo en días. .42

Tabla 12 Grado de biodegradación de aserrín de la Bolaina Blanca a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter por variación del tiempo en días. 43

Tabla 13 Nivel de relación entre el grado de biodegradación de aserrín de la Bolaina blanca a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter y el tiempo en días. .45

Tabla 14 Grado de biodegradación de aserrín de la Capirona a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter por variación del tiempo en días.....45

Tabla 15 Nivel de relación entre el grado de biodegradación de aserrín de la capirona a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter y el tiempo en días. 47

Tabla 16 Nivel de relación entre el grado de biodegradación de aserrín y la densidad básica de madera de tres especies forestales. 51

Tabla 17 Contenido Nutricional de nitrógeno del aserrín degradado por bacterias ruminales del género Fibrobacter. 53

Tabla 18 Nivel de relación entre el contenido de nitrógeno de las tres especies con respecto a los días. 56

Tabla 19 Contenido Nutricional de fósforo del aserrín degradado por bacterias ruminales del género Fibrobacter. 57

Tabla 20 Nivel de relación entre el contenido de fósforo de las tres especies con respecto a los días. 60

Tabla 21 Contenido Nutricional de potasio del aserrín degradado por bacterias ruminales del género Fibrobacter. 61

Tabla 22 Nivel de relación entre el contenido de potasio de las tres especies con respecto a los días. 64

Tabla 23 Requerimiento de nutrientes por cultivos. 65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Recolección de muestras de aserrín de tres especies forestales 23

Figura 2 Ubicación del Laboratorio de Microbiología y Parasitología. 24

Figura 3 Proceso de tamizado y secado del aserrín. 24

Figura 4 Ubicación del Camal Municipal de Coronel Portillo 25

Figura 5 Recolección de las muestras del líquido ruminal del ganado vacuno. 26

Figura 6 Filtrado de la muestra del líquido ruminal recolectado. 26

Figura 7 Líquido ruminal clarificado. 27

Figura 8 Condiciones de anaerobiosis. 27

Figura 9 Preparación de medio líquido 30

Figura 10 Incubación para la identificación morfológica de bacterias. 30

Figura 11 Estimación del aserrín degradado. 31

Figura 12 Tinción gram y visualización de la morfología de las bacterias. 32

Figura 13 Determinación del contenido nutricional mediante el HANNA HI3896. 33

Figura 14 Nivel de biodegradación de aserrín de tres especies a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter según la prueba de promedios de Tukey. 40

Figura 15 Diagrama de dispersión de la degradación de la Lupuna blanca en días. 41

Figura 16 Diagrama de dispersión de la degradación de la Bolaina blanca en días. 44

Figura 17 Diagrama de dispersión de la degradación de la capirona en días. 46

Figura 18 Comparación de la tendencia de biodegradación de las tres especies forestales con respecto a los días de tratamiento. 48

Figura 19 Diagrama de dispersión de la biodegradación con respecto a la relación de la densidad de las tres especies forestales. 51

Figura 20 Variación del nitrógeno en las 3 especies de aserrín 54

Figura 21 Gráfico de dispersión del contenido de nitrógeno de las tres especies en días. 55

Figura 22 Variación de fósforo en las 3 especies de aserrín. 58

Figura 23 Gráfico de dispersión del contenido de fosforo de las tres especies en días. 59

Figura 24 Variación del potasio en las 3 especies de aserrín. 62

Figura 25 Gráfico de dispersión del contenido de potasio de las tres especies en días. 63

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “Aprovechamiento de aserrín de tres especies forestales en abono orgánico por biodegradación con bacterias ruminales, para disminuir la contaminación ambiental, Pucallpa, 2020”. Tuvo como objetivo aprovechar el aserrín de tres especies forestales en abono orgánico por biodegradación con bacterias ruminales, identificarlas y determinar el contenido nutricional para la obtención de abono orgánico, el trabajo de investigación fue aplicativo. El diseño estadístico utilizado fue completamente al azar , para los promedios se utilizó la prueba de promedio de Tukey al 0.05, se identificó que la principal bacteria predominantes en el rumen fue el *Fibrobacter sp*. el grado de biodegradación del aserrín de lupuna fue de 41.23%, seguido del aserrín de bolaina con 32.27% y el aserrín de capirona con 31.70%, en cuanto al nivel de relación entre el grado de biodegradación del aserrín de la Lupuna blanca, Bolaina blanca y capirona presento un índice de correlación de Pearson de 0.686, 0.758, y 0.803, en relación a la biodegradación de aserrín y la densidad básica de tres especies forestales presentó una correlación inversa con índice de correlación de Pearson de -0.702, en relación al contenido nutricional del aserrín de lupuna blanca, bolaina blanca y capirona presentaron un contenido de nitrógeno de 0.47%, 0.4 y 0.36%, en cuanto al fosforo se presentaron promedios de 1.38%, 1.39% y 1.35%, en cuanto a potasio presentaron promedios de 0.4%, 0.49% y 0.38% en el aserrín de tres especies forestales biodegradadas con bacterias ruminales.

Palabras claves: anaeróbica, aserrín, bacterias, biodegradación y ruminales.

ABSTRACT

The present research work entitled "Use of sawdust from three forest species in organic fertilizer by biodegradation with ruminal bacteria to reduce environmental pollution, Pucallpa, 2020". The objective was to use the sawdust of three forest species in organic fertilizer by biodegradation with ruminal bacteria, identify them and determine the nutritional content to obtain organic fertilizer; the research work was applied. The statistical design used was completely randomized, for the averages was used the Tukey average test at 0.05, it was identified that the main predominant bacteria in the rumen was Fibrobacter sp. the degree of biodegradation of lupuna sawdust was 41. 23%, followed by bolaina sawdust with 32.27% and capirona sawdust with 31.70%, as for the level of relationship between the degree of biodegradation of the sawdust of Lupuna blanca, Bolaina blanca and capirona presented a Pearson correlation index of 0.686, 0.758 and 0.803, in relation to the biodegradation of the sawdust of Lupuna blanca, Bolaina blanca and capirona. 803, in relation to sawdust biodegradation and basic density of three forest species presented an inverse correlation with Pearson correlation index of -0.702, in relation to the nutritional content of sawdust of Lupuna blanca, Bolaina blanca and Capirona presented a nitrogen content of 0. 47%, 0.4 and 0.36%, for phosphorus there were averages of 1.38%, 1.39% and 1.35%, for potassium there were averages of 0.4%, 0.49% and 0.38% in the sawdust of three forest species biodegraded with rumen bacteria.

Keywords: biodegradation, ruminal bacteria, anaerobic and sawdust.

INTRODUCCIÓN

El aserrín es uno de los principales residuos forestales y su acumulación puede tener efectos ambientales negativos (Serret y otros , 2016). Los aserríos tienen la característica de generar grandes cantidades de residuos en el proceso de explotación y elaboración la madera. Los residuos generados producto del procesamiento de la madera provocan un gran problema debido a que se acumulan estas biomasas forestales y no tienen un destino final y un uso adecuado (Parra y otros, 2019).

El aserrín, un subproducto del procesamiento de la madera, generalmente se considera un desecho. A menudo se amontona cerca de los aserraderos, se quema o se vierten a los ríos. En consecuencia, obstruyen los cursos de agua, se queman y producen un humo muy denso con graves consecuencias ambientales. Los desechos y su eliminación es un tema de preocupación ambiental en todo el mundo, especialmente cuando no son biodegradables en bienes y servicios útiles (Banjo y Kubuoye, 2000).

Organizaciones internacionales como la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) advierten sobre los impactos ambientales causados en suelo y agua debido a la mala disposición de los residuos de madera que se acumulan en los aserraderos, ebanisterías y carpinterías. Estos residuos constituyen focos de contaminación y propagación de hongos que provocan la podredumbre, malos olores, proliferación de roedores, emisiones de dióxido de carbono y un riesgo para los trabajadores, ya que la acumulación de este material reduce el espacio y la maniobrabilidad para el desarrollo de las actividades. Además, estos residuos pueden ser causa de posibles incendios debido a sus características fisicoquímicas (Bañol y Martínez, 2013).

Sin embargo, la producción de madera rolliza a nivel nacional en el año 2016 fue 1 448 366.71m^3, siendo el departamento de Ucayali el segundo productor de madera rolliza con 322 192.07m^3 (SERFOR, 2016).

El crecimiento de la industria forestal en el departamento de Ucayali dio inicio a un crecimiento económico en la región debido a la alta demanda de este producto. Sin embargo, dicha actividad industrial no solo trajo consigo un incremento económico también generó una problemática ambiental producto de la generación de residuos forestales, como es el aserrín y sus derivados. En la actualidad el aprovechamiento de esta biomasa es menor con la cantidad de volúmenes de metros cúbicos que estos generan.

La investigación busca la biodegradación con bacterias ruminales para la obtención de abono orgánico, como una alternativa de solución a la acumulación en los principales generadores de residuos maderables para disminuir la contaminación ambiental, los motivos que sustentaron el nacimiento de esta problemática fue el volumen de biomasa mensual que se desecha, por usuario es de: 7.415m^3(aserrín), 3.641m^3 (Viruta) y 3.641m^3 (despunte). La viruta y despuntes son vendidos por más de la mitad de los transformadores y el aserrín es eliminado o quemado siendo este el más grande problema y la mayor cantidad como residuos de la industria maderera en Pucallpa (Sánchez, 2012).

La metodología base del trabajo es la obtención de bacterias ruminales tomadas en el camal municipal de la Municipalidad de Coronel Portillo, se utiliza el medio selectivo de Agar base sangre, posterior al cultivo de estas bacterias se realizan ensayos para el tiempo de biodegradación del aserrín, el porcentaje de degradación y las unidades formadoras de colonia necesarias para la biodegradación.

La investigación demuestra que es posible la biodegradación del aserrín por bacterias ruminales a escala experimental. Sin embargo, el contenido nutricional (NPK) no es recomendable para cultivos según los estándares de recomendación de la FAO.

Martina y otros (2007), indican que en los aserraderos y carpinterías se acumulan grandes cantidades de aserrín y virutas, cuya acumulación entraña peligros e inconvenientes, como ser riesgo de incendio, contaminación del aire y contaminación del suelo. La acumulación del aserrín puede tener además efectos ambientales negativos. (Álvarez y otros, 2001) tales como al descomponerse, el dióxido de carbono contenido en la materia orgánica se dispersa en la atmósfera. El sol y las altas temperaturas pueden provocar un pirólisis de baja temperatura en grandes montones de aserrín, haciendo que emitan gases contaminantes. La combustión eleva también la temperatura ambiente, produciendo un efecto de invernadero. Los residuos pueden ser un medio ideal para la propagación de plagas y enfermedades.

La investigación tiene como objetivo general: “Aprovechar el aserrín de tres especies forestales en abono orgánico por biodegradación con bacterias ruminales” y como objetivos específicos: Conocer las bacterias que se encuentran en el rumen del ganado vacuno; Determinar el grado de biodegradación de aserrín a partir de bacterias ruminales por variación del tiempo en días; determinar el contenido nutricional del aserrín biodegradado por bacterias ruminales para la obtención de abono orgánico.

El desarrollo de esta investigación se divide en 5 capítulos enmarcados de la siguiente manera: el capítulo I aborda el planteamiento del problema y sus objetivos en la cual plantea los motivos que nos llevó a realizar la presente investigación, el capítulo II describe el marco teórico que sustenta las bases de la investigación y los

antecedentes, el capítulo III desarrolla la metodología utilizada paso a paso desde la recolección de muestras para el aislamiento hasta los ensayos finales de biodegradación y el procesamiento estadístico, el capítulo IV presenta los resultados y la discusión de la investigación y finalmente el capítulo V detalla las conclusiones y recomendaciones en base a los resultados obtenidos en la investigación.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación Del Problema

La industria del aserrío de la madera, cuenta con aserraderos que debido al incremento de la demanda en el mercado nacional e internacional producen madera aserrada y de valor agregado para la industria de la carpintería y la construcción. El proceso de aserrío, implica un proceso de transformación primaria de la madera rolliza (troza) para obtener madera aserrada en sus diferentes formas utilizando para ello maquinaria, equipos, recursos humanos, fuentes de energía y dinero (Vignote y Martínez , 2006).

Estos procesos generan cantidades considerables de desechos en forma de aserrín y pequeños pedazos de madera, que causan problemas ambientales por su quema o el vertido en ríos (Serret y otros, 2016). Además, su almacenamiento genera grandes cerros que son quemados en calderas, sin poseer un valor agregado o alcanzar eficiencia energética mayor (Soto y Núñez, 2008).

Godoy y otros (2001), indica que el aserrín puede tener efectos ambientales negativos: al descomponerse, el dióxido de carbono contenido en la matea orgánica, se dispersa en la atmosfera. El sol y las altas temperaturas pueden provocar una pirolisis de baja temperatura en grandes montones de aserrín, haciendo que emitan gases contaminantes y aumentar el peligro de ocurrencia de incendios.

Buscando soluciones medioambientales a la problemática presentada, esta investigación plantea el aprovechamiento del aserrín como abono orgánico a través de la biodegradación por bacterias ruminales en condiciones experimentales. Para la obtención de dichas bacterias se extrajo el líquido ruminal del ganado vacuno

mediante el uso del método de aislamiento de bacterias ruminales degradadoras de aserrín.

Y, a la vez identificar mediante la morfología que tipo de bacterias predomina. Estas bacterias ruminales hidrolizan la celulosa y metabolizan los azúcares solubles producidos. El uso de bacterias con actividad celulótica es una alternativa de solución para reducir el volumen de residuos forestales producidos en la región de Ucayali. La investigación plantea las siguientes interrogantes:

Problema general

¿Cómo es la biodegradación de aserrín de tres especies forestales por bacterias ruminales para obtener abono orgánico para disminuir la contaminación ambiental?

Problemas específicos

¿Qué bacterias se encuentran en el rumen del ganado vacuno?; ¿Cuál es el grado de biodegradación de aserrín a partir de bacterias ruminales?; ¿Es posible obtener abono orgánico por la biodegradación del aserrín por bacterias ruminales?

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Mateo y otros (2002), quienes investigaron el “Aislamiento de bacterias ruminales degradadoras del aserrín” comparó la eficiencia para degradar aserrín o alfaltada entre BRDA (Bacteria Rumiante Degradadora de aserrín) y un cultivo de bacterias rúmiales totales (BRT), donde que tuvieron como resultados que la eficiencia de BRDA para degradar aserrín fue superior ($p<0.05$) al del cultivo de BRT, después de 72 h de incubación (10.0 vs 2.9%). En contraste, la degradación de alfalfa fue mayor ($p<0.05$) con el cultivo de BRT (59.7 vs 22.1%). La fase lag y la eficiencia para degradar carbohidratos estructurales (in vitro) en BRDA fue superior a la reportada en Neocallimastix frontalis.

Además, Guerrero (2011), quien investigó el “Aislamiento de bacterias ruminales degradadoras de celulosa” empleó aserrín de madera como sustrato, en un caldo nutritivo y el inoculo de las bacterias aisladas y evaluó la degradación de celulosas, a través de mediciones sucesivas a las 6, 12, 24, 48, 72 horas de incubación. La degradación presentada por las bacterias aisladas, fue estáticamente significativa ($p<0.05$), pero se evidencio un bajo rendimiento en la degradación de aserrín, que puede estar relacionado con el tipo de sustrato y los medios de cultivos. empleados.

Sin embargo, Sánchez y Cobos (2016), quienes estudiaron la “Producción in vitro de ácidos grasos volátiles de bacterias celulolíticas reactivadas y bacterial ruminales totales en sustratos celulósicos”. Aplicaron el método in vitro que son los adecuados para comparar la degradación de sustratos celulósicos y la síntesis de productos derivados de la fermentación como los ácidos grasos volátiles. Los tres inóculos no

presentaron diferencias en la producción de AGV ($p>0.05$) en la fermentación de alfalfa, pasto bermuda y rastrojo de maíz, pero el CBC produjo más acetato ($p\leq0.05$) que las BRT al fermentar alfalfa y pasto bermuda. El CBC presentó sinergismo en la producción de acetato con las BRT en celulosa cristalina, ya que el cocultivo produjo más acetato que BRT ($p\leq0.05$). El cocultivo y BRT no presentaron diferencias ($p>0.05$) en él %DEGMS en pasto bermuda, rastrojo de maíz y celulosa cristalina. Bajo estas condiciones el cultivo de bacterias celulolíticas reactivadas presenta actividad heterofermentativa en sustratos celulósicos y el acetato es el principal producto de la fermentación, pero estas bacterias no mejoran la degradación de la MS al usarse en cocultivo (50:50) con bacterias ruminales totales.

Sin embargo, Papinutti y otros (2003), en su estudio “Degradación de madera de álamo por Fomes sclerodermeus: producción de enzimas ligninolíticas en aserrín de álamo y cedro”. Evaluó bloques de madera de álamo que fueron incubados con F. sclerodermeus durante seis meses. Las pérdidas de peso seco de los bloques debido a su degradación alcanzaron un valor medio de 51%. La cuantificación de celulosa y lignina después de este período mostraron la disminución en las cantidades de estos polímeros, que fueron de hasta un 58 y 56% para celulosa y lignina respectivamente. Los cortes de las maderas atacadas observadas al microscopio óptico mostraron principalmente presencia de hifas colonizando el interior de vasos, adelgazamiento de las paredes y degradación de los radios parenquimáticos.

Mientras tanto Sánchez y otros (2008), en su investigación “Caracterización de medios de crecimiento compuestos por corteza de pino y aserrín”, caracterizó cinco mezclas de sustratos, compuestos de corteza, aserrín, turba, vermiculita y agrolita. La evaluación de las mezclas incluyó la caracterización física (densidad

aparente, porosidad y curva de retención de humedad) y química (pH, conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico). La densidad aparente de las mezclas compuestas de corteza y aserrín varió de 0.31 a 0.51 g cm- 3 y la estándar fue de 0.15 g cm- 3. La porosidad total de 77% a 91% y la estándar fue de 84%. La porosidad de aireación varió de 8% a 20% y la estándar fue de 8%. El agua fácilmente disponible varió de 4.8% a 9.9% y la estándar presentó un valor más elevado (17.7%). El pH de las mezclas compuestas de corteza y aserrín varió de 4.52 a 7.70 y la estándar fue de 3.87. La conductividad eléctrica de 1.84 a 2.69 ds m- 1 y la estándar 1.13 ds m- 1. La capacidad de intercambio catiónico de 43.6 a 89.4 meq/100 g y la estándar 60.4 meq/100 g. La mezcla 4 (20% de corteza + 80% de aserrín) es semejante a la mezcla estándar por sus características físicas, pero no en sus propiedades químicas.

Además Cárdenas y otros (2009), quienes investigaron “Degradación de celulosa y producción de etanol a partir del aserrín de Guadua utilizando el sistema biológico” ,siendo este un desecho maderero óptimo para la producción de etanol debido a su composición química, por lo cual decidieron evaluar implementar y evaluar el sistema Aspergillus niger-Saccharomyces cerevisiae para la degradación de celulosa y la producción de etanol a partir de este desecho; obteniéndose en el día 14 un punto máximo de producción de glucosa la cual fue usada para realizarse la fermentación donde se obtuvo etanol al 40.09%, finalmente se demostró que dicho sistema permite degradar celulosa y producir etanol a partir de aserrín de guadua.

2.2. Planteamiento teórico del problema

2.2.1. Bacteria

Las bacterias conforme el grupo de microorganismos más pequeños, antiguos, abundantes y diversos del mundo. Las bacterias están presentes en todos los hábitats, y por su gran capacidad de adaptabilidad metabólica, pueden sobrevivir en muchos medios que no permitirían ningún otro tipo de vida (Santamaria y otros, 1997).

Las bacterias, son organismo con una célula única relativamente simple y de tamaño variable; las bacterias pertenecen al reino de los procariotas, que se caracterizan por no poseer un núcleo organizado, sino una formación nuclear sin membrana. En la constitución celular bacteriana, se puede distinguir estructuras internas como: pared celular, membrana citoplasmática, citoplasma y formación nuclear, todas necesarias para la vida y otras estructuras externas no imprescindibles como: cápsula, fimbrias, flagelos y esporas. (Guerrero, 2011).

Las bacterias en su mayoría se reproducen de forma asexual por división transversal, en el cual la célula crece, duplica su material, genético y luego se divide por la mitad, dando origen a dos células (Garcia y Paredes, 1997).

Las bacterias, representan la fracción de la población ruminal imprescindible para la vida del rumiante. En 1 ml de líquido de la panza hay hasta 10^{11} células bacterianas y constituyen de un 5% a 10% (peso seco) del contenido de la panza (Schlegel , 1997).

Además, las bacterias contribuyen de dos formas a la nutrición de los rumiantes; la primera por medio de los ácidos formados durante la degradación de los polisacáridos, ya que las bacterias tienen la habilidad bioquímica de producir celulasas, que son las enzimas que intervienen en el proceso de hidrolisis de la

celulosa, y la segunda por efecto de la sustancia celular de las bacterias, que es degradada en el intestino y también es reabsorbida.

Las bacterias del rumen, son predominantemente anaerobias estrictas, pero también coexisten con anaerobias facultativas, adheridas a las parades del rumen, éstas usan el O_2 que proviene del torrente circulatorio y son muy importantes en las funciones del rumen.

2.2.2. Clasificación de las bacterias

Las diferencias en el tamaño, forma y ciertos detalles estructurales son características de los principales grupos de bacterias, y proporcionan las bases fundamentales para su estudio sistemático e identificación. De la misma forma, las colonias bacterianas, compuestas por masas de células individuales, tienen características de tamaño, consistencia, textura y color que poseen un valor sistemático, pero no tienen la importancia fundamental de la morfología celular (Diaz, 2009).

2.2.3. Tamaño de las bacterias.

El tamaño de las células bacterianas se mide habitualmente en micrómetros, oscilando entre los 1 x 10 µm de los bacilos grandes como *Bacillus anthracis,* y los 0.2 x 0.7 µm de *Francisella tularensis*. Existen ligeras variaciones de tamaño de las células bacterianas dentro de algunas especies, siendo mayores las fluctuaciones entre las formas bacilares que entre las formas esféricas. Los límites de tamaño entre las células bacterianas y los virus no tienen una frontera bien definida, pues curiosamente existen virus más grandes que ciertas bacterias (Diaz, 2009).

2.2.4. Formas de las bacterias.

Desde el punto de vista microscópico, la diferencia más importante entre las bacterias es su forma, existiendo tres tipos morfológicos claramente distinguibles: Formas esféricas o cocos. Formas alargadas o bacilos. Formas curvadas, comas o espirilos.

2.2.4.1. Cocos

Las bacterias esféricas son las más homogéneas con respecto al tamaño, presentando un diámetro medio de 0.6 a 1.0 µm. La forma no siempre es exactamente esférica, observándose como más comunes las siguientes variaciones: formas laneoladas, formas en grano de café, formas cocobacilares (achatadas).

Las diferencias entre los subtipos de cocos se basan en los agrupamientos celulares. Estos aparecen como consecuencia de dos factores: el plano o planos de división celular y la tendencia de las células hijas a permanecer unidas entre sí, una vez que se completa la división. (Diaz, 2009).

Los cocos que se separan completamente después de la división aparecen individualmente, y a esta forma se le llama coco. Cuando hay una ligera tendencia a que las células hijas permanezcan unidas y la división celular ocurre en un solo plano, los cocos se agrupan predominantemente en pares, llamados diplococos. Si la unión es más marcada, se ven largas cadenas de cuatro cocos o más; estos agrupamientos se conocen como estreptococos. Cuando los cocos se dividen en varios planos, y hay una elevada tendencia a que permanezcan unidos, aparecen racimos irregulares de cocos, semejantes a racimos de uvas; estos agrupamientos se denominan estafilococos (Diaz, 2009).

2.2.4.2. Bacilos

Las formas alargadas o bacilares agrupan una gran cantidad de subtipos morfológicos. Las diferencias en anchura, longitud y forma de los extremos de la célula proporcionan una considerable heterogeneidad a la forma bacilar. En función de la tendencia de las células hijas a permanecer unidas, los bacilos presentan también agrupaciones celulares características, citando como ejemplo las formas en empalizada (/////) o en V (<<<) o en letras chinas. Aunque son hasta cierto punto característicos, los agrupamientos de células bacilares no tienen la misma importancia morfológica que el agrupamiento de cocos (Diaz, 2009).

2.2.4.3. Espirilos

El tercer tipo morfológico es la forma espirilar, que puede considerarse como un bacilo que se ha torcido adoptando la forma de hélice. Aunque la curvatura se observa ocasionalmente en muchas formas bacilares, en el género Vibrio es suficientemente constante como para tener importancia diferencial. Los vibrios pueden presentar una forma espirilar si las células permanecen unidas por sus extremos (Diaz, 2009).

Las verdaderas bacterias espirilares pueden ser de dos tipos: con espira rígida o con espira flexible. Al conjunto de las formas espirilares flexibles se le conoce como espiroquetas. La clasificación y diferenciación de las espiroquetas patógenas se basa en criterios morfológicos tales como la longitud de vuelta, el ángulo en los extremos de la célula, la presencia de una envuelta externa y la composición del filamento axial (Diaz, 2009).

2.2.5. Bacterias del rumen

Las bacterias son los microorganismos más abundantes en el complejo retículo rumen, existe de alrededor de 10 billones de células bacterianas por gramo de contenido ruminal. Las bacterias, en este complejo presentan una gran diversidad de género y especies, debido a la presencia de una amplia gama de alimentos existentes en rumen. Se estima, que existe alrededor de 200 a 250 especies, las mismas que son responsables de la degradación de los nutrientes de los alimentos, siendo indispensable para desarrollo de los rumiantes (Rodriguez y Valencia , 2008).

Las bacterias del rumen, son altamente especializadas en la degradación de los compuestos que existen en esta cavidad; tomando en cuenta que diferentes dietas en los rumiantes modifican la flora bacteriana del rumen (Mulato, 2004).

La fermentación en los rumiantes esta acoplada al crecimiento microbiano, por ello algunas bacterias pueden utilizar el amoniaco o urea como fuente de nitrógeno para producir aminoácidos, que, de otra manera, estos compuestos serian inútiles para los rumiantes. Así mismo, las proteínas bacterianas producidas en el rumen constituyen la principal fuente de aminoácidos para el animal (Mulato, 2004).

Las fibras y otros polímeros vegetales insolubles, que no pueden ser degradados por enzimas del animal son fermentados por bacterias a ácidos grasos volátiles, principalmente acético, propiónico, butírico y a gases como CO_2 yCH_4. Los AGV atraviesan las paredes del rumen pasan a la sangre, luego son oxidados en el hígado y pasan a ser la mayor fuente de energía para las células (Mulato, 2004).

Las bacterias del rumen, varían de acuerdo al sustrato que degradan, la mayoría utiliza monómeros o polímeros. Entre las bacterias especialistas encontramos a Ruminobacter amylophilus, que utiliza solo almidón; también esta Fibrobacter succinogenes, que utiliza principalmente celulosa; en contraste, con las cepas de Butyrivibrio fibrisolvens, que son generalistas, es decir que pueden degradar un amplio rango de sustratos incluido almidón, celulosa, xilano y pectina (Hobson y Stewart, 1997).

Algunas de las bacterias presentes en el rumen se describen en la **Tabla *1***.

Tabla 1

Algunas bacterias del rumen

Organismo	Morfología	Movilidad	Productos de fermentación	Sustrato
Fibrobacter Succinogenes	Bacilo	-	Succinato, acetato, fomiato	Celulosa
Butyrivibrio fibrisolvens	Bacilo Curvado	+	Acetato, formiato, lactato, butirato, H2 y CO2	Celulosa
Ruminococus albus	Coco	-	Acetato, formiato, H2 y CO2	Celulosa
Clostridium lochheaddii	Bacilo (espora)	+	Acetato, formiato, butirato, H2 y CO2	Celulosa
Ruminococus flavefaciens	Coco		Acetato, succinato y H2	Celulosa
Clostridium polysaccharolyticum	Bacilo (espora)		Acetato, formiato, butirato y H2	Celulosa Almidón
Bacteroides ruminicola	Bacilo	-	Formiato, cetato y succinate	Almidón
Ruminobacter amylophilus	Bacilo	-	Formiato, acetato y succinate	Almidón
Selenomonas ruminantium	Bacilo Curvado	+	Acetato, propionato y lactate	Almidón
Succinomas amylolytica	Ovalado	+	Acetato, propionato y succinate	Almidón
Streptococcus bovis	Coco	-	Lactato	Almidón

Selenomonas lactilytica	Bacilo Curvado	+	Acetato y succinato	Lactato
Megasphaera eslsdenii	Coco	-	Acetato, propionato, butirato, valerato, coproato, H2 y CO2	Lactato
Viellonella párvula	Coco		Acetato, propionato y H2	Lactato
Lachnospira multiparus	Bacilo Curvado	+	Acetato, formiato, lactato, H2 y CO2	Pectina
Anaerovibrio lipolytica	Bacilo		Acetato, propionato y succinate	Lipolitico
Eubacterium ruminantium	Bacilo		Formiato, butirato, lactosa y CO2.	Xilano
Lactobacillus rumins	Bacilo		Lactosa	Azucares
Lactobacillus vitulinus	Bacilo		Lactosa	Azucares
Methanobrevibacter ruminantium	Bacilo	-	CH4	Metanógenos
Methanomicrobium mobile	Bacilo	+	CH4	Metanógenos
Eubacterium oxidoreducens	Bacilo		Lactosa y H2	Aromáticos

Nota: Microbiología del Rumen (Montalbetti, 2005)

2.2.6. Funciones de las bacterias en el rumen.

Jouany (1991), argumenta que las bacterias que se encuentran en el rumen, son las encargadas de realizar varias funciones vitales para el bienestar de los rumiantes:

- Poseen la capacidad de degradar fibras y carbohidratos en AGV, dióxido de carbono y metano.
- La fermentación está vinculada al crecimiento microbiano y las proteínas sintetizadas son la mayor fuente de proteínas para el animal.
- Los microorganismos del rumen sintetizan vitaminas necesarias para el rumiante.

- Algunas bacterias del rumen degradan los componentes tóxicos de la dieta del animal.

2.2.7. Respiración de las bacterias en el rumen

Jouany (1991), sostiene que las principales bacterias del rumen son anaerobias estrictas, que están adaptadas a la ausencia de oxígeno y solo crecen en un medio exento de O_2; ya que es tóxico para este tipo de bacterias. Pero existen un gran número de especies; que pueden crecer tanto en condiciones aerobias como anaerobias, son las llamadas bacterias facultativas; que tienen la capacidad de obtener energía tanto por respiración aerobia como anaerobia.

2.2.8. Condiciones para el desarrollo de bacterias ruminales.

Jouany (1991), indica que las condiciones en el rumen, usualmente son estable y se mantienen controladas por el tipo y cantidad de alimento consumido. El factor de temperatura en el rumen es alrededor de 39 ºC y puede variar entre 38 ºC a 42 ºC. Además, en el rumen está presente una pequeña cantidad de oxígeno, el pH esta entre 5.8 y 7.0 el mismo que está influenciando directamente por la saliva.

2.2.9. Productos de fermentación ruminal

Los productos de la fermentación ruminal son muy variados, entre los principales se encuentran el lactado y succinato, que sirven como sustratos de energía primarios para otras bacterias, pero la mayor concentración de productos obtenidos por fermentación ruminal son los ácidos grasos volátiles (Jouany, 1991).

2.2.10. Clasificación de las bacterias ruminales.

Las bacterias del rumen son microorganismos muy complejos y pueden clasificarse de muchas formas, en base a la morfología, a la presencia de apéndices, a la composición química celular, en base a los sustratos atacados y a los productos finales de su metabolismo (Jouany, 1991).

Jouany (1991) menciona las bacterias ruminales en la base a los principales sustratos que se emplean se clasifican en:

- Celulóticas
- Hemiceluloticas
- Amilolíticas
- Proteolíticas
- Lipolíticas
- Metanogénicas
- Bacterias que usan los ácidos intermedios
- Bacterias que usan azucares

2.2.11. El rumen

El rumen es el primer preestómago y es el más grande. El rumen o panza es un saco aplanado, lateralmente dilatado y de gran capacidad. Ocupa la totalidad de la cavidad abdominal izquierda y con su porción caudoventral atraviesa parcialmente la línea media y llega a la mitad derecha del abdomen. Este compartimiento, constituye más de 65% del volumen total del estómago y puede contener hasta 115 litros de material con el 105 al 20% de materia seca (Hutjens, 2003).El rumen, se distingue dos superficies, una dirigida hacia las vísceras o caravisceral, que es algo irregular y está relacionada fundamentalmente con el omaso, el abomaso, el intestino, hígado, riñón izquierdo, glándula adrenal homolateral, la aorta y la vena cava caudal (Getty y otros, 2005).

2.2.12. Aserrín

El aserrín es un producto totalmente estable, y aunque tiene ciertos usos (producción de tabique, combustible, cama para corrales y producción de papel), actualmente no hay alternativas para su uso a gran escala; por lo tanto, su acumulación es una seria contaminación de los suelos donde se deposita (Starbuck, 1997).

Según Reyes (2013), describe al aserrín como un conjunto de partículas y polvillo que se desprende de la madera cuando ésta es aserrada; también contiene minúsculas partículas de madera producidas durante el proceso y manejo de la misma, paneles contrachapados y/o aglomerados. Además del polvo, en el proceso de aserrado se genera la viruta, que es un fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral.

2.2.12.1. Características de los residuos de madereros corrientes.

Los subproductos (Aserrín y viruta) se utilizan localmente para producir composta, como fertilizantes en huertas de aguacate, y como fuente de energía en ladrilleras y en la caldera de la planta resinera. Sin embargo, la alta disponibilidad y el bajo precio de los subproductos incentivan la búsqueda de nuevas alternativas productivas. La producción de bioenergía es una opción económica y ecológicamente viable (Garcia y otros 2012). Sin embargo, es necesario determinar si los subproductos cumplen con los estándares internacionales de calidad. Para ello, se requiere evaluar el contenido de humedad (CH) y algunas características físico-químicas como porcentaje de cenizas, tipo y porcentaje de elementos inorgánicos (Garcia y otros, 2012); (Vassilev y otros, 2012).

Tabla 2

Características de residuos madereros corrientes

Residuo	Tamaño (mm)	Contenido de humedad (%)	Contenido de cenizas (%)
Lijaduras	<1	2-10	0.1-0.5
Virutas	1-12	10-20	0.1-1.0
Aserrín	1-10	25-40	0.5-2.0
Corteza desmenuzada	1-100	25-75	1.0-2.0
Residuos Forestales		30-60	3.0-20

Nota: Caracterización de líquidos obtenidos por pirolisis de aserrín de pino en cama fluidizada (Díaz y Suárez, 2005).

2.2.12.2. Tipos de especies forestales maderables.

2.2.12.2.1. Lupuna blanca (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn)

Especie ampliamente distribuida en los bosques amazónicos. En el Perú se encuentra ampliamente en los departamentos de Loreto (Yurimaguas); Ucayali (Pucallpa, Loreto), Huánuco (Tingo María) y San Martin (Tarapoto), en bosques primarios y secundarios donde la especie es dominante (CITE madera, 2008).

Descripción de la madera:

- ✓ Color: De crema a pardo rollizo
- ✓ Brillo: Bajo
- ✓ Grano: Ligeramente entrecruzado
- ✓ Textura: Media a gruesa
- ✓ Veteado: Medianamente pronunciado en las superficies tangenciales.

Tabla 3

Propiedades físicas de la Lupuna blanca

Propiedades Físicas de la Lupuna blanca	
Densidad básica	0.28 g/cm³
Contracción volumétrica	10.70 %
Relación T/R	1.50
Contracción tangencial	9.01 %
Contracción radial	3.10 %

Nota: Compendio de 32 especies forestales maderables (CITE madera, 2008).

2.2.12.2.2. Bolaina Blanca (*Guazuma crinita* Mart.)

Se encuentra distribuida en la amazonia peruana y brasilera, en bosques bajos inundables y no inundables (riberas de ríos y quebradas respectivamente).

En el Perú se encuentra en los departamentos de amazonas, Huánuco, Junín, Loreto, Madre de Dios, Pasco, San Martín y Ucayali. Habita dentro de las zonas ecológicas de bosque húmedo pre montano tropical (bh-PT), bosque seco tropical (bs-T) y bosque muy húmedo sub tropical (bmh-ST). Se ubica en altitudes de hasta 1.000 m.s.n.m., en zonas planas y onduladas con pendientes suaves. (CITE madera, 2008)

Descripción de la madera:

- ✓ Color: Blanco.
- ✓ Brillo: Medio
- ✓ Grano: Recto.
- ✓ Textura: Media y homogénea
- ✓ Veteado: En corte radial la especie presenta reflejos plateados en bandas estratificadas y desordenadas

Tabla 4

Propiedades físicas de la Bolaina Blanca

	Propiedades Físicas de la Bolaina Blanca
Densidad básica	0.41 g/cm³
Contracción volumétrica	10.75 %
Relación T/R	1.60
Contracción tangencial	5.50 %
Contracción radial	3.50 %

Nota: Compendio de información técnica de 32 especies forestales (Confederación Peruana de la Madera, 2008).

2.2.12.2.3. Capirona (*Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook.f. ex K.Schum.)

Se encuentra en la amazonia del Perú y Brasil, en el Perú se encuentra en los departamentos de amazonas, san Martin, Huánuco, Loreto, Madre de Dios, Ucayali. (CITE madera, 2008).

Descripción de la madera:

- ✓ Color: Pardo blanco
- ✓ Brillo: Medio intenso
- ✓ Grano: Recto entrecruzado
- ✓ Textura: Muy fina
- ✓ Veteado: No marcado.

Tabla 5

Propiedades físicas de la Capirona

	Propiedades Físicas de la Capirona
Densidad básica	0.76 g/cm³
Contracción volumétrica	15 %
Relación T/R	1.80
Contracción tangencial	9.00 %
Contracción radial	5.00 %

Nota: Compendio de información técnica de 32 especies forestales (Confederación Peruana de la Madera, 2008).

2.2.13. Biodegradación

Es un proceso natural, ventajoso no solo por permitir la eliminación de compuestos nocivos impidiendo su concentración, sino que además es indispensables para el reciclaje de los elementos en la biosfera, permitiendo la restitución de elementos esenciales en la formación y crecimiento de los organismos (carbohidratos, lípidos, proteínas). La descomposición puede llevarse a cabo en presencia de oxígeno (aeróbica) o en su ausencia (anaeróbica). La primera es más completa y libera energía, dióxido de carbono y agua, es la de mayor rendimiento energético. Los procesos anaeróbicos son oxidaciones incompletas y liberan menor energía (Branco, 1984).

La biodegradación es la transformación catalizada, biológicamente de un componente a formas simples de polímeros, normalmente se refiere al ataque de los microorganismos sobre materiales plásticos; sin embargo, el deterioro o la pérdida de la integridad física del polímero se ha confundido con la biodegradación porque no hay un consenso en la definición de biodegradación de plásticos. No obstante, la biodegradación es un proceso biológico natural llevado a cabo por

procesos bioquímicos y que puede ser clasificado en función al producto final (Volke, 1997).

2.2.14. Abono Orgánico

Los abonos orgánicos están constituidos por desechos de origen animal, vegetal o mixto, que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas. No sólo aportan al suelo materiales nutritivos, sino que, además, influyen favorablemente en la estructura del suelo, modifican la población de microorganismos y favorecen la formación de humus que incrementa el intercambio catiónico. Sin embargo, a pesar de su origen químico, la agricultura comercial no puede prescindir de los abonos minerales, ya que tienen muchas ventajas, sobre todo las de satisfacer a bajo costo los requerimientos nutricionales de las plantas cultivadas. Es por ello que la mayor eficacia se consigue usando las dos clases de abonos (Gurí, 1998).

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Área industrial: Proceso de interacción de personas por medio de equipos para transformar los insumos en un producto o servicio con un valor agregado (Cantú, 2011).

Bacterias anaerobio: a aquel germen que puede crecer sólo en ausencia de oxígeno, la sensibilidad frente al oxígeno varía ampliamente de una especie a otra (Rivas y Mota, 2006).

Bacterias aerobio: Aquella que necesita oxígeno para vivir y para degradar la materia orgánica (Fraume, 2006).

Descomposición: Proceso de transformación física y degradación bioquímica de materiales orgánicos de origen animal, microbiano o vegetal en y sobre el suelo (Gonzalez, 2007).

Fermentación: Conversión biológica anaeróbica (sin oxígeno) de las moléculas orgánicas, generalmente hidratos de carbono, en alcohol, ácido láctico y gases, mediante la acción de ciertas enzimas que actúan ya sea directamente o como componentes de ciertas bacterias y levaduras (Sánchez, 2011).

Microorganismos: Organismo microscópicos que pueden ser: virus, bacterias, algas, hongos o protozoos (Sánchez, 2011).

Residuos: Parte o porción que queda de un todo después de quitar otra parte. Materia inservible que resulta de la descomposición o destrucción de una cosa o material (Agudelo y otros, 2016).

CAPÍTULO III

MÉTODOLOGIA

3.1. Método de Investigación

El método de investigación fue aplicativo experimental de carácter cuantitativo con un alcance exploratorio donde se realizó con el objetivo de aprovechar el aserrín de tres especies forestales en abono orgánico por biodegradación con bacterias ruminales.

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

La población estuvo constituida por todo el aserrín generado en los aserraderos Servicios Forestales J+C, aserradero Mario Pezo, forestal Gil S.C.R.L., San Juan S.A.C. y Triplayera Industria Ucayali SAC de las especies Lupuna blanca (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn), Bolaina Blanca (*Guazuma Crinita C. Martius*) y Capirona (*Calycophyllum Spruceanum* (Benth.) Hook.f. ex K.Schum.) ubicados en el distrito de Manantay en la ciudad de Pucallpa, en la temporada de enero a mayo.

3.2.2. Muestra

La muestra fue de tipo no probabilístico, con criterio del investigador, tomando como base la selección de la cantidad de muestras las recomendaciones de Mateo y otros (2002), donde se recolecto una muestra de tres kilogramos por especie, la cual se contó con aserrín de las especies de lupuna blanca, bolaina blanca y capirona siendo el total de la cantidad de aserrín obtenido de 9kg (3kg por especie). Las muestras fueron codificadas de la siguiente manera “L1, B1 Y C1”, teniendo en cuenta las especies forestales.

3.3. Procedimientos de recolección de datos

3.3.1. Recolección de la muestra de aserrín

El proceso inició con la recolección de muestras de aserrín de Lupuna blanca (*Ceiba pentandra*), Bolaina Blanca (*Guazuma crinita C. Martius*) y Capirona (*Calycophyllum spruceanum Benth*) de tres aserraderos de la región de Ucayali. Se recolectó 3 kg. de cada especie en bolsas ziploc y luego se trasladó a la Universidad Nacional Ucayali para ser procesado en el Laboratorio de Microbiología y Parasitología.

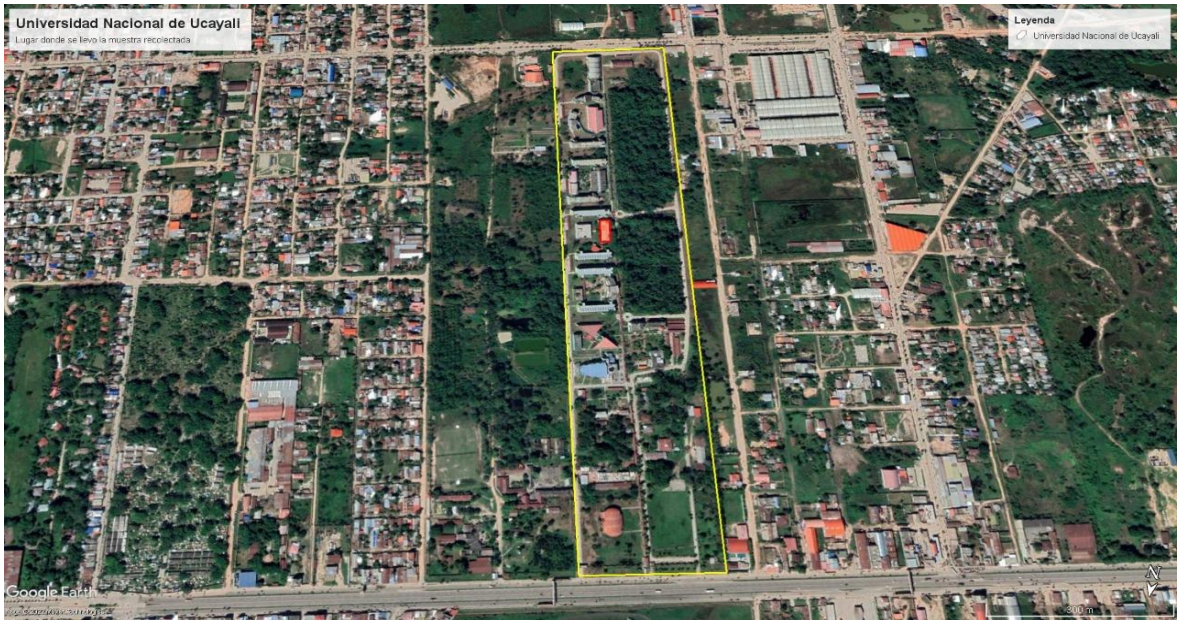
Figura 1

Recolección de muestras de aserrín de tres especies forestales



Figura 2

Ubicación del Laboratorio de Microbiología y Parasitología.



3.3.2. Procesamiento del aserrín

Se molió y se tamizó a un tamaño de 2 mm y se secó a 70 °C durante 24h. Otra parte de la muestra se esterilizó en una autoclave a 15 PIS durante 15 min y se utilizó sustrato para preparar el medio anaeróbico selectivo para el aislamiento de bacterias degradadoras de aserrín.

Figura 3

Proceso de tamizado y secado del aserrín.



3.3.3. Localización del lugar de muestreo

El líquido ruminal utilizado para el aislamiento de las bacterias se obtuvo del camal municipal de coronel Portillo, ubicado en el km 13 ingresando al izquierdo 3 km aproximadamente.

Figura 4

Ubicación del Camal Municipal de Coronel Portillo

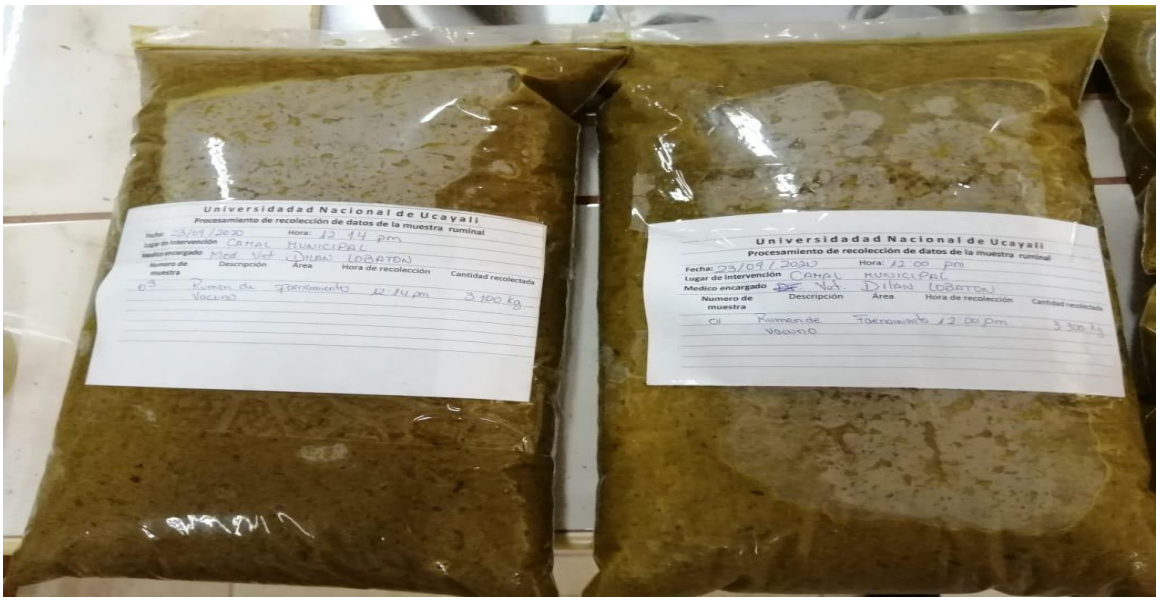


3.3.4. Muestreo de líquido ruminal

Las muestras de líquido ruminal fresco se recolectaron con la ayuda del médico veterinario encargado del control en el centro de faenamiento. Estas se extrajeron en forma aleatoria del rumen de 3 ganados vacunos procesados en el camal en bolsas ziploc de 3 litros.

Figura 5

Recolección de las muestras del líquido ruminal del ganado vacuno.



3.3.5. Preparación líquido Ruminal

El líquido ruminal de cada muestreo se filtró con una manta de cielo para retener los materiales gruesos flotantes, y obtener únicamente el material líquido que contiene los microorganismos.

Figura 6

Filtrado de la muestra del líquido ruminal recolectado.



Figura 7

Líquido ruminal clarificado.



3.3.6. Condiciones de anaerobiosis

Para crear una atmósfera anaerobia, en un recipiente hermético se inyectó 250 ml ácido cítrico ($C_6H_8O_7$) y 150 g bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$) combinados con agua, la solución obtenida produce una reacción que emite dióxido de carbono (CO_2) el mismo que desplaza al oxígeno y permite un ambiente adecuado para el crecimiento de los microorganismos anaeróbicos (Guerrero, 2011).

Figura 8

Condiciones de anaerobiosis.



3.3.7. Método de aislamiento de baterías ruminales degradadoras de aserrín

Se depositó 50 mg de aserrín previamente esterilizado en tubos de cultivo de 18 x 150 mm y se acondicionó 9 ml del medio de cultivo líquido (**Tabla 6**)en condiciones de anaerobiosis utilizando flujo de CO_2 para desplazar al oxígeno. Los medios de cultivo se incubaron a 38.5 °C durante tres días para comprobar que no crecieron bacterias contaminantes. Para tener muestras de diferentes poblaciones microbianas, se utilizó como inóculo liquido ruminal fresco de tres vacas. De cada muestra se recolectó 250 ml de fluido ruminal que se utilizó como inóculo inicial de aislamiento. Con cada inóculo se inocularon 10 tubos de cultivo (1ml por cada tubo) que se incubó a 38.5 °C durante 45 días. Al término del periodo de incubación, se seleccionó tres tubos de cultivo que presentaron mayor degradación del aserrín (Mateo y otros, 2002). utilizando el medio de cultivo sólido (**Tabla *6***). Después de 48 h de incubación se seleccionó las colonias con mayor concentración (unidades formadoras de colonias) por ml de inóculo y se reinocularon en el medio de cultivo líquido. Este proceso se repitió tres veces para asegurar que las bacterias aisladas tuvieran un crecimiento efectivo en el medio de cultivo selectivo para bacterias degradadoras de aserrín.

Tabla 6

Medios de cultivo utilizados para el aislamiento de bacterias ruminales degradadoras de aserrín.

Componentes	Medio líquido	Medio Solido
Agua destilada	52.6 ml	41.1 ml
Líquido ruminal clarificado	30.0 ml	30.0 ml
Solución mineral I	5.0 ml	5.0 ml
Solución mineral II	5.0 ml	5.0 ml
Resazurina (sol. A0.1%)	0.1 ml	0.1 ml
Tripticase-peptona	0.2 ml	0.2 ml
Cisteina-Sulfidop	2.0 ml	2.0 ml
Extracto de levadura	0.1 g	0.1 g
Carbonato de sodio (sol a 8%)	5.0 ml	5.0 ml
Glucosa	0.0	0.06 g
Celobiosa	0.0	0.06 g
Almidón	0.0	0.06 g

Nota: Aislamiento de bacterias ruminales degradadoras del aserrín (Mateo y otros, 2002).

Figura 9

Preparación de medio líquido



Figura 10

Incubación para la identificación morfológica de bacterias.



3.3.8. Capacidad para degradar aserrín.

Para estimar la capacidad del cultivo para degradar aserrín se realizó una prueba de incubación en tubos de cultivo con 9 ml de medio líquido y 50 mg de aserrín (base seca). Los tubos de cultivo se inocularon con 1ml con la solución liquida ruminal extraída de tres vacas. La capacidad para la degradación del aserrín se evaluó a 1, 3, 5, 11, 18 y 45 días de incubación a 38.5 °C. Al término de cada periodo, el aserrín no degradado se recuperó por filtración en papel Whatman, luego se secó a 70 °C por 24h y se pesó para estimar la cantidad de aserrín degradado.

Figura 11

Estimación del aserrín degradado.

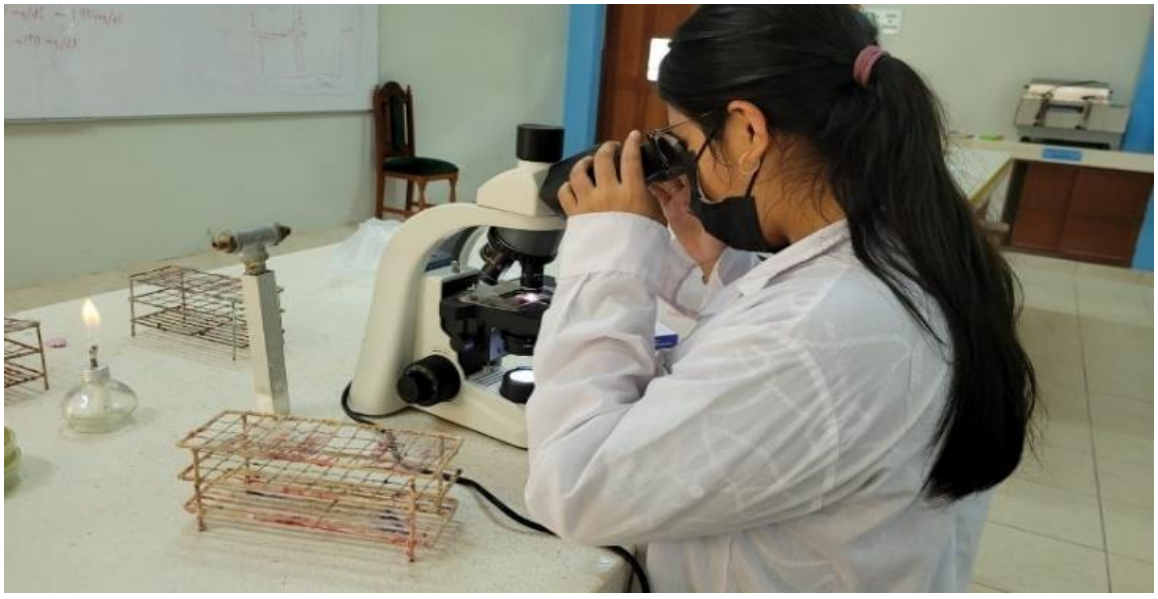


3.3.9. Identificación Morfológica de las bacterias.

Para identificar la morfología se realizó la tinción compuesta de Gram, donde se usó cristal violeta, Lugol, decolorante y safranina. En cada una de las muestras de líquido ruminal se extrajo de cada placa Petri 50 uL las cuales fueron colocadas en el porta objetos para poder realizar la tinción Gram. Posteriormente con la ayuda de un microscopio se realizó la identificación morfológica de las bacterias a una vista a 100x.

Figura 12

Tinción gram y visualización de la morfología de las bacterias.



3.3.10. Determinación del Contenido Nutricional.

Para preparar la muestra, se llenó un tubo hasta los 7.5 ml con solución de extracción y se agregó 9 cucharas de aserrín al tubo, luego se agitó por 1 minuto y se dejó en reposo 5 minutos. Para medir Nitrógeno (N), se agregó 2.5 ml de muestra en un tubo (evitando succionar partículas de aserrín con la pipeta), luego se agregó 1 sobre de reactivo HI3896N y se agitó para su disolución,

posteriormente se dejó en reposo por 30 segundos y para dar lectura al valor de NO_3 se comparó el color rosa con la escala de la tarjeta de color del reactivo.

Para medir el Fósforo (P) se agregó 2.5 ml de muestra y 1 sobre de reactivo HI3896P, luego se agitó rigorosamente por 30 segundos y se comparó con el color azul para tener el P_2O_5.El Potasio (K) se determinó utilizando 0.5 ml de muestra, además se agregó solución de extracción de suelo hasta la marca de los 2.5 ml, se agitó por 30 segundos para que el reactivo se disuelva, se desarrolló un color azul y se comparó con la tarjeta de turbidez y se leyó en la escala que corresponde el valor del KO_2.

Figura 13

Determinación del contenido nutricional mediante el HANNA HI3896.



3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.4.1. Técnicas

La técnica de recolección de datos fue la observación experimental porque elabora datos en condiciones relativamente controladas por el investigador.

3.4.2. Instrumentos

Recolección de la muestra ruminal (Anexo 1)

Recolección de la muestra de aserrín (Anexo 2)

Formato de biodegradación de aserrín (Anexo 3)

3.5. Procesamiento para recolección de datos.

Dado la naturaleza de los datos estos se ajustaron a un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 3 tratamientos y 3 repeticiones con una distribución de 9 unidades experimentales. Se eligió tomar tres diferentes especies de donde se obtuvo el aserrín para observar el efecto de la biodegradación con ruminales:

Modelo estadístico para la investigación.

$$\boldsymbol{Y_{ij} = \mu + Ti + \varepsilon_{ij}}$$

Dónde:

Yij = Observación del i-ésimo tratamiento en la j-ésima medida repetida.

u = Media poblacional.

Ti = Efecto del i-ésimo tratamiento.

Eij = Error experimental o residual.

Esquema del análisis de varianza.

En la siguiente tabla se describe de forma precisa el análisis de varianza y sus fuentes de variabilidad.

Tabla 7

Fuentes de variabilidad del análisis de variancia.

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Tratamientos	2
Repeticiones	2
Error	6
Total	8

Para el procesamiento de recolección de los datos se empleó los programas de Microsoft Excel, SPSS versión 2.2 Y Google eart la cual ayudaron a estudiar, analizar e interpretar las hipótesis planteadas.

Coeficiente de correlación

El coeficiente de correlación r de Pearson mide el grado de asociación lineal entre dos variables. El valor de r puede situarse entre -1 y +1. La prueba de significación se hace con la hipótesis nula de que no hay asociación, r = 0. Deben calcularse y comunicar los intervalos de confianza de r. Antes de decidir la aplicabilidad de una correlación lineal se debe siempre graficar en una “nube de puntos” la relación entre las dos variables (Dagnino, 2014).

Como r^2 no contiene información respecto del signo de (XY), que es fundamental pues es el signo de la pendiente, se define como coeficiente de correlación lineal simple o coeficiente de correlación de Pearson a su raíz cuadrada:

r es una cantidad que puede ser negativa o positiva que va de 0 a -1 o de 0 a +1. Cero indica ausencia de relación y mientras más cerca de 1, sin importar el signo, mayor es la fuerza de la asociación entre X e Y. En esencia, r mide la dispersión de los puntos en torno a una tendencia lineal subyacente (Dagnino, 2014).

3.6. Tratamiento de datos

Los datos se procesaron estadísticamente mediante el programa SPSS versión 2.2. Se llevó a cabo el análisis la prueba de promedio mediante la prueba paramétrica de Tukey, este método sirve para comparar las medias de las mediciones de los tratamientos que permitió evaluar las medias antes y después del tratamiento para la biodegradación del aserrín. Se trabajó a un nivel de confianza de un 95% aceptando la hipótesis < 0.05 de significancia y se rechaza > 0.05.

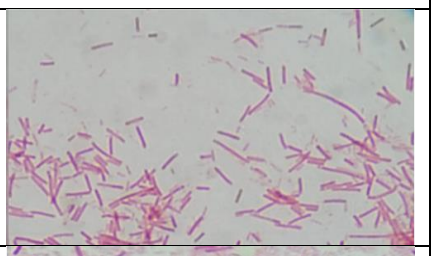
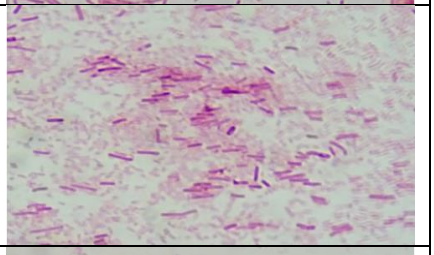
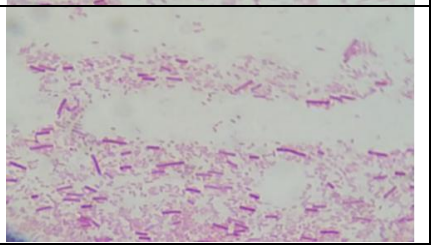
CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Bacterias que se encuentran en el rumen del ganado vacuno.

Tabla 8

Identificación Morfológica y Gram de las bacterias predominantes en el rumen del ganado vacuno.

Muestra	Morfología predominante	Gram	Bacterias predominantes	Imagen de la muestra
Liquido Ruminal 1	Bacilos	Negativo	*Fibrobacter*	
Liquido Ruminal 2	Bacilos	Negativo	*Fibrobacter*	
Liquido Ruminal 3	Bacilos	Negativo	*Fibrobacter*	

La **Tabla *8*** , muestra la identificación morfológica de las bacterias predominantes en el rumen del ganado vacuno, donde la predominancia de muestra fue bacilos gran negativos, en un 100% de las muestras, también presenta grupos menos predominantes como las *Rckettsia, Helicobacter, Vibrio y Escherichia*, que son enterobacterias comunes en el tracto digestivo. Mientras tanto Guerrero (2011), en su investigación identifica 4 cepas de bacterias aisladas anaerobias del rumen de bovinos, que degradan celulosas conocidas como

Ruminococcus flavefaciens, Ruminococcus albus, Fibrobacter succinogenes succinogenes y *Fibrobacter succinogenes elongata.* De igual manera Castillo y otros (2014), identificaron que las principales bacterias presentes en el rumen del ganado son las *fibrobacter* que es bacilo gram negativo, *Bacteriodes ruminicola* es bacilo gram negativo, *Ruminobacter amylophilus* es bacilo gram negativo, *Anaerovibrio lipolytica* es bacilo gram negativo, *Selenomonas lactilytica* es bacilo gram negativo, *Methanobrevibacter ruminantium* es bacilo gram negativo, *Methanomicrobium mobile* es bacilo gram negativo, como se puede apreciar la predominancia de las bacterias gram negativo en la muestra analizada coincide con las bibliografía, que documenta diferentes especies predominantes en el rumen del ganado vacuno.

Esta predominancia también lo obtuvo, Londoño y otros (2011), quienes realizaron estudios de microbiología ruminal, cuantificando en su trabajo tres géneros importantes de bacterias celulolíticas del rumen *Ruminococcus spp*., *Fibrobacter spp*. y *Bacteroides spp*. demostrando los resultados obtenidos la predominancia de las bacterias Gran Negativas en el líquido ruminal. Mientras tanto Carhuapoma y otros (2022), en su investigación aislaron y evaluaron el potencial degradador in vitro de la celulosa de las bacterias ruminales celulíticas de alpaca, ovino y vacuno donde encontraron bacterias celulolíticas *Ruminococcus flavefaciens, Ruminococcus albus* y *Fibrobacter succinogenes* con alta capacidad de degradabilidad de celulosa.

4.2. Grado de biodegradación de aserrín a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter por variación del tiempo en días.

Los datos relacionados al análisis de varianza del grado de biodegradación de aserrín a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter tal como se observa en el **Anexo 04**, donde se presentó diferencias significativas entre los promedios de tratamientos estudiado. Para determinar entre que tratamientos se encuentra definidos significativamente se hizo la prueba de Tukey.

Tabla 9

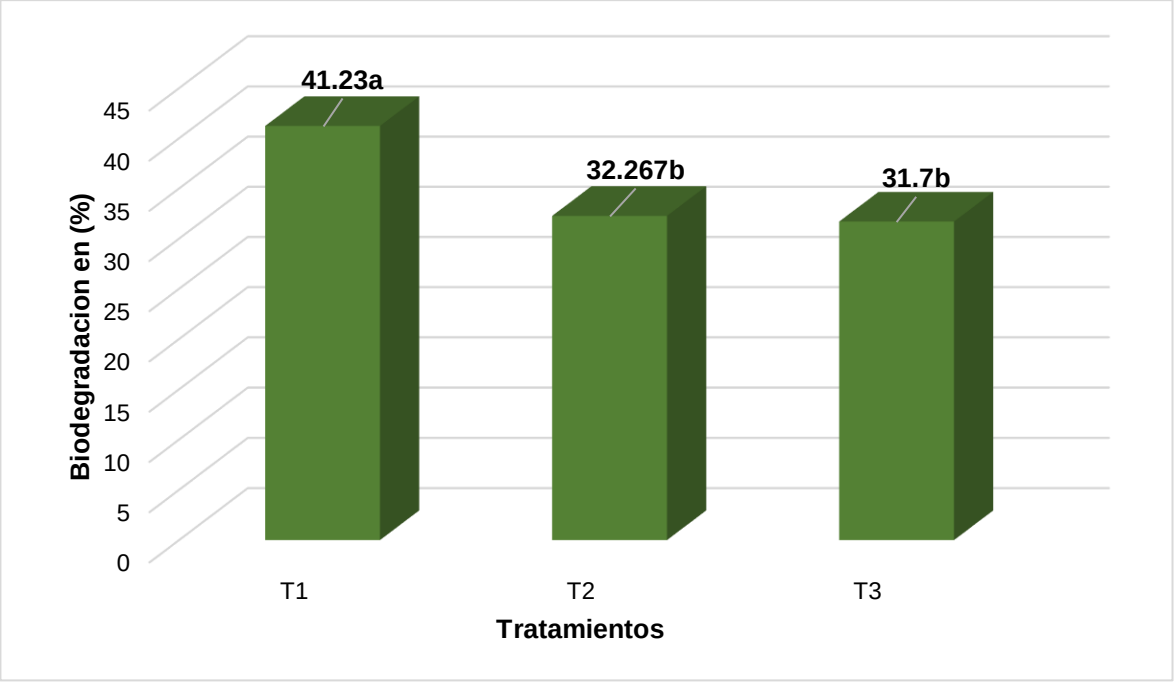
Grado de biodegradación del aserrín de tres especies a los 45 días a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter según la prueba de promedios de Tukey.

Tratamiento	Biodegradación en (%)	Significancia
T_1 (Aserrín de lupuna).	41.23	a
T_2 (Aserrín de bolaina).	32.27	b
T_3 (Aserrín de capirona).	31.70	b

De acuerdo a los datos obtenidos en la prueba múltiplo de Tukey como se observa en la **Tabla *9***, se pudo determinar que el T_1 (Aserrín de Lupuna blanca), presentó el mayor porcentaje de biodegradación con 41.23%, presentando diferencias significativas con el T_2 (Aserrín de Bolaina) y el T_3 (Aserrín de Capirona), quienes no presentaron diferencias significativas, siendo el porcentaje de biodegradación de 32.27% y 31.70% respectivamente.

Figura 14

Nivel de biodegradación de aserrín de tres especies a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter según la prueba de promedios de Tukey.



4.2.1. Grado de biodegradación de aserrín de Lupuna Blanca

Tabla 10

Grado de biodegradación de aserrín de Lupuna blanca a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter por variación del tiempo en días.

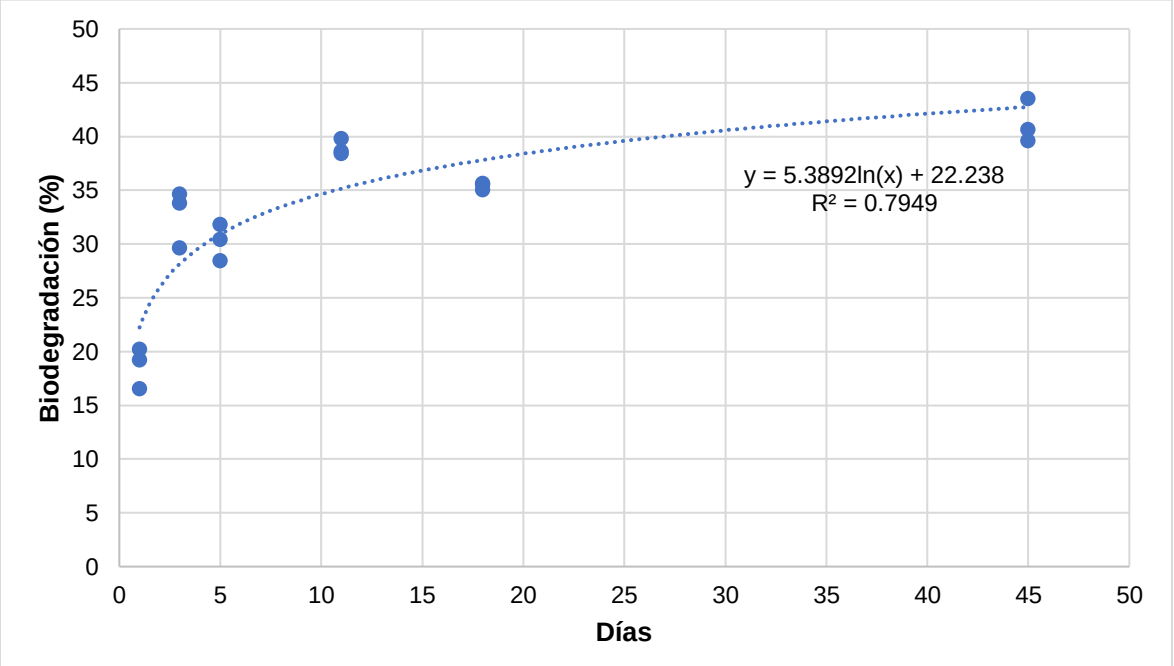
Especies forestales por densidad	Tiempo (Días)	R1	R2	R3	Promedio de biodegradación
LUPUNA BLANCA (Densidad Baja)	1	19.20%	20.20%	16.50%	18.63%
	3	33.80%	34.60%	29.60%	32.67%
	5	31.80%	28.40%	30.40%	30.20%
	11	38.40%	38.60%	39.80%	38.93%
	18	35.60%	35.00%	35.50%	35.37%
	45	40.60%	39.60%	43.50%	41.23%

La **Tabla *10***, muestra el grado de biodegradación de aserrín de *ceiba pentandra* (Lupuna blanca) a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter por variación del tiempo en días el modelo matemático que representa el coeficiente de regresión de la biodegradación y el tiempo en días es representado por la ecuación y = 5.3892ln(x) + 22.238, donde el tiempo en días es b= 5.389 lo que indica que la biodegradación por día se incrementa a razón de 5.389%.

4.2.1.1. Nivel de relación entre la biodegradación del aserrín de Lupuna blanca y los días.

Figura 15

Diagrama de dispersión de la degradación de la Lupuna blanca en días.



La **Figura *15***, muestra el análisis de los datos de dispersión de la relación entre el tiempo de degradación en días y el grado de biodegradación de aserrín de la Lupuna blanca en porcentaje a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter, donde se determinó que existe un coeficiente de determinación

de R^2= 0.7949 entre ambas variables, este último indicador estadístico nos indica que el valor de la variable respuesta es explicado por el 79.49% de los tratamientos estudiados, mientras un 20.51% de los datos son afectados por otros factores, tal como se observa en el grafico representado por el modelo matemático y = 5.3892ln(x) + 22.238.

Tabla 11

Nivel de relación entre el grado de biodegradación de aserrín de la Lupuna blanca a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter y el tiempo en días.

Relación	R	R2	Ecuación	Probabilidad	Significancia
Biodegradación en días	0.686	0.7949	y = 5.3892ln(x) + 22.238	0.002	**

**La correlación es altamente significativa al nivel 0.01 (bilateral).

La **Tabla *11***, muestra el análisis de los datos entre el grado de biodegradación de aserrín de la Lupuna blanca por bacterias ruminales del género Fibrobacter y el tiempo en días, donde se estableció que existe una correlación altamente significativa con un índice de correlación de Pearson de 0.686, y una probabilidad de 0.002, estos datos nos indican que existe una relación altamente significativa entre la biodegradación de aserrín de la Lupuna blanca a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter y el tiempo en días, a mayor tiempo existirá una mayor biodegradación del aserrín de lupuna blanca, no es constante, siendo la biodegradación más acelerado hasta los primeros 10 días, luego se hace constante de manera ascendente.

4.2.2. Grado de biodegradación de aserrín de Bolaina Blanca

Tabla 12

Grado de biodegradación de aserrín de la Bolaina Blanca a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter por variación del tiempo en días.

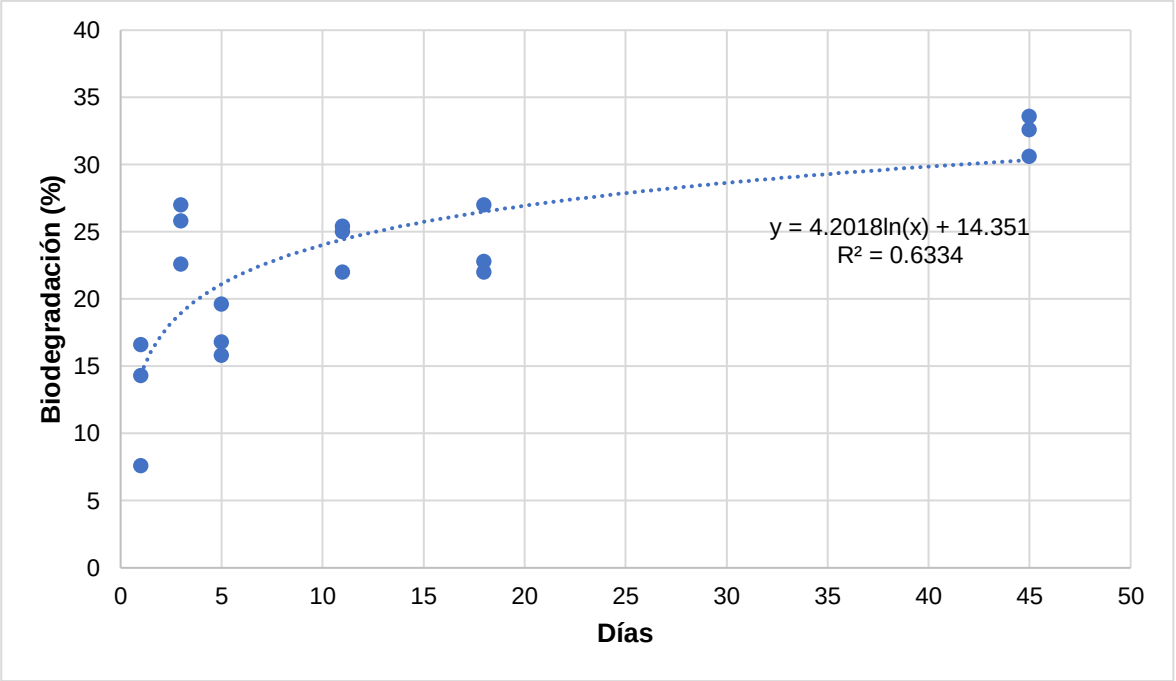
Especies forestales por densidad	Tiempo (Días)	R1	R2	R3	Promedio de biodegradación
BOLAINA BLANCA (Densidad media)	1	14.30%	16.60%	7.60%	12.83%
	3	25.80%	22.60%	27.00%	25.13%
	5	15.80%	16.80%	19.60%	17.40%
	11	22.00%	25.40%	25.00%	24.13%
	18	22.80%	22.00%	27.00%	23.93%
	45	32.60%	33.60%	30.60%	32.27%

La **Tabla *12***, muestra el grado de biodegradación de aserrín de *Guazuma crinita C. Martius* (bolaina blanca) a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter por variación del tiempo en días el modelo matemático que representa el coeficiente de regresión de la biodegradación y el tiempo en días es representado por la ecuación y = 4.2018ln(x) + 14.351, donde el tiempo en días es b= 4.201 lo que indica que la biodegradación por día se incrementa a razón de 4.201%.

4.2.2.1. Nivel de relación entre la biodegradación del aserrín de bolaina blanca y los días.

Figura 16

Diagrama de dispersión de la degradación de la Bolaina blanca en días.



La **Figura *16***, muestra el análisis de los datos de dispersión del nivel de relación entre el grado de biodegradación de aserrín de la Bolaina blanca a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter y el tiempo en días, se determinó que existe un coeficiente de determinación de R^2= 0.6334 entre ambas variables, este último indicador estadístico nos indica que el valor de la variable respuesta es explicado por el 63.34% de los tratamientos estudiados, mientras un 36.66% de los datos no presenta una relación y son afectados por otros factores que no son manejados directamente por el investigador, tal como se observa en el grafico representado por el modelo matemático y = 4.2018ln(x) + 14.351.

Tabla 13

Nivel de relación entre el grado de biodegradación de aserrín de la Bolaina blanca a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter y el tiempo en días.

Relación	R	R2	Ecuación	Probabilidad	Significancia
Biodegradación en días	0.758	0.6334	y = 4.2018ln(x) + 14.351	0.00	**

**La correlación es altamente significativa al nivel 0.01(bilateral)

Al efectuar el análisis de los datos tal como se observa en la **Tabla *13***, se estableció que existe una correlación significativa con un índice de correlación de Pearson de 0.758, y una probabilidad de 0.00, estos datos nos indican que existe una relación altamente significativa entre la biodegradación de aserrín de la Bolaina blanca a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter y el tiempo en días, a mayor tiempo existirá una mayor biodegradación del aserrín de Bolaina blanca, no es constante, siendo la biodegradación más acelerado hasta los primeros 10 días, luego se hace constante de manera ascendente.

4.2.3. Grado de biodegradación de aserrín de Capirona

Tabla 14

Grado de biodegradación de aserrín de la Capirona a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter por variación del tiempo en días.

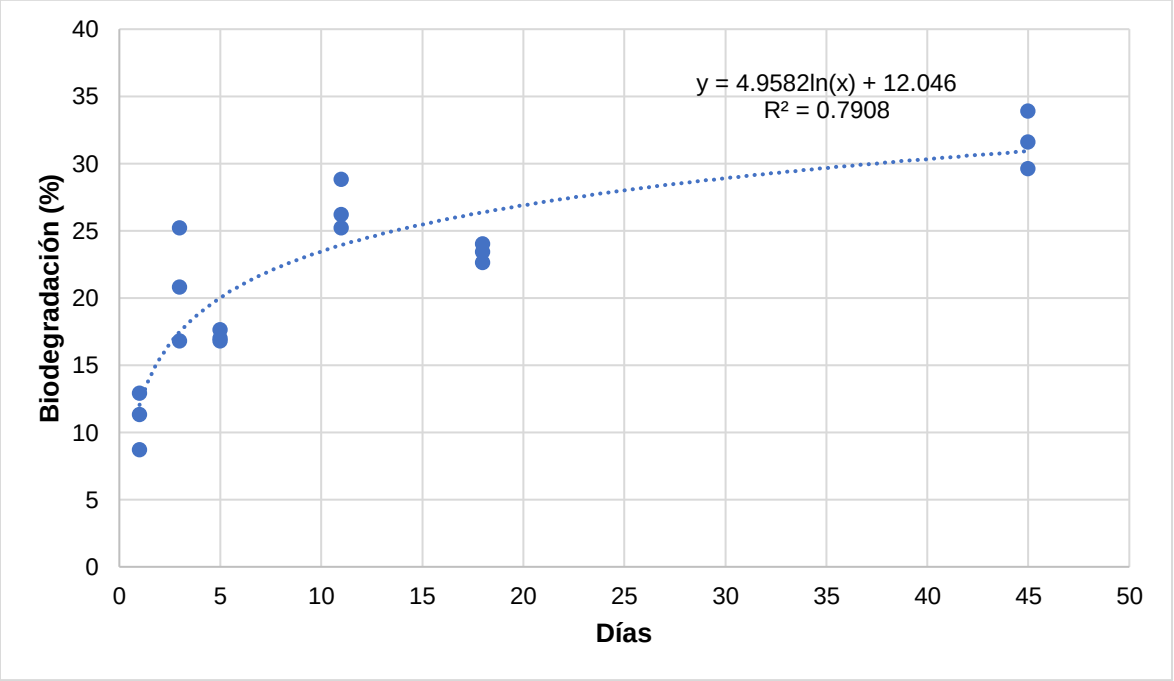
Especies forestales por densidad	Tiempo (Días)	R1	R2	R3	Promedio de biodegradación
CAPIRONA (Densidad alta)	1	8.70%	11.30%	12.90%	10.97%
	3	16.80%	20.80%	25.20%	20.93%
	5	16.80%	17.60%	17.00%	17.13%
	11	28.80%	25.20%	26.20%	26.73%
	18	24.00%	23.40%	22.60%	23.33%
	45	29.60%	31.60%	33.90%	31.70%

La **Tabla *14***, muestra el grado de biodegradación de aserrín de *Calycophyllum spruceanum Benth* (Capirona) a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter por variación del tiempo en días el modelo matemático que representa el coeficiente de regresión de la biodegradación y el tiempo en días es representado por la ecuación y = 4.9582ln(x) + 12.046, donde el tiempo en días es b= 4.958 lo que indica que la biodegradación por día se incrementa a razón de 4.958%.

4.2.3.1. Nivel de relación entre la biodegradación del aserrín de capirona y los días

Figura 17

Diagrama de dispersión de la degradación de la capirona en días.



La **Figura 17**, muestra el análisis de los datos de dispersión del nivel de relación entre el grado de biodegradación de aserrín de capirona a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter y el tiempo en días, donde se determinó

que existe un coeficiente de determinación de R^2= 0.7908 entre ambas variables, este último indicador estadístico nos indica que el valor de la variable respuesta es explicado por el 79.08% de los tratamientos estudiados, mientras un 20.92% de los datos no presenta una relación y son afectados por otros factores que no son manejados directamente por el investigador, tal como se observa en el grafico representado por el modelo matemático y = 4.9582ln(x) + 12.046.

Tabla 15

Nivel de relación entre el grado de biodegradación de aserrín de la capirona a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter y el tiempo en días.

Relación	R	R2	Ecuación	Probabilidad	Significancia
Biodegradación en días	0.803	0.7908	y = 4.9582ln(x) + 12.046	0.00	**

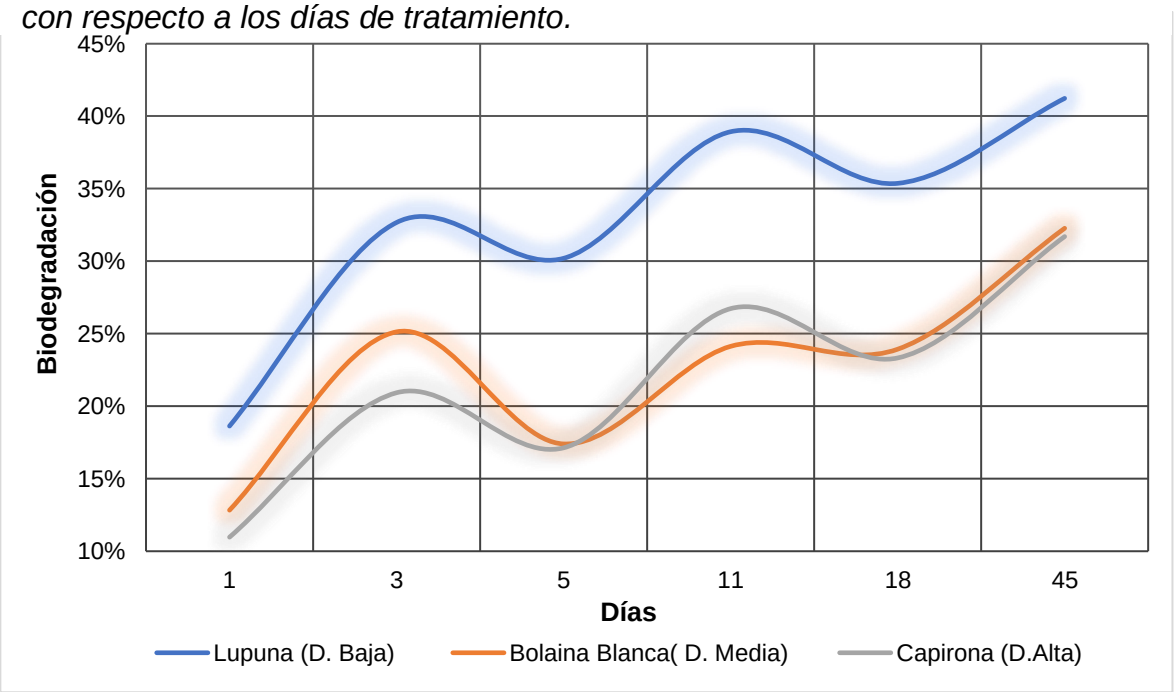
** La correlación es altamente significativa al nivel 0.01 (bilateral).

Al efectuar el análisis de los datos tal como se observa en la **Tabla *15***, se estableció que existe una correlación significativa con un índice de correlación de Pearson de 0.803, y una probabilidad de 0.00, estos datos nos indican que existe una relación altamente significativa entre la biodegradación de aserrín de la capirona a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter y el tiempo en días, a mayor tiempo existirá una mayor biodegradación del aserrín de capirona, no es constante, siendo la biodegradación más acelerado hasta los primeros 10 días, luego se hace constante de manera ascendente.

4.2.4. Tendencia de la biodegradación de las tres especies forestales.

Figura 18

Comparación de la tendencia de biodegradación de las tres especies forestales con respecto a los días de tratamiento.



La **Figura 18** , se evidencia la variación del grado de biodegradación de las tres especies forestales. Con respecto al tiempo de biodegradación, se observa que la especie de lupuna blanca obtuvo el mayor grado de biodegradación con un 41.23% en un tiempo de 45 días, seguido por la especie de Bolaina Blanca que obtuvo un 32.27% de degradación en un tiempo de 45 días y la especie de Capirona obtuvo un 31.70% de degradación en un tiempo de 45 días.

En referencia al estudio realizado por Guerrero (2011), donde obtuvo un rango del 4.3% al 6.2 % de degradación del aserrín de madera con bacterias aisladas ruminales en 72 horas, los resultados obtenidos en esta investigación son inferiores a los valores de biodegradación. Además, Lennox y otros (2010) probaron la capacidad de degradar aserrín de la bacteria, donde obtuvo una degradación en un rango de 7.7% al 18.3% de degradación del aserrín en un

tiempo de 30 días. Sin embargo, Mateo y otros (2002), evaluaron la eficiencia para degradar aserrín mediante Bacterias ruminales degradadoras de aserrín (BRDA) y un cultivo de bacterias ruminales totales (BRT), donde obtuvo una degradación de 10% a 2.9% de degradación. Esto corrobora el descubrimiento de Godliving y Yoshitoshi (2002), de que las bacterias degradan el aserrín de madera. Focher y otros (1991), También reportaron la reducción en el contenido de carbono del aserrín cuando se someten a degradación microbiana.

Sin embargo, Mora, y otros (2006), indica que el efecto de las bacterias sobre la madera es variado, ya que se detectó un aumento en la permeabilidad, como resultado de la degradación de las membranas de las punteaduras, también se ha reconocido la capacidad enzimática para degradar la pared celular; algunas poseen la facultad de atacar maderas que han sido tratadas químicamente con preservantes. En general, se considera que el efecto del ataque de las bacterias sobre la madera es mucho menor que el de los hongos, sin embargo, un ataque bacterial condiciona la madera para la sucesión microbial. Algunos géneros de importancia en la microbiología de la madera son Bacillus, Pseudomonas, Flavobacterium y Brevibacterium.

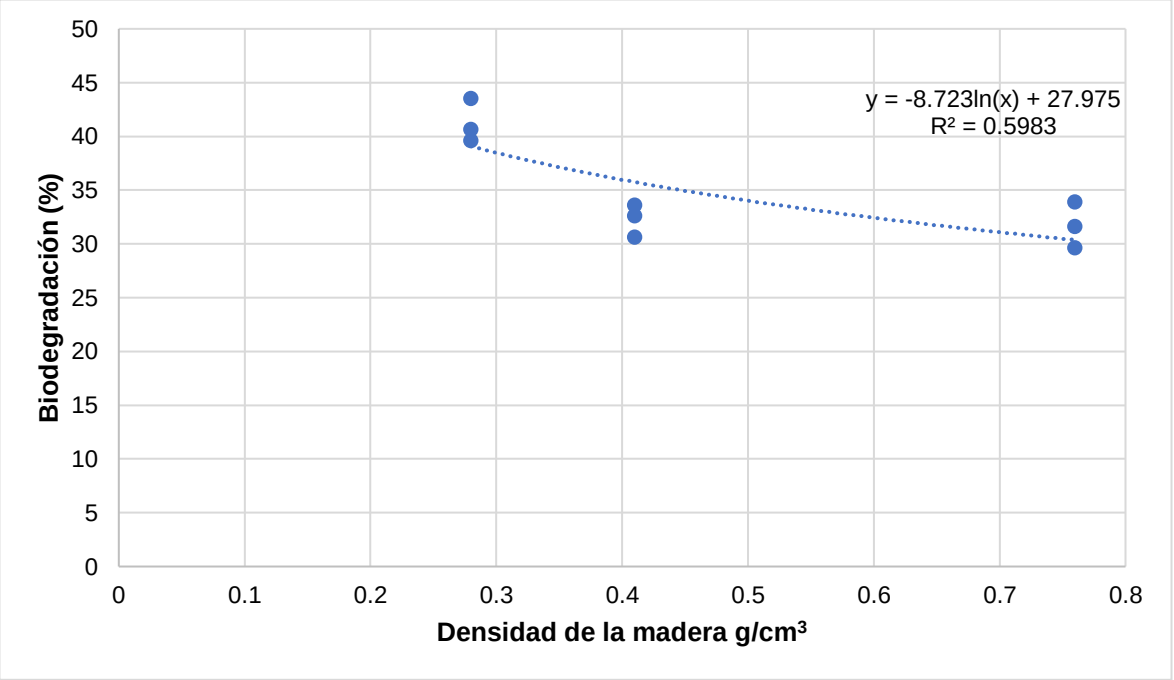
Otros estudios como el de Credo (2019), donde para la biodegradación utilizaron grupos de microorganismo compuestos por hongos y bacterias, donde obtuvieron eficiencias de degradación de la lignina de aserrín de la Calycophyllum spruceanum (Capirona) en el tratamiento con humedad de 10 a 30 % con inoculación de hongos siendo 1.3588% de lignina, mientras que el aserrín de Guazuma crinita (Bolaina) se obtuvo 14.0769% de lignina del tratamiento con humedad de 10 a 30 % con inoculo de hongos. La eficiencia en degradación de celulosa del aserrín de Calycophyllum spruceanum (Capirona) se obtuvo un

38.7430% de celulosa en el tratamiento de humedad de 10 a 30 % con inoculo de hongos, en el aserrín de Guazuma crinita (Bolaina) se obtuvo 45.6474% de Celulosa en el tratamiento de humedad de 30 a 60 % con inoculo de hongos. Siendo similares en degradación porcentual a la aplicación de las bacterias rúmiales, donde obtuvimos valores de un 15 a 40 % respectivamente según la especie. Mateo y otros (2002), comparó la eficiencia para degradar aserrín o alfalfa entre BRDA (bacterias ruminales degradadoras de aserrín) y un cultivo de bacterias ruminales totales (BRT). La eficiencia para degradar aserrín de las BRDA fue superior ($p<0.05$) al del cultivo de BRT, después de 72 h de incubación (10.0 vs 2.9%). En contraste, la degradación de alfalfa fue mayor ($p<0.05$) con el cultivo de BRT (59.7 vs 22.1%).

4.2.5. Nivel de relación entre la densidad básica de la madera y el porcentaje de biodegradación.

Figura 19

Diagrama de dispersión de la biodegradación con respecto a la relación de la densidad de las tres especies forestales.



La **Figura 19**, muestra el nivel de relación y correlación entre la densidad básica de la madera y el porcentaje de biodegradación, donde se determinó que existe un coeficiente de determinación de R^2= 0.5983 entre ambas variables, este último indicador estadístico nos indica que el valor de la variable respuesta es explicado por el 59.83% de los tratamientos estudiados, mientras un 40.17% de los datos no presenta una relación y son afectados por otros factores que no son manejados directamente por el investigador, tal como se observa en el grafico representado por el modelo matemático y = -8.723ln(x) + 27.975.

Tabla 16

Nivel de relación entre el grado de biodegradación de aserrín y la densidad básica de madera de tres especies forestales.

Relación	R	R2	Ecuación	Probabilidad	Significancia
Biodegradación en días	-0.702	0.5983	y = -8.723ln(x) + 27.975	0.035	*

*La correlación es significativa al nivel 0.05 (bilateral).

Al efectuar el análisis de los datos tal como se observa en la **Tabla *16***, se estableció que existe una correlación significativa e inversa con un índice de correlación de Pearson de -0.702, y una significancia de 0.035, estos datos nos indican que existe una relación significativa e inversa entre la densidad básica de la madera y la biodegradación de la madera, a mayor densidad básica menor biodegradación.

4.3. Contenido nutricional del aserrín biodegradado por bacterias ruminales del género Fibrobacter para la obtención de abono orgánico.

4.3.1. Contenido nutricional del nitrógeno a partir del aserrín biodegradado por bacterias ruminales del género Fibrobacter para la obtención de abono orgánico.

Tabla 17

Contenido Nutricional de nitrógeno del aserrín degradado por bacterias ruminales del género Fibrobacter.

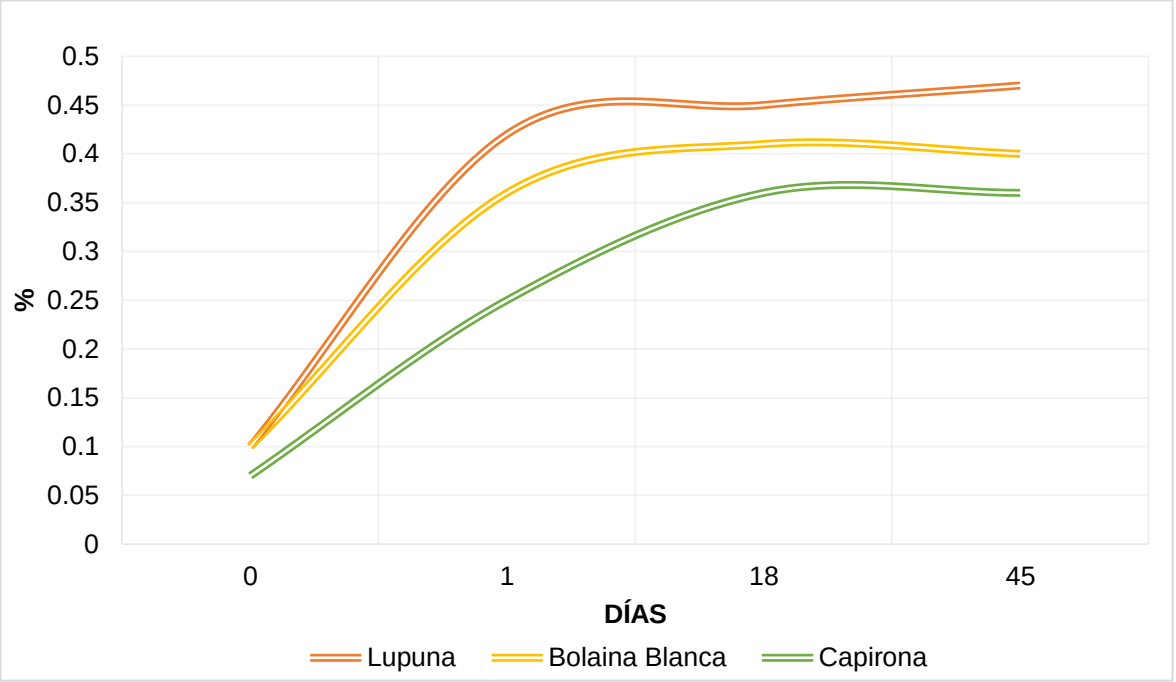
ESPECIES FORESTALES POR DENSIDAD	TIEMPO (DÍAS)	NITRÓGENO EN (%)
Densidad baja (Lupuna blanca)	0*	0.1
	1	0.42
	18	0.45
	45	0.47
Diferencia		0.37 (78.72%)
Densidad media (Bolaina Blanca)	0*	0.1
	1	0.36
	18	0.41
	45	0.4
Diferencia		0.3 (75%)
Densidad alta (Capirona)	0*	0.07
	1	0.25
	18	0.36
	45	0.36
Diferencia		0.29 (80.55%)
***Aserrín puro**		

La **Tabla *17*,** se muestra que el contenido nutricional de las especies forestales estudiadas, en la cual se obtuvo a los 45 días de tratamiento un 0.47 % de nitrógeno, 0.4% de fosforo y 1.38% de potasio en la especie Lupuna blanca (*Ceiba pentandra*) y comúnmente se utiliza al aserrín como parte del sustrato para obtener un abono o fertilizante, como es el caso de Garzon y otros (2005), quien

uso el aserrín y acículas como sustrato de germinación y crecimiento de quercus humboldtii (roble), Aserrín 70% - tierranegra 30% y acículas 50% - tierra negra 50%, presentaron los mayores valores en germinación. Hang y otros (2015), evaluaron el efecto de dos proporciones de estructurante (aserrín-viruta) y estiércol de feedlot (1:1 y 2:1) en la eficiencia del proceso y la calidad del producto final en pilas con volteos al aire libre.

Figura 20

Variación del nitrógeno en las 3 especies de aserrín.

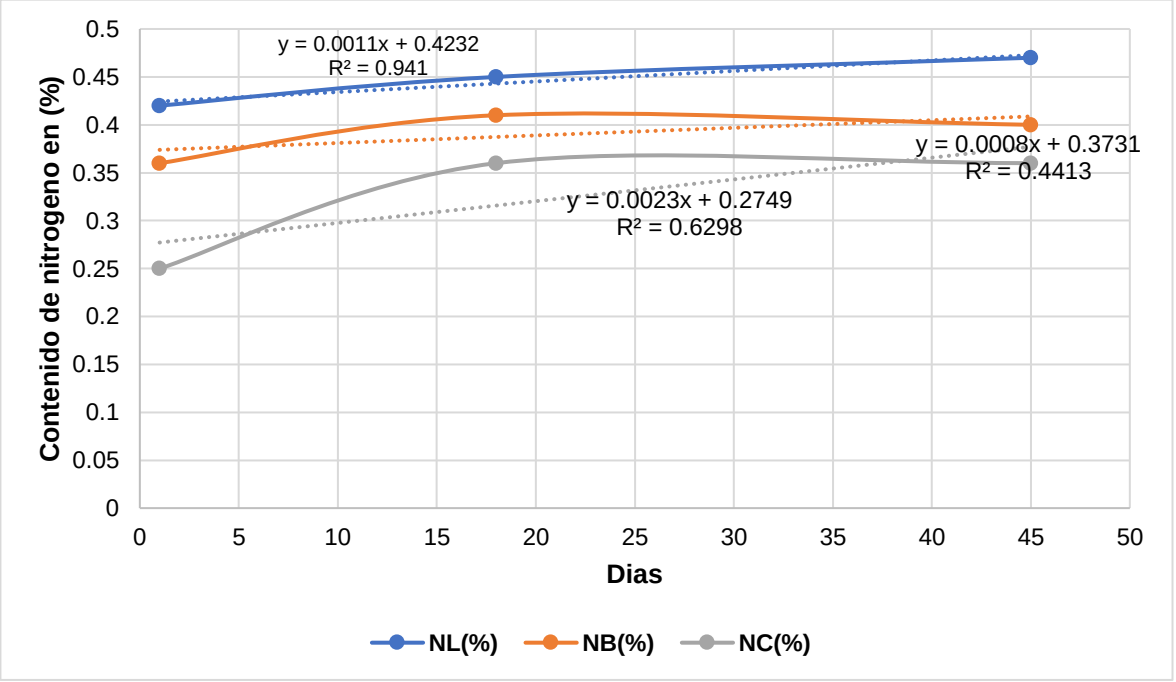


La **Figura 20**, se aprecia la variación de nitrógeno en los tratamientos de aserrín con bacterias ruminales del género Fibrobacter. El tratamiento aplicado en aserrín de Lupuna blanca, inicialmente presentó en aserrín puro una concentración media de nitrógeno de 0.1% y a los 45 días de aplicarse el tratamiento la concentración fue de 0.47%, existiendo una diferencia del 78.72 % de nitrógeno en una tendencia al alza de la concentración. Sin embargo, el tratamiento aplicado en

aserrín de Bolaina presentó inicialmente en aserrín puro una concentración media de nitrógeno de 0.1% y a los 45 días de aplicarse el tratamiento la concentración

Figura 21

Gráfico de dispersión del contenido de nitrógeno de las tres especies en días.



fue de 0.4%, existiendo una diferencia del 75% de nitrógeno en una tendencia de alza de la concentración. Asimismo, el tratamiento aplicado en aserrín de Capirona inicialmente presentó en aserrín puro una concentración media de nitrógeno de 0.07% y a los 45 días de aplicarse el tratamiento la concentración fue de 0.36%, existiendo una diferencia del 80.55% de nitrógeno en una tendencia al alza de la concentración.

La **Figura 21**, muestra del análisis de dispersión de los datos del nivel de relación y correlación del contenido de nitrógeno de lupuna blanca, bolaina blanca y capirona en días, donde se determinó que existe un coeficiente de determinación de R^2= 0.941, R^2= 0.4413 Y R^2=0.6298 respectivamente entre ambas variables, este último indicador estadístico nos indica que el valor de la variable respuesta es

explicado por el 94.10%, 44.13% y 62.98% respectivamente de los tratamientos estudiados, mientras un 5.9%, 55.87 y 37.02 respectivamente de los datos no presenta una relación y son afectados por otros factores que no son manejados directamente por el investigador, tal como se observa en el grafico representado por el modelo matemático y =0.0011x+0.4232; y = 0.0008x + 0.3731; y = 0.0023x + 0.2749.

Tabla 18

Nivel de relación entre el contenido de nitrógeno de las tres especies con respecto a los días.

Relación	R	R2	Ecuación	Probabilidad	Significancia
Nitrógeno vs días de biodegradación Lupuna blanca	0.602	0.941	y=0.0011x+ 0.4232	0.398	NS
Nitrógeno vs días de biodegradación Bolaina	0.586	0.4413	y = 0.0008x + 0.3731	0.414	NS
Nitrógeno vs días de biodegradación Capirona	0.729	0.6298	y = 0.0023x + 0.2749	0.271	NS

Al efectuar el análisis de los datos del contenido de nitrógeno y días de biodegradación de la Lupuna blanca, Bolaina Blanca y Capirona tal como se observa en la **Tabla *18***, se estableció que existe una correlación positiva y fuerte con un índice de correlación de Pearson de 0.602*, 0.586, 0.729 respectivamente, estos datos nos indican que no existe una relación significativa entre el contenido de nitrógeno en días y la biodegradación del aserrín de cada especie.

4.3.2. Contenido nutricional del fosforo a partir del aserrín biodegradación por bacterias ruminales del género Fibrobacter para la obtención de abono orgánico.

Tabla 19

Contenido Nutricional de fósforo del aserrín degradado por bacterias ruminales del género Fibrobacter.

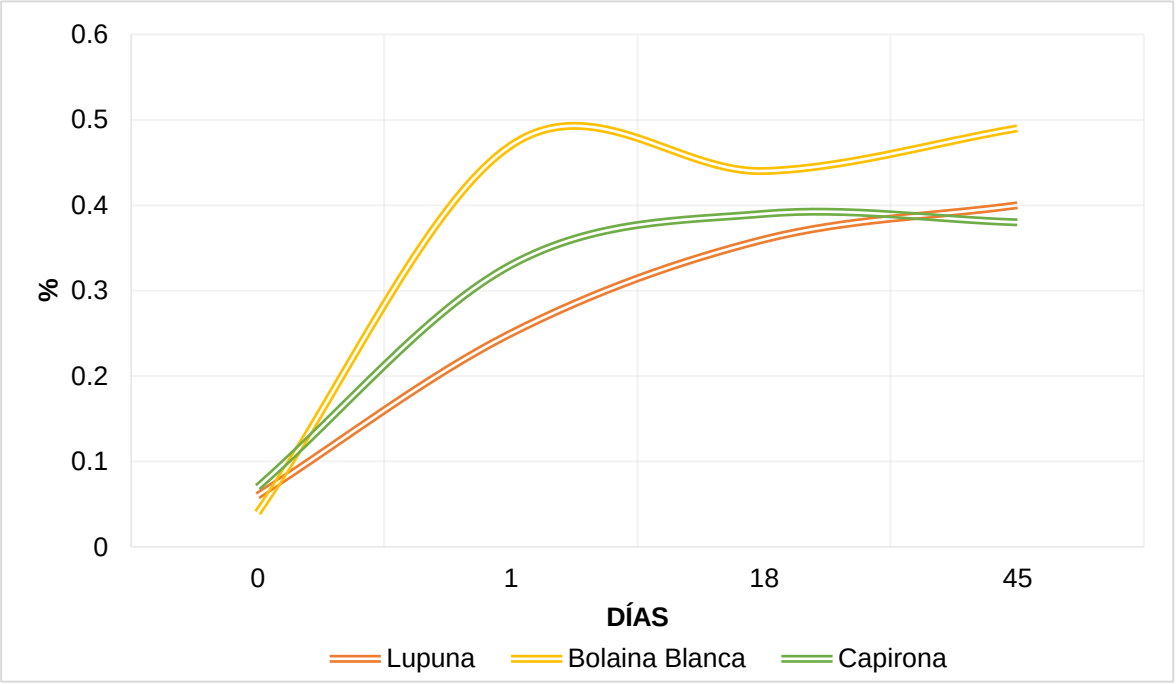
ESPECIES FORESTALES POR DENSIDAD	TIEMPO (DÍAS)	FÓSFORO EN (%)
Densidad baja (Lupuna blanca)	0*	0.06
	1	0.25
	18	0.36
	45	0.4
Diferencia		0.34 (85%)
Densidad media (Bolaina Blanca)	0*	0.04
	1	0.47
	18	0.44
	45	0.49
Diferencia		0.45 (91.83%)
Densidad alta (Capirona)	0*	0.07
	1	0.33
	18	0.39
	45	0.38
Diferencia		0.31 (81.57%)

***Aserrín puro**

La **Tabla *19*,** muestra que el contenido nutricional de las especies forestales estudiadas, en la cual se obtuvo a los 45 días de tratamiento un 0.4% de nitrógeno, 0.49 de fósforo y 1.39% de potasio en la especie de Bolaina Blanca (*Guazuma crinita C. Matius*)

Figura 22

Variación de fósforo en las 3 especies de aserrín.

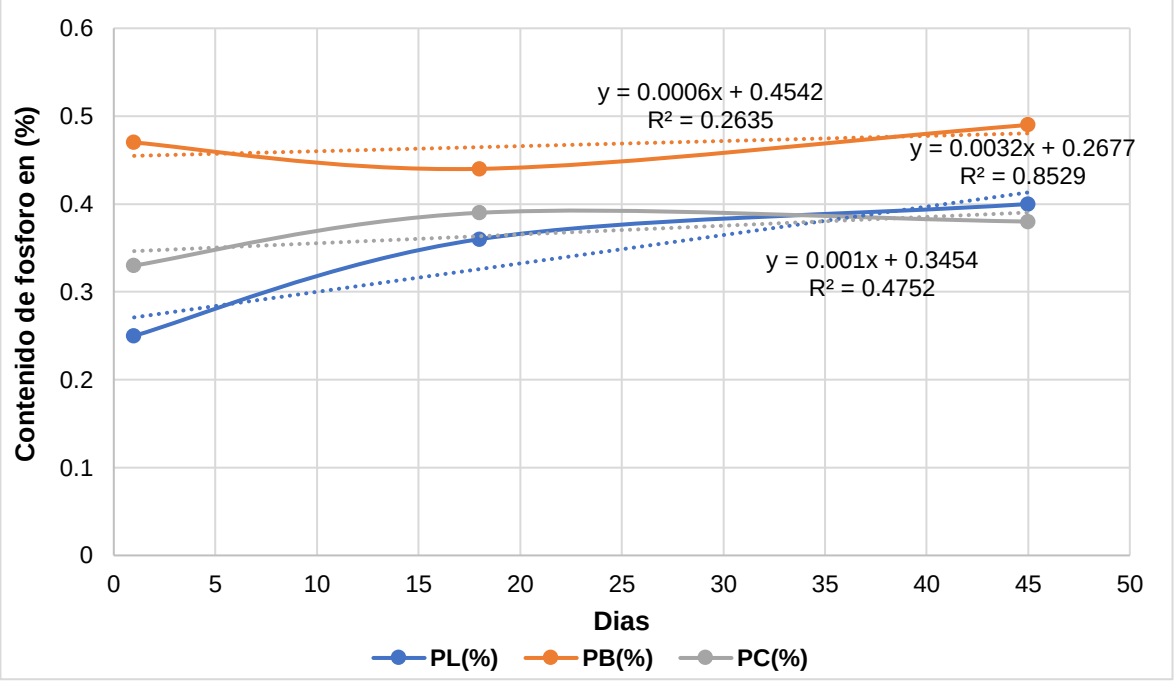


La **Figura 22**, muestra la variación de fósforo en los tratamientos de aserrín con bacterias ruminales del género Fibrobacter. El tratamiento aplicado en aserrín de Lupuna blanca inicialmente presentó en aserrín puro una concentración media de fósforo de 0.06% y a los 45 días de aplicarse el tratamiento la concentración fue de 0.4%, existiendo una diferencia del 85% de fósforo en una tendencia al alza de la concentración. Por otra parte, la variación de fósforo en los tratamientos de aserrín con bacterias ruminales del género Fibrobacter, el tratamiento aplicado en aserrín de Bolaina inicialmente presentó en aserrín puro una concentración media de fósforo de 0.04% y a los 45 días de aplicarse el tratamiento la concentración fue

de 0.49%, existiendo una diferencia del 91.83% de fósforo en una tendencia al alza de la concentración. Asimismo, el tratamiento aplicado en aserrín de Capirona inicialmente presentó en aserrín puro una concentración media de fósforo de 0.07% y a los 45 días de aplicarse el tratamiento a concentración fue de 0.38%, existiendo una diferencia del 81.57% de fosforo en una tendencia al alza de la concentración.

Figura 23

Gráfico de dispersión del contenido de fosforo de las tres especies en días.



La **Figura 23**, muestra del análisis de dispersión de los datos del nivel de relación y correlación del contenido de fosforo de lupuna blanca, bolaina blanca y capirona en días, donde se determinó que existe un coeficiente de determinación de R^2= 0.2635, R^2= 0.8529 Y R^2=0.4752 respectivamente entre ambas variables, este último indicador estadístico nos indica que el valor de la variable respuesta es explicado por el 26.35%, 85.29% y 47.52% respectivamente de los tratamientos estudiados, mientras un 73.65%, 14.71% y 52.48% respectivamente de los datos

no presenta una relación y son afectados por otros factores que no son manejados directamente por el investigador, tal como se observa en el grafico representado por el modelo matemático y = 0.0006x + 0.4542; y = 0.0032x + 0.2677; y = 0.001x + 0.3454.

Tabla 20

Nivel de relación entre el contenido de fósforo de las tres especies con respecto a los días.

Relación	R	R2	Ecuación	Probabilidad	Significancia
Fósforo vs días de biodegradación Lupuna blanca	0.793	0.2635	y = 0.0006x + 0.4542	0.207	NS
Fósforo vs días de biodegradación Bolaina	0.547	0.8529	y = 0.0032x + 0.2677	0.453	NS
Fósforo vs días de biodegradación Capirona	0.603	0.4752	y = 0.001x + 0.3454	0.397	NS

Al efectuar el análisis de los datos del contenido de fosforo y días de biodegradación de la Lupuna blanca, Bolaina Blanca y Capirona tal como se observa en la **Tabla *20***, se estableció que no existe una correlación positiva con un índice de correlación de Pearson de 0.793*, 0.547, 0.603 respectivamente, estos datos nos indican que no existe una relación significativa entre el contenido de fosforo en días y la biodegradación del aserrín de cada especie.

4.3.3. Contenido nutricional del potasio a partir del aserrín biodegradado por bacterias ruminales del género Fibrobacter para la obtención de abono orgánico.

Tabla 21

Contenido Nutricional de potasio del aserrín degradado por bacterias ruminales del género Fibrobacter.

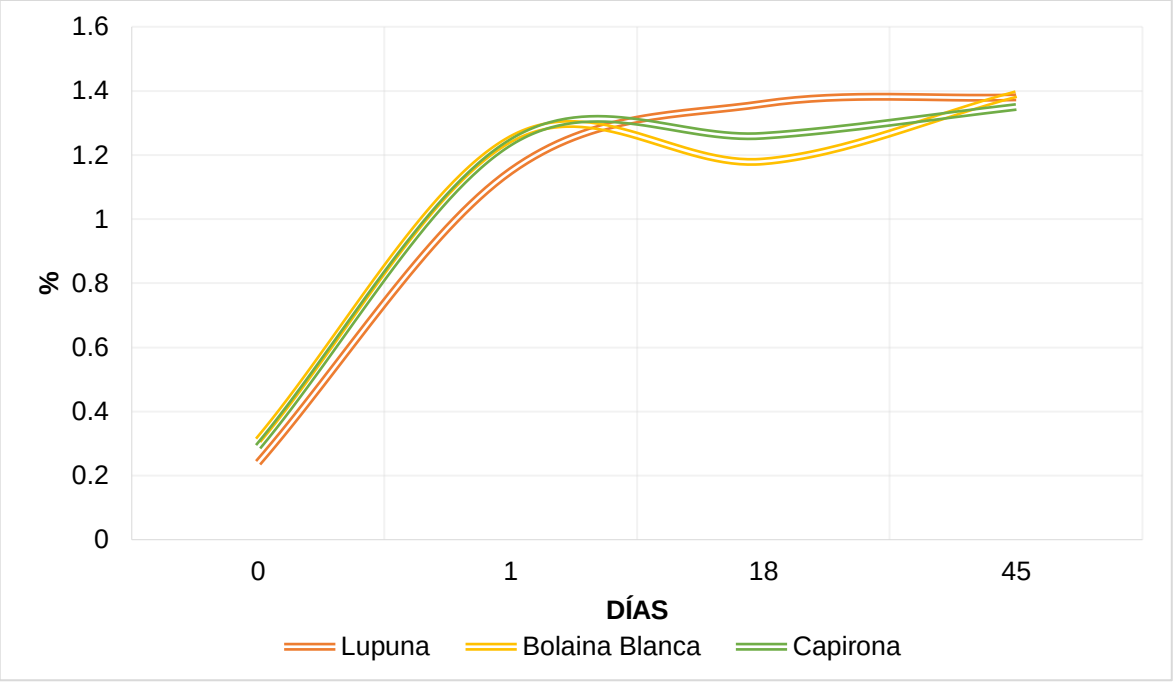
ESPECIES FORESTALES POR DENSIDAD	TIEMPO (DÍAS)	POTASIO EN (%)
Densidad baja (Lupuna blanca)	0*	0.24
	1	1.15
	18	1.36
	45	1.38
Diferencia		1.14 (82.60%)
Densidad media (Bolaina Blanca)	0*	0.31
	1	1.25
	18	1.18
	45	1.39
Diferencia		1.08 (77.69%)
Densidad alta (Capirona)	0*	0.29
	1	1.24
	18	1.26
	45	1.35
Diferencia		1.06(78.51%)

***Aserrín puro**

La **Tabla 21,** muestra que el contenido nutricional de las especies forestales estudiadas, en la cual se obtuvo a los 45 días de tratamiento un 0.36% de nitrógeno, 0.38% de fósforo y 1.35% de potasio en la especie de Capirona (*Calycophyllum Spruceanum Benth)*.

Figura 24

Variación del potasio en las 3 especies de aserrín.

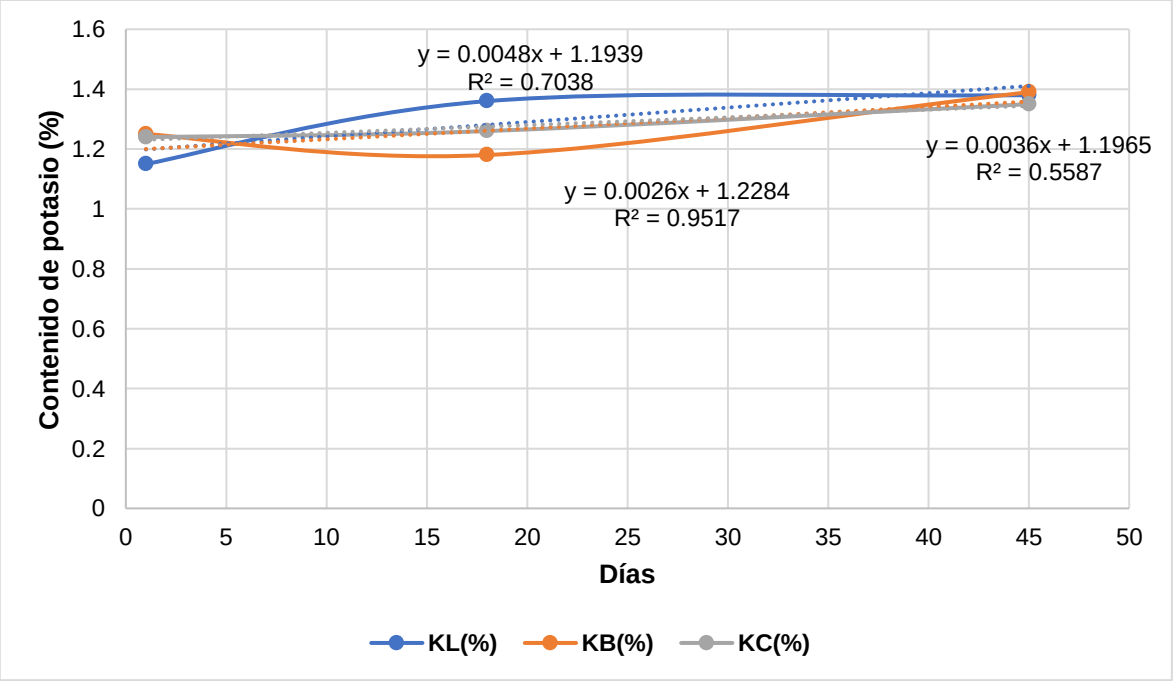


La **Figura 24**, muestra la variación de potasio en los tratamientos de aserrín con bacterias ruminales del género Fibrobacter. El tratamiento aplicado en aserrín de Lupuna blanca inicialmente presentó en aserrín puro una concentración media de potasio de 0.24% y a los 45 días de aplicarse el tratamiento la concentración fue de 1.38%, existiendo una diferencia del 82.60% de potasio en una tendencia al alza de la concentración. Por otra parte, el tratamiento aplicado en aserrín de Bolaina Blanca inicialmente presentó en aserrín puro una concentración media de potasio de 0.31% y a los 45 días de aplicarse el tratamiento la concentración fue de 1.39%, existiendo una diferencia del 77.69% de potasio en una tendencia al alza de la concentración. En ese mismo contexto, se aprecia la variación de potasio en

los tratamientos de aserrín con bacterias ruminales del género Fibrobacter, el tratamiento aplicado en aserrín de Capirona inicialmente presentó en aserrín puro una concentración media de potasio de 0.29% y a los 45 días de aplicarse el tratamiento la concentración fue de 1.35%, existiendo una diferencia del 78.51% de potasio en una tendencia al alza de la concentración.

Figura 25

Gráfico de dispersión del contenido de potasio de las tres especies en días.



La **Figura 25**, muestra del análisis de dispersión de los datos del nivel de relación y correlación del contenido de potasio de lupuna blanca, bolaina blanca y capirona en días, donde se determinó que existe un coeficiente de determinación de R^2= 0.7038, R^2= 0.5587 Y R^2=0.9517 *respectivamente* entre ambas variables, este último indicador estadístico nos indica que el valor de la variable respuesta es explicado por el 70.38%, 55.87% y 95.17% respectivamente de los tratamientos estudiados, mientras un 29.62%, 44.13% y 4.83% respectivamente de los datos no presenta una relación y son afectados por otros factores que no son manejados

directamente por el investigador, tal como se observa en el grafico representado por el modelo matemático y = 0.0048x + 1.1939*;* y = 0.0036x + 1.1965*;* y = 0.0026x + 1.2284.

Tabla 22

Nivel de relación entre el contenido de potasio de las tres especies con respecto a los días.

Relación	R	R2	Ecuación	Probabilidad	Significancia
Potasio vs días de biodegradación Lupuna blanca	0.637	0.7038	y = 0.0048x + 1.1939	0.363	NS
Potasio vs días de biodegradación Bolaina	0.614	0.5587	y = 0.0036x + 1.1965	0.386	NS
Potasio vs días de biodegradación Capirona	0.586	0.9517	y = 0.0026x + 1.2284	0.414	NS

Al efectuar el análisis de los datos del contenido de potasio y días de biodegradación de la Lupuna blanca, Bolaina Blanca y Capirona tal como se observa en la **Tabla *22***, se estableció que no existe una correlación positiva con un índice de correlación de Pearson de 0.637*, 0.614, 0.586 respectivamente, estos datos nos indican que no existe una relación significativa entre el contenido de potasio en días y la biodegradación del aserrín de cada especie.

Tabla 23

Requerimiento de nutrientes por cultivos.

Cultivo	N Kg/Ha	P Kg/Ha	K Kg/Ha	Cantidad recomendado de abono
Arroz	50 -100	11-22	66-133	80 a 100 kg/ha Abono
Lupuna blanca	0.42 %/Kg 119 kg	0.25%/Kg 44 kg	1.15%/kg 57 kg	*No cumple
Bolaina Blanca	0.36 %/Kg 142 kg	0.47%/Kg 23 kg	1.25%/Kg 52.8 kg	*No cumple
Capirona	0.25%/Kg 200 kg	0.33%/Kg 33 kg	1.24%/Kg 53 kg	*No cumple
Maíz	72-120	16-22	45-100	45 a 90 kg/ha Abono
Lupuna blanca	0.42 %/Kg 171 kg	0.25%/Kg 64 kg	1.15%/kg 39 kg	*No cumple
Bolaina Blanca	0.35 %/Kg 205 Kg	0.47%/Kg 34 Kg	1.25%/Kg 36 Kg	*No cumple
Capirona	0.25%/Kg 288	0.33%/Kg 48	1.24%/Kg 36	*No cumple
Caña de azúcar	60-110	22-39	125-282	100 a 250 kg/ha Abono
Lupuna blanca	0.42 %/Kg 142	0.25%/Kg 88	1.15%/kg 108	*Cumple
Bolaina Blanca	0.35 %/Kg 171	0.47%/Kg 46	1.25%/Kg 100	*Cumple
Capirona	0.25%/Kg 240	0.33%/Kg 66	1.24%/Kg 100	*Cumple

*El cumplimiento se basa en las cantidades de nutrientes requeridos por el cultivo, si en promedio por kilogramo no supera la cantidad recomendada no cumple. Fuente: (FAO, 2002)

La **Tabla *23***, el requerimiento de nutrientes por cultivos, se compara las cantidades de nutrientes que requiere los tres cultivos más comunes en la región, si esta cantidad de nutriente que requiere el cultivo de abono de las diferentes especies de estudio supera la cantidad recomendada por la FAO (2002), la aplicación de este ya no sería viable por la gran cantidad de abono que se requeriría, existiendo alternativas con mayor viabilidad. En nuestro caso se puede apreciar que los bajos niveles de nitrógeno en los abonos de Lupuna blanca, Bolaina Blanca y Capirona es el factor que limita su viabilidad, ya que se requiere

una mayor cantidad a los recomendado por la FAO(2002) para los cultivos de Arroz; de igual manera el requerimiento de nutrientes para los cultivos de maíz, se tiene como limitante los bajos niveles de nitrógeno, requiriéndose una mayor cantidad a la recomendad por la FAO (2002), para los cultivos de maíz; a diferencia para los cultivos de caña de azúcar los tres abonos si cumplen con la cantidad recomendad por la FAO (2002), para que se aplique en los cultivos de caña de azúcar. Según Volverás (2020),indican que el un abono orgánico que se emplea para la fertilización en caña de azúcar, debe cumplir los niveles de nitrógeno de 1.8%, Fosforo del 3% y Potasio del 1,25%, en comparativa con los tratamientos de las diferentes especies de Lupuna blanca, Bolaina Blanca y Capirona no cumplen con estas condiciones de contenido de los principales nutrientes de Nitrógeno y Fosforo, en cambio el contenido de Potasio si está dentro de lo recomendad en el tratamiento de Bolaina blanca con un 1.25%. Los agricultores sostienen que el abono orgánico es importante porque incrementa el rendimiento, la calidad de la panela de caña de azúcar y sustituye fertilizantes minerales para disminuir costos de producción (Rangel, y otros, 2006). De acuerdo con Latief y otros (2010), la aplicación de fertilizantes orgánicos ha tenido favorable comportamiento comparado con el uso de fertilizantes químicos. sin embargo, es fundamental el uso equilibrado de insumos orgánicos, inorgánicos y biofertilizantes para mantener la armonía del ambiente físico, químico y biológico del suelo (Gopalasundaram y otros, 2012). No obstante, el abono orgánico / la materia orgánica por sí solo no es suficiente (y a menudo no es disponible en grandes cantidades) para lograr el nivel de producción que el agricultor desea. Los fertilizantes minerales tienen que ser aplicados adicionalmente. Aún en países en los cuales una alta proporción de desperdicios orgánicos se utiliza como abono y suministro de material orgánico, el

consumo de fertilizantes minerales se ha elevado constantemente (FAO, 2002). Por tal el aprovechamiento de residuos como el aserrín que se producen en grandes cantidades en la región, puede suplir esta necesidad de los agroquímicos y reducir la dependencia de estos. La base de datos de Perú en números del SERFOR estimo que el 2014 la producción de madera rolliza fue de 2,044 millones de m3 (FAO, 2018), teniendo en cuenta un rendimiento promedio general en madera aserrada por especie de 87,38%. Shapiama (2011), estima que el 13% restante es aserrín o residuos del aserrío, esto nos da un claro ejemplo del potencial de cantidades de residuos , solo tomando el 10% de estos tendríamos un cantidad aproximada de 200 millones de m3 de aserrín que podría ser convertido en abono orgánico, en la actualidad tenemos un crisis por los fertilizantes como lo menciona Suárez (2022), esto podría impactar hasta el 30% del costo de producción total de los cultivos de arroz y caña de azúcar corresponde a la compra de fertilizantes.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se pudo aprovechar el residuo de aserrín (contaminante ambiental) de tres especies forestales (Lupuna blanca, Bolaina Blanca y Capirona) como abono orgánico por biodegradación con bacterias ruminales, en Pucallpa durante el año 2022
- La principal bacteria predominante en el rumen del ganado vacuno, pertenecen al género *Fibrobacter sp*. estos son bacilos Gram negativos que se encontraron en el 100% de las muestras durante la identificación en el laboratorio.
- En cuanto al grado de biodegradación del aserrín de tres especies forestales se determinó que a los 45 días la especie Lupuna blanca presento un 41.23%, seguido de Bolaina con 32.27% y Capirona con 31.70%, también se determinó que existe una correlación altamente significativa y positiva entre las especies y el porcentaje de biodegradación en días según el índice de correlación de Pearson.
- El contenido nutricional a los 45 días de tratamiento de las tres especies forestales fueron variables, donde la especie Lupuna blanca y Bolaina Blanca presentaron los mayores porcentajes de nitrógeno, en cuanto al contenido de fosforo y potasio la especie Bolaina Blanca presento el mayor contenido de estos dos elementos, siendo la Capirona (Calycophyllum *Spruceanum* Benth), la especie que presento el menor contenido nutricional de los tres elementos anteriormente mencionados.

5.2. Recomendaciones

- El uso del aserrín de Lupuna blanca y Bolaina Blanca biodegradas con bacterias ruminales ya que presentan características nutriciones que pueden contribuir de forma significativas con la mejora de las características fisicoquímicas y microbiológicas de los suelos de Pucallpa.
- Ampliar la investigación con el microorganismo presente en el rumen del vacuno, puesto que se desarrolle una mayor interacción en la biodegradación del aserrín.
- Mantener un control adecuado de la biodegradación del aserrín durante el monitoreo de los procesos de la investigación.
- Realizar las muestras necesarias para establecer una investigación de calidad, logrando así un sistema piloto y de acuerdo a los resultados llevarlo a un sistema de tratamiento aplicable a la realidad de los aserraderos de Ucayali.
- Usar reactivos químicos de buena calidad.
- Implementación de equipos especializados para una identificación más detallada de los microorganismos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Agudelo Díaz, J., Rivero Rodríguez, J., & Contrera Rodriguez, Y. (2016). Elaboración de paneles a base de aaserrín y polimeros. *Villacencio*.

Aihemaiti, M., Zhen, F., Li, Y., Aibaidoula, G., & Yimit, W. (2013). Isolation and identification of rumen bacteria for cellulolytic enzyme production. *Wei Sheng wu xue bao= Acta Microbiologica Sinica, 53*(5), 470-477. Obtenido de https://europepmc.org/article/med/23957151

Álvarez, E., Díaz, S., & Alessandrini, M. (2001). Investigación sobre los métodos para transformar el follaje y los residuos de la industria maderera en productos como piensos animales, fertilizantes, productos cosméticos y farmacéuticos. *Revista internacional de silvicultura e industrias forestales, 52*. Obtenido de https://www.fao.org/3/y1237s/y1237s10.htm

Banjo, N., & Kubuoye, A. (2000). Comparación de la eficacia de algunos desechos agroindustriales comunes en el cultivo de tres comestibles tropical champiñon.Actas de la conferencia interna sobre Biotecnología: comercialización y suministro de alimentos. *Nigeria*, 161-168.

Bañol Zuluaga, M., & Martínez Bentancur, L. (2013). *Consumo sostenible desde la producción del sector maderas en una empresa de Pereira. (Informe de Trabajo de Grado).* Repositorio Institucional. Obtenido de http://hdl.handle.net/10785/1724

Branco, S. (1984). Limnología sanitaria, estudio de la polución de aguas continentales. *Washington^ eD. CDC: Organización de los Estados Americanos*, 120.

Cantú, H. (2011). *Desarrollo de una cultura de calidad* (4th ed.). McGraw Hill.

Cárdenas, V., Gómez, M., & Padilla, L. (2009). Degradación De Celulosa Y Producción De Etanol A Partir Del Aserrín De Guadua Utilizando El Sistema Biológico (Aspergillus niger-Saccharomyces cerevisiae). *Siquia*, 1-9. Obtenido de https://bdigital.uniquindio.edu.co/handle/001/2214

Carhuapoma-Delacruz, V., Auqui-Acharte, G., Valencia-Mamani,, N., Gonzales-Huamán, T., Guillen-Domínguez, H., & Esparza, M. (2022). Bacterias fibrolíticas aisladas de rumen de alpaca, ovino y vacuno con capacidad biodegradadora de celulosa. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias, 32*. Obtenido de

https://www.researchgate.net/profile/Mario-Esparza-2/publication/358739590_Bacterias_fibroliticas_aisladas_de_rumen_de_alpaca_ovino_y_vacuno_con_capacidad_biodegradadora_de_celulosa/links/6212d90308bee946f392c7bc/Bacterias-fibroliticas-aisladas-de-rumen-d

Castillo González, A., Burrola Barraza, M., Domínguez Viveros, J., & Chávez Martínez, A. (2014). Rumen microorganisms and fermentation. *Archivos de Medicina Veterinaria, 46*(3), 349-361. Obtenido de https://www.scielo.cl/pdf/amv/v46n3/art03.pdf

CITE madera, C.d. (2008). Compendio de 32 especies forestales maderables. *Tomo II*.

Confederación Peruana de la Madera. (2008). COMPENDIO DE INFORMACION TECNICA DE 32 ESPECIES FORESTALES. *CENTRO DE INNOVACION TECNOLOGICA DE LA MADERA - CITE, Tomo I*. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1458597/2.%20Compendio%20de%20informaci%C3%B3n%20tecnica%20de%2032%20especies%20Forestales%20Tomo%20II.pdf.pdf

Credo Lanares, K. (2019). *MICROORGANISMOS DEGRADADORES DEL ASERRÍN DE Calycophyllum spruceanum (Bent.) Hook Y Guazuma crinita C.Martius. A DIFERENTES NIVELES DE HUMEDAD EN CONDICIONES NATURALES.* TINGO MARÍA - PERÚ: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA. Obtenido de https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/1451

Dagnino, J. (2014). Coeficiente de correlacion lineal de pearson. *Chil Anest, 43*(1), 150-153. Obtenido de http://www.sachile.cl/upfiles/revistas/54e63a1a778ff_15_correlacion-2-2014_edit.pdf

Diaz Martin, G. (2009). Fundamentos y técnicas de análisis microbiologico . *Morfologia y estructura bacteriana* , 1-9.

Díaz, M., & Suárez, J. (2005). Caracterización de líquidos obtenidos por pirolisis de aserrín de pino en cama fluidizada. *Tecnología quimica, 25*(2).

FAO. (2002). *Los Fertilizantes y su Uso.* París: Asociacion Internacional de la Industria de los Fertilizantes. Obtenido de https://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf

FAO. (2018). *La industria de la Madera en el Perú.* Lima: Instituto Tecnológico de la Producción (ITP) - CITEmadera. Obtenido de https://www.fao.org/3/i8335es/I8335ES.pdf

Focher , B., Marzetti, A., Beltrame, P., & Carnici, P. (1991). Características estructurales de celulosa y derivados de celulosa y sus efectos sobre las enzimas hidrólisis. *Biosíntesis y Biodegradación de celulosa*.

Fraume, N. (2006). *Diccionario ambiental.* Colombia: Editorial Kimpres Ltda. Obtenido de http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1232/1/Fraume-Diccionario%20ambiental.pdf

Garcia, P., & Paredes, M. (1997). Microbiologia clinica aplicad. (D.d. santos, Ed). *tercera. Madrid*.

Garcia, R., Pizarro, C., Lavin, A. G., & Bueno, J. L. (2012). Characterization of Spanish biomass wastes for energy use. *Bioresource Technology*, 249-258.

Garzon Marin, G., Montenegro Riveros, E., & Lopez Botia, F. (2005). Uso de aserrin y acuicolas como sustrato de germinacion y crecimiento de Quercus humboldtii (roble). *Colombia Forestal, 9*(18), 98-108. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/4239/423939557008.pdf

Getty, R., Sisson, S., & Grossman, J. (2005). *Anatomía de los Animales Domésticos.* (Vol. Quinta s.l.). Masson, 2005.

Godliving , M., & Yoshitoshi. (2002). Producción continua de enzimas degradantes de lignina por Bjer Kandora adusta inmovilizadas sobre espuma de poliuretano. *Biotecnología*, 173-1747.

Godoy , E., Diáz Aguirre, S., & Alessandrini Diaz, M. (2001). Utilización racional de los residuos forestales. *UNASYLVA, 52*(206). Obtenido de https://biblioteca.org.ar/libros/88771.pdf

Gonzalez Carcedo, S. (2007). Curso avanzado de bioquímica del suelo. Obtenido de https://www.madrimasd.org/blogs/universo/category/curso-avanzado-de-bioquimica-del-suelo

Gopalasundaram, P., Bhaskaran, A., & Rakkiyappan, P. (2012). Integrated nutrient management in sugarcane. *Sugar Tech, 14*(1), 3-20. doi:10.1007/s12355-011-0097-x

Guerrero calle, A. (2011). Aislamiento de bacterias ruminales degradadoras de celulosa. *Universidad Politécnica salesiana sede cuenca*. Obtenido de https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1506/14/UPS-CT002062.pdf

Gurí, J. (1998). *Fertilizantes.* Obtenido de fuchsiarama: http://www6.fuchsiarama.com/?template=ARROW_3&tdfs=1&s_token=1653324287.0339570000&uuid=1653324287.0339570000&searchbox=1&showDomain=1

Hang, A., Castán, E., Negro, G., Daghero, A., Buffa, E., Ringuelet, A., . . . Mazzarino, M. (2015). Compostaje de estiércol de feedlot con aserrín/viruta: características del proceso y del producto final. *AGRISCIENTIA, 32*(1), 55-65. Obtenido de https://revistas.unc.edu.ar/index.php/agris/article/download/9835/16337/

Hobson, P., & Stewart, C. (1997). The rumen microbial ecosytem. *London:chapman & hall,1997*.

Hutjens, M. (2003). Guia de alimentación. *Hoard`s Dairyman Books*.

Jouany, J. (1991). Rumen microbial metabolism and rumiant digestion. *INRA*.

Latief, A., Syarief, R., Pramudya, B., & Muhadiono, M. (2010). Productivity of sugarcane plants of ratooning with fertilizing treatment. *Nusantara Biosci, 2*(1), 43-47. doi:10.13057/nusbiosci/n020107

Lennox, Y., Abriba, C., Alabi, B., & Akubuenyi, F. (2010). Degradación comparativa del aserrín por microorganismos aisaldos del mismo. *Revista africana de investigación en microbiología, 4*(13), 1352-1355. Obtenido de https://academicjournals.org/ajmr

Londoño-Zapata, A., Fernández-Correa, J., Molina-Guzmán, L., Polanco-Echeverry, D., & Gutierrez-Builes, L. (2011). Cuantificación de bacterias celulolíticas anaerobias provenientes del rumen de ganado bovino: comparación de tres técnicas. *Hechos Microbiológicos, 2*(1), 51-59. Obtenido de https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/10440/1/LondonoAndres_2011_CuantificacionBacteriasGanado.pdf

Martina, P., Garcia Solá, E., Corase, J., Bucki Wasserman, B., & Aeberhard, R. (2007). Analisis Cualitativo y Cuantitativo de la Producción de Biogas en un reactor tipo Batch Cargo con Aserrín de Algarrobo Chaqueño. *ASADES, 11*. Obtenido de

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/92927/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mateo sánchez, J. M., Cobos Peralta, M. A., Trinidad Santos, A., Cetina Alcalá, V., & Vargas Hernández , J. (2002). Aislamiento de bacterias ruminales degradadoras del aserrín. *Agrociencia, 36*(5), 523-530. Obtenido de https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/28-bacterias_aserrin.pdf

Montalbetti, A. (2005). Microbiologia del Rumen.

Mora, N., Encinas, O., Molina, Y., & Vielma, J. (2006). Durabilidad de maderas tratadas con CCA Y CCB en suelos de judibana y San Juan de Lagunillas, Estado Merida, Venezuela. *Revista Forestal Latinoamericana, 39*, 17-38. Obtenido de http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/24138

Mulato, F. (2004). Efecto de actividad enzimatica de fibrobacter succinogenes sobre celulosa obtenida de papel periodico. *Universidad nacional del centro del perú facultad*.

Papinutti, V., Diorio, L., & Forchiassin, F. (2003). Degradación de madera de álamo por Fomes sclerodermeus: producción de enzimas ligninolíticas en aserrín de álamo y cedro. *Revista Iberoamericana de Micología, 20*(1), 16-20. Obtenido de http://www.reviberoammicol.com/2003-20/016020.pdf

Parra, J., Montaya, O., & Maldonado, G. (2019). Cálculo de cantidad de residuos para generación de electricidad utilizando la gasificación de la madera; una solución para mitigar impactos ambientales. *ECOVIDA, 9*(1), 39-46. Obtenido de https://revistaecovida.upr.edu.cu/index.php/ecovida/article/view/148/345

Rangel, M., Manrique, R., Insuasty, O., Volverás, B., Gómez, J., López, H., & Rodríguez, G. (2006). *Línea base sistema productivo caña de azúcar para panela.* Barbosa, COL: CORPOICA. Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/437/43764233003/html/#redalyc_43764233003_ref42

Reyes Mejía, J. (2013). Reacción asistida por microondas para la obtención de hidrocarburos a partir de aserrín de madera. Obtenido de http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1868/1/T-UCE-0008-02.pdf

Rivas, C., & Mota, M. (2006). Bacterias anaerobias. *Temas de Bacteriología y Virología Médica. Oficina del Libro FEFMUR. Uruguay*. Obtenido de https://pmb.parlamento.gub.uy/pmb/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=52858

Rodriguez, A., & Valencia , E. (2008). "Microbiologia Ruminal ". *Rumianta, 4*(3).

Sánchez Toledo, M. (2012). Proyección de tratamiento de residuos en el parque ecoindustrial de pucallpa creado por Ley Nº 29749.

Sánchez, A. (2011). *Conceptos básicos de gestión ambiental y desarrollo sustentable.* México: S y G editores. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=L8v8CRDFm-oC&oi=fnd&pg=PA9&dq=Conceptos+b%C3%A1sicos+de+gesti%C3%B3n+ambiental+y+desarrollo+sustentable.&ots=ebzGl-04Z3&sig=IjgSWqVEcRx00XXtPMLURg3227M#v=onepage&q=Conceptos%20b%C3%A1sicos%20de%20gesti%C3%B3n%20a

Sánchez-Córdova, T., Aldrete, A., Cetina-Alcalá, V., & López-Upton, J. (2008). Caracterización de medios de crecimiento compuestos por corteza de pino y aserrín. *Madera y bosques, 14*(2), 41-49. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-04712008000200004&script=sci_arttext

Sánchez-Santillán, P., & Cobos-Peralta, M. (2016). Producción in vitro de ácidos grasos volátiles de bacterias celulolíticas reactivadas y bacterias ruminales totales en sustratos celulósicos. *Agrociencia, 50*(5), 565-574. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952016000500565&script=sci_arttext

Santamaria, M., Garcia, F., & Rosell, J. (1997). *Biologia y Botanica.* Universiad de politécnica de valencia,III.

Schlegel , H. (1997). Microbiología General.

SERFOR. (2016). Anuario Forestal y de Fauna Silvestre. Obtenido de http://repositorio.serfor.gob.pe/bitstream/SERFOR/519/1/Anuario%20Forestal%20y%20Fauna%20Silvestre%202016.pdf

Serret Guasch, N., Giralt Ortega, G., & Quintero Ríos, M. (2016). Caracterización de aserrín de diferentes maderas. *Tecnología Quimica, 36*(3), 395-405. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852016000300012&lng=es&tlng=es.

Shapiama Del Castillo, C. (2011). *Rendimiento y costos de aserrío de diez especies forestales en el aserradero de disco de la comunidad nativa Santa Mercedes, río Putumayo, Loreto - Perú.* Iquitos: Universidad Nacional De La Amazonía Peruana. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAP_9beead5d9d710aed46dc214daa0c4403

Soto, G., & Núñez, M. (2008). Fabricación de pellets de carbonilla, usando aserrín de pinus radicta (D.Don), como material aglomerante. (10, Ed.) *Revista Maderas, ciencia y tecnologia, 2*, 10. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5350876.pdf

Starbuck, C. (1997). Producción y uso de composta de aserrín y estiercol de avena. En U.d guadalajara(Ed). *III Simposium internacional y IV Reunion nacional de agricultura sostenible*, 96.

Suárez Bosleman, D. (13 de 06 de 2022). Crisis de fertilizantes: ¿Qué productos claves pueden verse impactados? *El Comercio*. Obtenido de https://elcomercio.pe/peru/agricultores-crisis-de-fertilizantes-que-productos-claves-pueden-verse-impactados-alimentos-noticia/

Vassilev, S. V., Baxter, D., Andersen, L. K., Vassileva, C. G., & Morgan, T. J. (2012). An overview of the organic and inorganic phase composition of biomass. *Fuel* , 1-33.

Vignote Peña, S., & Martínez Rojas, I. (2006). Tecnologia mundial de la madera (Mundi - Prensa ed.). *Madrid:Aedos, S.A*.

Volke Sepúlveda, T. (1997). Efecto de tratamientos fisicoquímicos y cometabolismo en la degradación de polietileno de baja densidad por hongos filamentosos. *(Doctoral dissertation, Tesis, Mexico).* Obtenido de http://tesiuami.izt.uam.mx/uam/default.php

Volverás-Mambuscay, B., González-Chavarro, C., Huertas, B., Kopp-Sanabri, E., & Ramírez-Durán, J. (2020). Efecto del fertilizante orgánico y mineral en rendimiento de caña panelera en Nariño, Colombia. *Agronomía Mesoamericana, 31*(3), 547-565. Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/437/43764233003/html/

ANEXOS

Anexo 01. Recolección de la muestra ruminal

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI				
Procesamiento de recolección de datos de la muestra ruminal				
Fecha:		Hora:		
Lugar de intervención				
Medico encargado				
Número de muestra	Descripción	Área	Hora de recolección	Cantidad recolectada

Anexo 02. Recolección de la muestra de aserrín

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI				
Procesamiento de recolección de datos de la muestra de aserrín				
Fecha:		Hora:		
Lugar de intervención				
Medico encargado				
Número de muestra	Descripción	Área	Hora de recolección	Cantidad recolectada

Anexo 03. Formato de biodegradación de aserrín.

Especies forestales por densidad	Tiempo (Días)	R1	R2	R3
Densidad baja (Lupuna blanca)	1			
	3			
	5			
	11			
	18			
	45			
Densidad media (Bolaina Blanc	1			
	3			
	5			
	11			
	18			
	45			
Densidad alta (Capirona)	1			
	3			
	5			
	11			
	18			
	45			

Anexo 04. Análisis del grado de biodegradación de aserrín a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	2	171.61	85.803	23.26	0.001
Error	6	22.13	3.689		
Total	8	193.74			

R^2 = 88.58; C.V. = 0.0192

Anexo 05. Análisis del nivel de relación entre el grado de biodegradación de aserrín de la Lupuna blanca a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter y el tiempo en días.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Regresión	1	472.69	472.692	14.19	0.002
Tratamientos C1	1	472.69	472.692	14.19	0.002
Error	16	532.83	33.302		
Falta de ajuste	4	495.68	123.919	40.02	0.000
Error Puro	12	37.15	3.096		
Total	17	1005.52			

Anexo 06. Análisis del nivel de relación entre el grado de biodegradación de aserrín de la Bolaina blanca a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter y el tiempo en días.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Regresión	1	440.43	440.434	21.57	0.000
Tratamientos C3	1	44.43	440.434	21.57	0.000
Error	16	326.65	20.416		
Falta de ajuste	4	238.82	59.704	8.16	0.002
Error Puro	12	87.83	7.319		
Total	17	767.09			

Anexo 07. Análisis del nivel de relación entre el grado de biodegradación de aserrín de la capirona a partir de bacterias ruminales del género Fibrobacter y el tiempo en días.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Regresión	1	539.57	539.571	29.11	0.000
Tratamientos C5	1	539.57	539.571	29.11	0.000
Error	16	296.55	18.534		
Falta de ajuste	4	222.28	55.569	8.98	0.001
Error Puro	12	74.27	6.189		
Total	17	836.12			

Anexo 08. Análisis del nivel de relación entre el grado la biodegradación con respecto a la relación de la densidad de las tres especies forestales.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Regresión	1	95.41	95.413	6.79	0.035
Tratamientos C5	1	95.41	95.413	6.79	0.035
Error	7	98.33	14.047		
Falta de ajuste	1	76.19	76.194	20.66	0.004
Error Puro	6	22.13	3.689		
Total	8	193.74			

R^2 = 59.25; C.V. = 0.0375

Anexo 11. Matriz de consistencia

<table>
<tr><td colspan="5">Título: Aprovechamiento de aserrín de tres especies forestales en abono orgánico por biodegradación con bacterias ruminales para disminuir la contaminación ambiental, Pucallpa ,2020</td></tr>
<tr><td>Problema General</td><td>Objetivos General</td><td>Hipótesis General</td><td>Variables</td><td>Indicadores</td></tr>
<tr><td>¿Cómo es la biodegradación de aserrín de tres especies forestales por bacterias ruminales para obtener abono orgánico para disminuir la contaminación ambiental?</td><td>Aprovechar el aserrín de tres especies forestales en abono orgánico por biodegradación con bacterias ruminales.</td><td>El aserrín de las tres especies forestales sometidas a biodegradación con bacterias rúmiales si presenta capacidades nutricionales para ser aprovechados para los cultivos de cana de azúcar</td><td>Independientes

-Bacterias ruminales
-Aserrín</td><td>• UFC
• Temperatura (°C)
• gr/cm3</td></tr>
<tr><td>Problema Especifico</td><td>Objetivo Especifico</td><td>Hipótesis Especifico</td><td rowspan="3">Dependiente

- Biodegradación
-Contenido Nutricional</td><td rowspan="3">• % de biodegradación
• Peso inicial
• Peso Final
• N, P, K
• Tiempo (Días)</td></tr>
<tr><td>¿Qué bacterias se encuentran en el rumen del ganado vacuno?</td><td>Conocer las bacterias que se encuentran en el rumen del ganado vacuno.</td><td>Las bacterias aisladas del rumen del ganado vacuno son cocos y bacilos.</td></tr>
<tr><td>¿Cuál es el grado de biodegradación de aserrín a partir de bacterias ruminales?</td><td>Determinar el grado de biodegradación de aserrín a partir de bacterias ruminales por variación del tiempo en días.</td><td>Las bacterias ruminales biodegradación el aserrín en un 25% los primeros diez días.</td></tr>
<tr><td>¿Es posible obtener abono orgánico por la biodegradación del aserrín por bacterias ruminales?</td><td>Determinar el contenido nutricional del aserrín biodegradado por bacterias ruminales para la obtención de abono orgánico.</td><td>El abono orgánico obtenido por la biodegradación del aserrín por bacterias ruminales es de mediana calidad.</td><td></td><td></td></tr>
</table>