

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



MICROORGANISMOS DEGRADADORES DEL ASERRÍN DE *Calycophyllum  
spruceanum* (Bent.) Hook Y *Guazuma crinita* C.Martius. A DIFERENTES  
NIVELES DE HUMEDAD EN CONDICIONES NATURALES

## TESIS

Para optar el título de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

**CREDO LANARES KEILLY ESTEFANY**

PROMOCIÓN 2006

TINGO MARÍA - PERÚ

2019



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
Tingo María – Perú



**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

## **ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 20 de Setiembre del 2017, a horas 8:00 a.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

**“MICROORGANISMOS DEGRADADORES DEL ASERRIN DE *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook y *Guazuma crinita* C.Martius. A DIFERENTES NIVELES DE HUMEDAD EN CONDICIONES NATURALES”**

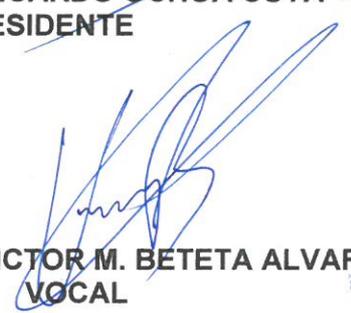
Presentado por la Bachiller: **Keilly Estefany Credo Lanares**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“BUENO”**

En consecuencia, la sustentante queda apta para optar el Título de **INGENIERO AMBIENTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 04 de Marzo del 2019.

  
Ing. MSc. RICARDO OCHOA CUYA  
PRESIDENTE

  
Ing. JORGE LUIS VERGARA PALOMINO  
VOCAL

  
Ing. MSc. VICTOR M. BETETA ALVARADO  
VOCAL

  
Blgo. CÉSAR A. GOZME SULCA  
ASESOR



## I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico ha generado que en los últimos años la producción mundial de madera aserrada se incremente con la finalidad de cubrir las necesidades que las nuevas generaciones lo requieran. Según FAO 2014, en el año 2012, la producción ascendió a 413 000 000 de metros cúbicos siendo América Latina y el Caribe los que procesan solo el 10% siendo 43 000 000 de metros cúbicos.

Según el OSINFOR (2017), en el Perú la producción de madera aserrada para el año 2015, fue de 579,079 000 metros cúbicos, generando un gran ingreso económico y con ello también un fuerte impacto ambiental, debido a la tala indiscriminada, la poca responsabilidad de los propietarios hacia una disposición adecuada de los residuos. La producción de madera aserrada para las especies de *Guazuma crinita* fue de 3,118.06 metros cúbicos y de *Calycophyllum spruceanum* fue de 7,536.04 metros cúbicos. (SERFOR 2016)

En la provincia de Leoncio Prado existen más de 15 empresas dedicadas a la transformación de la madera, generando aproximadamente 1.25 metros cúbicos diarios de aserrín, los cuales afectan a las viviendas que se encuentran alrededor de estos establecimientos, generando conflictos entre los pobladores y los gobiernos locales por no establecer medidas necesarias para evitar la acumulación de estos residuos.

La degradación del aserrín está relacionada al tiempo, factores bióticos y abióticos en el cual se encuentra la materia. El proceso de degradación de la madera puede ser llevado a cabo por diferentes tipos de organismos vivos, como hongos, insectos, bacterias, entre otros, los cuales son denominados agentes xilófagos. El tiempo de degradación de la madera varía considerablemente debido a que cuentan con componentes que representan un rechazo natural a los insectos xilófagos, las maderas expuestas a la humedad son atacadas por hongos dependiendo al tiempo de exposición y al contenido de humedad en el cual se mantenga la madera, así mismo la densidad alta de la madera tiende a presentar mayor resistencia a los ataques de diversos agentes. La disposición inadecuada de los residuos generados en carpinterías, cajonerías aserraderos, entre otros ocasionan no solo problemas ambientales sino también conflictos sociales debido a que la mayoría de estos residuos son incinerados ocasionando molestia a la población que vive alrededor de estos establecimientos, con lo mencionado se propone identificar los microorganismos degradadores de dos especies de madera, para poder recomendar la aplicación de tecnologías innovadoras de bajo costo y que sean amigables con el ambiente.

En el presente trabajo de investigación se plantea la siguiente interrogante ¿Qué microorganismos se encuentran presentes durante la degradación del aserrín de *Calycophyllum spruceanum* (Bent.) Hook y *Guazuma crinita* C.Martius. a diferentes niveles de humedad en condiciones naturales?

Por lo que se formula la siguiente hipótesis: los microorganismos presentes degradarán el aserrín de *Calycophyllum spruceanum* (Bent.) Hook y *Guazuma crinita* C.Martius. en condiciones naturales.

### **1.1. Objetivo general**

Aislar e identificar microorganismos a partir de la descomposición de aserrín de *Calycophyllum spruceanum* (Bent.) Hook Y *Guazuma crinita* C.Martius. a diferentes niveles de humedad en condiciones naturales.

#### **1.1.1. Objetivos específicos**

- Aislar microorganismos presente en el proceso de descomposición del aserrín de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) y de *Guazuma crinita* (Bolaina).
- Determinar la eficiencia de los microorganismos presentes en la degradación de lignina y celulosa del aserrín de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) y de *Guazuma crinita* (Bolaina).
- Comparar los microorganismos presentes en la degradación del Aserrín de la *Calycophyllum spruceanum* (Capirona). y *Guazuma crinita* (Bolaina).

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Aprovechamiento forestal

VIGNOTE y MARTÍNEZ (2006) denominan al aprovechamiento forestal como maderero definiéndolo como un conjunto de técnicas que busca suministrar la materia prima, procedente del bosque a la industria transformadora, con los costos mínimos posibles y salvaguardando el principio de persistencia del bosque.

Catalogan al aprovechamiento forestal, como una operación silvicultural e industrial. La primera tiene por objeto llevar a cabo la ordenación del bosque programada y la segunda poner a disposición de la industria maderera la materia prima necesaria para la fabricación de los productos. ÁLVAREZ, *et al.* (2000) manifiestan que "el aserrín es el resultado de los desechos de la industria de la elaboración primaria de la madera. En el mundo se desarrollan cada día nuevas tecnologías para dar un uso racional a estos residuos, que además contribuyen con su acumulación a la contaminación del entorno.

### 2.2. Descripción de la industria maderera

Los aserraderos se pueden clasificar según su sistema básico de corte en aserradero de banda y de sierra circular. También se pueden encontrar aserraderos con sierras múltiples que producen astillas para pulpas

de la parte exterior de la troza y tablas de la parte interior y los aserraderos cuya sierra principal solamente prepara la troza para ser reaserrada con sierra múltiple o reaserradoras REYES (2013).

VIGNOTE y MARTÍNEZ (2006), conceptualizan la industria del aserrado como aquella que transforma la madera en rollo para la obtención de madera aserrada, aunque puede obtener otros productos pero siempre complementarios, como es el caso de costeras, aserrín, residuos sólidos o corteza.

### **2.3. Principales residuos madereros**

GÓMEZ y VERGARA (2011), mencionan que de acuerdo al avance tecnológico tienden a dejar cada vez menos material leñoso en el bosque y la mayor proporción de estos residuos forestales se generan en los establecimientos de transformación industrial de la madera, dando origen a los denominados residuos madereros, el cual indica que los residuos más comunes son los siguientes:

Corteza: capa externa de la madera rolliza. Se obtiene en aserraderos que poseen descortezadores, quedando la corteza como residuo maderero. En los aserraderos que no disponen de esta tecnología, la corteza forma parte de las costeras.

Costeras: corresponden a secciones laterales de la troza obtenidos en el proceso de aserrío. Se caracterizan por tener una cara limpia (libre de corteza).

En aserraderos que poseen descortezador y astillador las costeras son reducidas a astillas sin corteza, las que se comercializan a la industria de tableros, celulosa u otras.

Despunte: residuos de tamaño variable provenientes de secciones terminales de piezas y que resultan del proceso de dimensionado en largo de la madera. En la mayor parte de los aserraderos se producen muy pocos despuntes, y más bien estos corresponden al margen de tolerancia en longitud con el que vienen los trozos (generalmente 2-3 cm), lo que en general es difícil de cuantificar porque las empresas registran el volumen de trozas efectivo.

Tiras: en aserraderos algunos residuos han dejado de considerarse como tales, pasando a ser con el tiempo subproductos, dado que se orientan a un mercado formal y específico con precios estables conocidos, transándose en condiciones competitivas.

Aserrín: es un material orgánico natural, presenta características complejas y variables. Depende principalmente de la madera de donde provenga, ya que éstas varían de la misma forma que las especies vegetales, según las zonas geográficas y las condiciones climáticas. CARPEZAT (2011) expresa que es un producto estable y su acumulación representa un problema serio de contaminación ambiental, en particular en los suelos donde se deposita.

#### **2.4. Aserrín**

FAO (2014) menciona que la generación media de residuos en la elaboración de madera aserrada, para las coníferas, es de alrededor del 30 por

ciento de la biomasa del tronco utilizado, lo que incluye aserrín (5 a 8 por ciento) y corteza (10 a 14 por ciento). La acumulación de los residuos en los aserraderos puede llegar a obstaculizar el desarrollo del proceso productivo, por lo que es necesario que sean evacuados con prontitud. Algunos productores los venden o regalan a empresas que les dan diferentes usos, pero en muchas ocasiones se envían a los vertederos o se incineran indiscriminadamente, lo que es un derroche de materia orgánica rica en nutrientes.

#### **2.4.1. Composición química del aserrín**

La madera está compuesta por tres grupos que forman la pared celular, donde se encuentran las principales macromoléculas: celulosa, hemicelulosas y ligninas, presente en todas las maderas; otro grupo lo conforman sustancias de bajo peso molecular conocidas también como sustancias extraíbles, que se encuentran en menor cantidad y las sustancias minerales. La proporción y composición química de la lignina y las hemicelulosas difiere para las maderas de coníferas y latifoladas, mientras que la celulosa es uniforme en composición, en todas las maderas (CARPEZAT, 2011).

##### **1) Celulosa**

Esta es el componente en mayor proporción dentro de la madera, se caracteriza por ser un polímero lineal de alto peso molecular, integrado por unidades monoméricas de glucosa (MARIANI, 2000).

## **2) Hemicelulosa**

Las hemicelulosas son de alto peso molecular, se encuentran constituidas por diferentes unidades de monosacáridos: pentosas, hexosas y ácidos urónicos, enlazados entre sí por enlaces glicosídicos, formando estructuras ramificadas y en general amorfas.

Son polisacáridos que se ubican en la pared celular de las plantas, excluyendo la celulosa y componentes de pectina. Estos carbohidratos están constituidos fundamentalmente por azúcares del tipo hexosas y pentosas (MARIANI, 2000).

## **3) Lignina**

Es una importante estructura polimérica extremadamente compleja. Su función es formar parte de la lámina media, que delimita y actúa como cementante entre las fibras (sellador y refuerzo mecánico). Es de carácter hidrófobo (repelente al agua), insoluble en la mayoría de los solventes (MARIANI, 2000).

Esta sustancia amorfa está localizada en la lámina media y también en la pared secundaria. Durante el desarrollo de la célula, la lignina es incorporada como último componente de la pared celular penetrando las fibrillas y fortaleciendo la pared celular (CARPEZAT, 2011).

### **2.4.2. Problemas ambientales generados por el aserrín**

La acumulación de aserrín puede tener además efectos ambientales negativos:

- El sol y las altas temperaturas pueden provocar una pirólisis de baja temperatura en grandes montones de aserrín, haciendo que se emitan gases contaminantes. La combustión eleva también la temperatura ambiente, contribuyendo al incremento del efecto invernadero y constituyendo un foco potencial para la ocurrencia de incendios.
- Los residuos pueden ser un medio ideal para la propagación de plagas y enfermedades. Las grandes acumulaciones de aserrín son un criadero de Vectores transmisores de Plagas y enfermedades. Las partículas de aserrín arrastradas por el viento incrementan las afecciones broncorespiratorias en comunidades cercanas así como provocan otras molestias a los moradores de estas.
- Contaminación de los suelos con merma de su productividad.
- Pérdida de biodiversidad.
- Contaminación de embalses y corrientes de agua, entre otros.

#### **2.4.2.1. Contaminación atmosférica.**

DE LA MAZA *et al.* (1998), manifiestan que la contaminación atmosférica hace referencia a la alteración de la atmósfera terrestre susceptible

de causar Impacto ambiental por la adición de gases, o partículas sólidas o líquidas en suspensión en proporciones distintas a las naturales que pueden poner en peligro la salud del hombre y la salud y bienestar de las plantas y animales, atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables.

Para el tema de esta tesis el aserrín es una fuente significativa de contaminación atmosférica por partículas, teniendo sus principales efectos en el deterioro ambiental de las propias instalaciones fabriles donde se produce. La industria de la madera genera gran cantidad de polvo y partículas pequeñas en suspensión, fenómeno este que se asocia con la aparición de enfermedades broncorespiratorias en las comunidades cercanas a estas industrias y con la contaminación de las corrientes de agua cercanas y del suelo.

#### **2.4.2.2. Contaminación hídrica**

GALLÉ (2002), plantea que tanto los residuos productivos como los no productivos pueden ser inocuos o nocivos con relación a cual sea su impacto en el medio ambiente, siendo considerado un residuo peligroso (contaminante) aquél que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el agua, el suelo o el ambiente en general.

#### **2.4.2.3. Contaminación del suelo**

Se considera como degradación del suelo a toda modificación que conduzca al deterioro del suelo. La degradación del suelo es mayoritariamente la consecuencia directa de su utilización por el hombre. Un suelo se puede

degradar al acumularse en él sustancias a unos niveles tales que repercutan negativamente en su comportamiento (CARDONA, 2008).

La disposición que se hace en los alrededores de las industrias madereras de sus residuos provoca serios impactos negativos al suelo, dado que el tiempo de permanencia de este residuo en muchos casos es en períodos prolongados, afectando a toda especie que allí se encuentra. LILLO y HERRERA (1996), plantean que la resistencia del aserrín a la descomposición natural se debe a la presencia de lignina, hemicelulosa y celulosa. En relación a la contaminación, la estabilidad del aserrín crea serios problemas por las dificultades de eliminarlo.

FERNÁNDEZ (2009), manifiestan que: en los aserraderos y carpinterías se acumulan grandes cantidades de aserrín y virutas. Estos desechos, normalmente se tiran, entierran, o se amontonan en verdaderas parvas. A veces también es quemado, provocando humo y generando contaminación del aire y el suelo. También acarrea el peligro de incendios en aserraderos, que lamentablemente ya se han producido en algunos lugares del mundo.

## **2.5. Reducción de residuos en el origen**

CASTILLO (2000), plantean que "La reducción en el origen elimina o disminuye la necesidad de tratamiento y disposición de los residuos. Incluye el uso racional de los recursos, materias primas, insumos y energía, y el uso de materiales menos nocivos para el medio ambiente". En la actualidad la tendencia es el disminuir la producción de los residuos desde el origen, lo que

permite reducir los volúmenes de residuos, disminuyendo por ende los tamaños de sistemas de tratamiento y la disposición final de los residuos.

De este modo, la reducción en el origen es una de las alternativas menos costosas para la solución de problemas ambientales, y en muchos casos genera rentabilidades atractivas y bajos niveles de inversión. Algunas de las modalidades de esta práctica son las siguientes:

**1) Cambios en las materias primas o insumos:** Corresponde al uso de materias primas e insumos que no generen o que generen un nivel inferior de residuos indeseables o peligrosos. El resultado de estos cambios es una minimización de los residuos y una menor exposición de los trabajadores a contaminantes producidos en el proceso manufacturero.

**2) Cambios de tecnología:** Esto significa modificar sistemas obsoletos o costosos por tecnologías adecuadas donde la inversión es recuperada en el corto plazo, por el ahorro de materias primas e insumos y/o mejoramiento de la productividad. Estos cambios generan beneficios ambientales ya que el uso más eficiente de las materias primas e insumos tiene como consecuencia una disminución en la cantidad de residuos.

**3) Cambios en las prácticas de operación:** La aplicación de buenas prácticas de gestión de operaciones en la empresa se basa en la aplicación de una serie de procedimientos y/o políticas organizacionales y administrativas destinadas a mejorar y optimizar los procesos productivos y a promover la participación del personal en actividades destinadas a lograr la minimización de los residuos.

## 2.6. Microorganismos degradadores de celulosa y lignina

Entre los microorganismos degradadores de la lignocelulosa se encuentra principalmente los hongos, ya que tienen sistemas ligninolíticos pertenecen principalmente a la clase de los Basidiomycetes y son llamados hongos de la podredumbre blanca, entre los cuales hay especies saprófitas. Además, existen Ascomycetes que han sido estudiados en la degradación de la lignina como *Fusarium oxysporum*, *Penicillium sp.* y sobre todo el género *Aspergillus* entre ellos, las especies de *A. niger*, *A. flavus*, *A. japonicus* y *A. fumigatus*. También se han registrado hongos levaduriformes con la capacidad de degradar lignina, como *Candida sake*, *Cryptomyces laurentii*, *Rhodotorula glutinis*. Los hongos descomponedores de paja son un grupo ecológicamente importante de microorganismos involucrados en el reciclamiento del carbono en los suelos y su hábitat es la parte superior de los suelos en bosques y prados, que son ricos en materia orgánica como la celulosa, hemicelulosa y lignina provenientes de plantas muertas (hojas y ramas). La biodegradación de la lignina es un paso clave para el reciclamiento de carbono en los ecosistemas terrestres, donde los basidiomicetes degradan los polímeros de la madera facilitando la utilización de la celulosa por poblaciones microbiales (MENESES, 2011).

### 2.6.1. Bacterias

- **Bacterias lignocelulósicas:** Son los primeros microorganismos que colonizan la madera expuesta en ambientes húmedos, han sido encontradas en maderas sumergidas en agua salada y dulce y en contacto con el suelo. El efecto de las bacterias sobre la madera es variado, se ha

detectado 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* (MORA y ENCINAS, 2006).

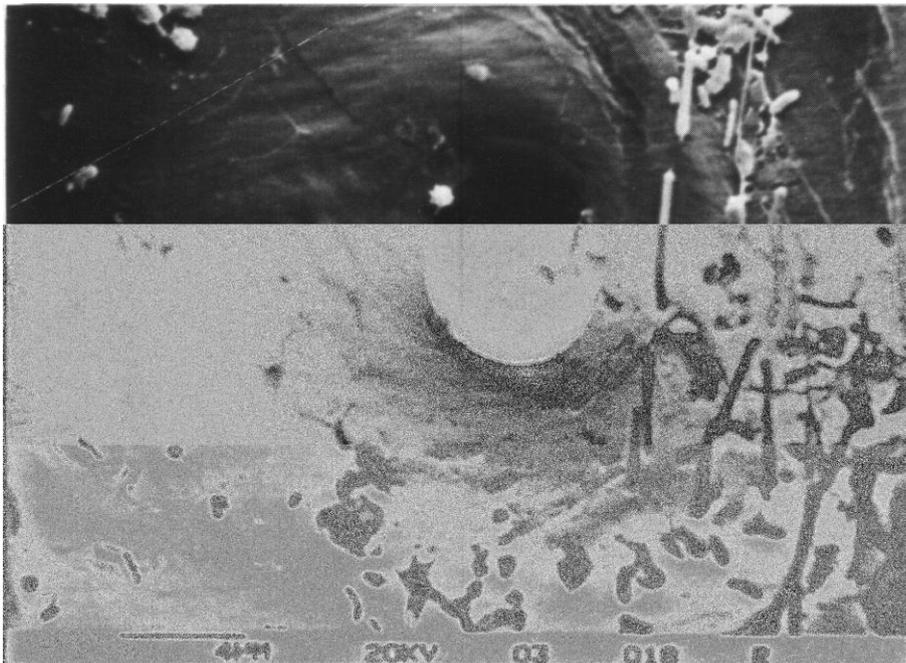


Figura 1. : Degradación de la membrana de la punteadura en madera de pino caribe atacado por bacterias (MORA y ENCINAS, 2006)

- La Familia Enterobacteriaceae está formada por bacilos y cocobacilos gramnegativos, anaerobios facultativos, no formadores de esporas, fermentadores de glucosa, no presentan actividad de citocromooxidasa

(son oxidasa negativa), reducen nitratos a nitritos y las especies móviles lo son mediante flagelos de distribución peritrica. Están muy diseminadas en la naturaleza, las encontramos en el agua, en la tierra, en los animales, etc. En el hombre se localizan en las vías aéreas superiores (en pequeña proporción), en la piel (sobre todo en la región perianal), en la uretra anterior y sobre todo en el intestino. Desde el estómago al intestino grueso, la concentración va aumentando a lo largo del tubo digestivo.

- Las especies de *Citrobacter* se han aislado de muestras ambientales (agua, suelo, etc.), alimentos y del tracto gastrointestinal de hombres y animales. Algunas de ellas son patógenas oportunistas en el hospital y en menor medida en la comunidad.
- El Género *Proteus* está muy difundido en la naturaleza, se lo encuentra en el suelo, agua, aguas servidas, materiales de animales en descomposición, tracto intestinal del hombre, etc. Juega un papel importante en la descomposición de los cadáveres (MERINO, 2009).

### **2.6.2. Hongos**

**Hongos xilófagos:** La madera se encuentra expuesta a una serie de ataques, en las que intervienen agentes biológicos tales como hongos e insectos, la pudrición de la madera es consecuencia del proceso biológico durante el cual las paredes de sus células leñosas son destruidas por la acción enzimática de los hongos que la producen. Existen dos tipos de pudrición, la blanca donde se degrada la lignina y la pudrición parda que afecta principalmente la celulosa (WOLFF, 1989).

Según CARPEZAT (2011) la madera está compuesta de 40 a 61% de celulosa; 15 a 30% de hemicelulosa, 17 a 35% de lignina y 1 a 11% de sustancias extractivas, correspondiendo a cenizas o residuos finales de 0.2 a 5.8%. Estos materiales son la fuente de carbohidratos de la madera que sirven de alimento a los hongos causantes de la pudrición.

CARPEZAT (2011), menciona que cada especie de hongo xilófago tiene un óptimo de temperatura, el cual está de acuerdo a su desarrollo, ya sea como micelio, formación de cuerpos fructíferos, germinación de esporas. La mayoría de los hongos crecen bajo las siguientes condiciones:

- Temperatura entre los 3°C y 35°C, pero las temperaturas óptimas para su desarrollo se encuentran entre los 25 a 30°C (WOLFF, 1989).
- Contenido de humedad, es absolutamente necesaria para la germinación de las esporas, para la secreción de las enzimas fúngicas y para que éstas disuelvan el substrato leñoso, para la absorción y transporte de las sustancias nutritivas dentro del hongo y para la constitución de sus nuevos tejidos, para toda actividad vital de los hongos xilófagos. Con contenidos de humedad sobre el 20% es posible el desarrollo de estos hongos.
- Oxígeno juega un papel importante en el proceso de oxidación, principalmente de la respiración, por lo que la ausencia del oxígeno no es posible el crecimiento de los hongos.
- pH, los hongos prefieren ambientes ácidos para su desarrollo en la madera, siendo el óptimo entre 4.5–5.5 (CARPEZAT, 2011).

***Fusarium solani***

<b>Reino :</b>	Fungi
<b>Filo :</b>	Ascomycota
<b>Clase :</b>	Sordariomycetes
<b>Orden :</b>	Hypocreales
<b>Familia:</b>	Nectriaceae
<b>Género:</b>	Fusarium
<b>Especie:</b>	<i>F. solani</i>

*Fusarium solani* es un hongo con colonias de crecimiento lento, algodonoso no elevado, de color blanco. Reverso crema pálido, presenta microconidias abundantes y ovals mezcladas con microconidias en forma de media luna, se pueden observar clamidosporas grandes y redondeadas solas o en parejas, conidióforos largos, fialides largas con punta. Esta especie patógena y celulolítica se encuentra en todo tipo de materias orgánicas. Se ha aislado de diversos sustratos y hábitats, tales como: Madera, dunas, agua (agua de mar, agua de manantial), papel, plantas, sedimentos, suelo, textil, xileno. *F.solani* es un agente de micotoxicosis en el ganado. Es patógena para el hombre. La temperatura óptima de crecimiento está entre 27 y 31 ° C, dependiendo del lugar geográfico donde esta especie haya sido aislada. Un buen crecimiento en general, es posible a 37 ° C. El pH óptimo de crecimiento está entre 7 y 8. La formación de clamidosporas es controlada por la entrada

externa de carbono y nitrógeno. Entre los aminoácidos presentes en el micelio, la alanina es predominante, así como: el ácido linoleico, ácido oleico, ácido palmítico,  $\epsilon$ -amino-n-butírico (MENESES, 2011).

***Cladosporium sp.***

- Reino :** Fungi
- Filo :** Ascomycota
- Clase :** Dothideomycetes
- Orden :** Capnodiales
- Familia:** Davidiellaceae
- Género:** *Cladosporium E*

La especie de hongo *Cladosporium* es muy común y crecen normalmente en los humedales, bosques y jardines, les gusta crecer en descomposición o en las hojas de las plantas. Además crecen en los invernaderos, en los refrigeradores mal limpiados y alimentos. También en los tejidos, tales como los tejidos de lino. Especies de *Cladosporium* en verano pueden representar hasta el 90% de moho en el aire el aire exterior. Ellos son los hongos más comunes de aire exterior y se pueden encontrar en casi todas las partes del mundo, excepto para las regiones polares. Más de 50 especies son actualmente descritas para el género *Cladosporium*. Los tipos más comunes son *Cladosporium herbarum* y *Cladosporium cladosporioides*. *Cladosporium* es uno de los llamados hongos de color negro (hongo

Dematiaceae), ya que las partes manchadas de las hifas y las esporas por pigmentación marrón a negro-marrón. Estos moldes son también muy comunes en el interior, donde se puede, entre otros hongos negros como *Alternaria*, *Curvularia* o *Ulocladium* causar manchas negras en las paredes y muebles (MENESES, 2011).

***Penicillium brevicompactum***

**Reino :** Fungi  
**Filo :** Ascomycota  
**Clase :** Eurotiomycetes  
**Orden :** Eurotiales  
**Familia:** Trichocomaceae  
**Género:** *Penicillium*

**Especies:** *P. brevicompactum*

Los miembros del género *Penicillium* son hongos filamentosos. Las especies de *Penillium* están ampliamente distribuidas en la naturaleza y se hallan en el suelo, la vegetación caída, el aire y el suelo.

*Penicillium brevicompactum* es un hongo filamentosos que presenta conidióforos tabicados de pared lisa (de 500-800  $\mu\text{m}$ ) y ramificados en sus extremos, con métulas compactas (de 9-12  $\mu\text{m}$ ) y fiálides en forma de botella (de 6-9  $\mu\text{m}$ ), de donde nacen los conidios lisos o ligeramente verrucosos, elipsoidales (de 2.5-3.5  $\mu\text{m}$ ) formando cadenas, sin ramificar, con un aspecto

característico de penacho o pincel; colonias de crecimiento moderado, vellosas, aterciopeladas, con colores verdes y fisuras radiales; incapacidad de crecer a 37 °C.

Presenta conidióforos tabicados de pared lisa y ramificada en sus extremos, con métulas compactas y fiálides en forma de botella de donde nacen los conidios lisos o ligeramente verrucosos, elipsoidales formando cadenas, sin ramificar, con un aspecto característico de penacho o pincel. *Penicillium brevicompactum* es un hongo filamentoso que presenta un gran potencial para su uso industrial debido a su producción eficiente de pectinasa. Las enzimas pectinolíticas catalizan la degradación de la pectina presente en la pared celular de las plantas. Entre estas enzimas la poligalacturonasa preferiblemente hidroliza ácidos pécticos y la pectina liasa cataliza la división de los límites de la  $\alpha$ -D-(1.4) glucosídico de la pectina por el mecanismo de beta-eliminación. Después de analizar la producción de pectinasa de 10 especies del género *Penicillium*, informó que *Penicillium brevicompactum* fue el mejor productor de pectina liasa presentando una considerable actividad poligalacturonasa. Considerando el importante papel que estas enzimas tienen en algunos procesos biotecnológicos este hongo se convirtió en un organismo prometedor para uso industrial. Para estas aplicaciones, esta especie debe ser mejorada genéticamente para obtener una mayor producción de enzimas y por lo tanto un mayor rendimiento a un costo accesible (MENESES, 2011).

***Stachybotrys sp.***

<b>Reino :</b>	Fungi
<b>Filo :</b>	Ascomycota
<b>Clase :</b>	Sordariomycetes
<b>Orden :</b>	Hypocreales
<b>Familia:</b>	Dematiaceae
<b>Género:</b>	Stachybotrys

Stachybotrys es un género de hongos de reproducción asexual. Relacionado al género Memnoniella, la mayoría de las especies de Stachybotrys habitan materiales ricos en celulosa. El género tiene una distribución amplia, y contiene cerca de 50 especies. Las especies de peor reputación, *S. chartarum* o *S. atra*, y *S. chlorohalonata*, son conocidas como moho negro o moho tóxico, y son frecuentemente asociadas con una calidad de aire interna pobre que se acrecienta después del crecimiento de hongos en materiales de edificios dañados por el agua (MENESES, 2011).

**2.7. Maderas del estudio****2.7.1. *Calycophyllum spruceanum* (Bent.) Hook (Capirona)**

**Especie :** *Calycophyllum spruceanum*

**Familia :** Rubiaceae

Se encuentra en la Amazonía de Perú y Brasil. En el Perú se encuentra en los departamentos de Amazonas, San Martín, Huánuco, Loreto, Madre de Dios y Ucayali. Se encuentra en los bosques primarios y secundarios, en terrenos periódicamente inundados, en las formaciones ecológicas de bosques secos tropicales, bosques húmedos tropicales. A veces crece en comunidades - manchales, llamadas capironales.

### **Descripción de la Madera**

**Color:** pardo blanco

**Densidad Básica:** 0.76 g/cm<sup>3</sup>

### **Características de la Troza**

**Conservación:** Las trozas deben permanecer durante varios meses en el bosque después del tumbado y efectuar tratamiento.

**Aserrío y secado:** Aserrío intermedio. No presenta dificultad en el aserrío a pesar de su elevada densidad genera efecto de desafilado medio. Buen comportamiento con programas suave de 10 días para espesores menores de 30mm. Para disminuir el riesgo de colapso y rajaduras requiere un tratamiento de desflamado. Maquinabilidad difícil debido a su dureza, presenta riesgos de rajaduras al clavado, permite acabados buenos.

**Durabilidad :** Presenta una mediana resistencia al ataque de hongos y termitas. No requiere de preservación.

Usos : En base a las propiedades descritas, la madera de Capirona puede utilizarse en estructuras, vigas, columnas, pisos, machihembrados, postes, mangos de herramientas, ebanistería, artículos de deportes, escultura, arcos, etc. (OIMT, 1996)

### **2.7.2. *Guazuma crinita* C. Martius. A (Bolaina)**

**Especie :** *Guazuma crinita*

**Familia :** Sterculiaceae

#### **Características generales:**

La bolaina depende mucho de la calidad del sitio para su desarrollo. No se adapta bien a los suelos muy ácidos por ser sensible al aluminio. La bolaina crece bien en sitios fértiles, de suelos francos, franco-arcillosos o arcillosos. En general, la presencia de bolaina natural con buenas características es indicador de un sitio apto para la plantación de esta especie. Se encuentra en forma natural hasta los 1500 metros sobre el nivel del mar (snm), pero se han cultivado plantaciones solo hasta los 900 metros snm. Los suelos de nuestra empresa se caracterizan por ser ideales para el crecimiento de esta especie..

#### **Descripción de la Madera**

**Color albura:** Blanco

**Color duramen:** Marrón muy pálido

**Densidad básica:** 0.41 g/cm<sup>3</sup>

**Aserrío y secado:** Aserrío fácil.

Durabilidad Natural: Moderadamente susceptible al ataque biológico. Presenta un secado fácil al aire.

Usos: En base a las propiedades descritas, la madera de Bolaina puede utilizarse en estructuras, traslapados, paletas /embalaje, molduras y machihembrados (OIMT, 1996).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Descripción de la zona de trabajo

##### 3.1.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en la propiedad de Keilly Estefany Credo Lanares, que se encuentra ubicado en Castillo Grande, Tingo María, los análisis microbiológicos y fisicoquímicos se realizaron en el Laboratorio de Microbiología General, Laboratorio de Conservación de Suelos y Agua y laboratorio de Fitoquímica forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicado en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado y departamento de Huánuco.

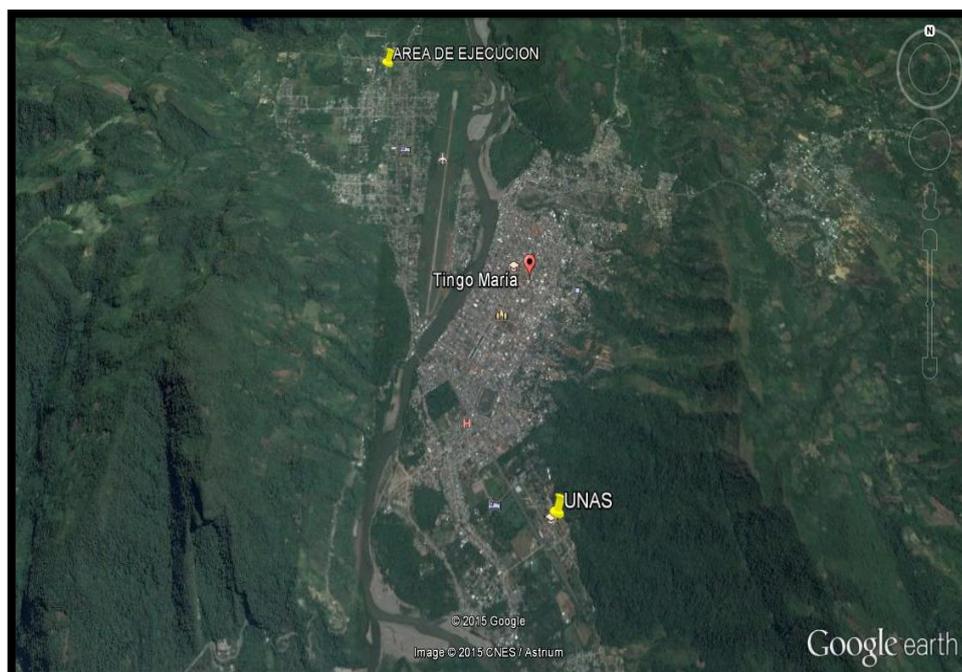


Figura 2. Área de estudio.

Fuente: Google Pro (2016)

### **3.1.2. Características ambientales del área de estudio**

Estuvo comprendido dentro de un clima tropical - húmedo, caracterizado por presentar una temperatura promedio anual de 24 °C.

El promedio anual de precipitaciones es de 3 428.8 mm, varía en intensidad, duración y frecuencia; por encontrarse en un piso altitudinal de 668.00 m.s.n.m. de selva alta, se manifiesta un clima muy lluvioso que se producen entre los meses de noviembre a abril y alcanza un máximo extremo en el mes de enero con un promedio mensual de 4 830.6 mm, humedad relativa de 87% y una temperatura media anual de 24 °C.

## **3.2. Materiales y equipos**

### **3.2.1. Materiales**

Los materiales que se utilizaron, en el presente trabajo de investigación, se detallan a continuación:

#### **3.2.1.1. Materiales de laboratorio**

Placas petri, pipetas graduadas de 1 ml, 5 ml y 10 ml, probetas graduadas de 100 ml, tubos de ensayo, vasos precipitados de 50 ml, 200 ml y 500 ml, matraces de 100 ml y 250 ml, gradillas, mechero Bunsen.

#### **3.2.1.2. Reactivos y soluciones**

Caldo peptona al 0.1%, agua destilada, agar M77, BHI, Saboraud, OGI, CZAPEX, MMSM, Muller Hinton, MRVP, Citrato, T.S.I., L.I.A, Malonato, Urea y Manitol al 1%.

### 3.2.1.3. Otros materiales

Sacos de plástico, palanas, aserrín.

### 3.2.2. Equipos

Balanza analítica Marca Sartorius, grado de exactitud de 0.0001g, termómetro digital Marca Exttech, grado de exactitud de 0.1°C (-50°C a +100°C), estufa de desecación y esterilización Marca Memmert, de +5 °C hasta 250 °C, refrigerador Marca Mabe.

## 3.3. Metodología

### 3.3.1. Obtención de aserrín de las especies maderables de *Guazuma crinita* (Bolaina) y *Calycophyllum spruceanum* (Capirona)

- La muestra de aserrín *Guazuma crinita* (Bolaina) fue extraída de la empresa Grupo Industrial Foresta S.A.C. ubicada en el distrito de José Crespo y Castillo, la muestra de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) fue extraída de la carpintería Bermejo ubicada en la ciudad de Pucallpa.
- La recolección de aserrín para cada una de las especies fue muy cuidadosa teniendo en cuenta que la contaminación con otra especie podría influir en la obtención de resultados. Por lo que el transporte de estas muestras se realizó en costales debidamente codificados.

### 3.3.2. Disposición del aserrín en estudio a descomponer

- Se construyó un ambiente adecuado considerando los agentes abióticos que intervienen en el proceso de degradación del aserrín

en general (humedad, oxígeno disponible, temperaturas convenientes).

- Se colocó el aserrín en envases de 28 x 12 x 18 cm. rotulados con el nombre de la especie y las condiciones del tratamiento.

### 3.3.3. Parámetros y datos a evaluar

#### 1. Control y seguimiento

Se realizó un control por un periodo de 5 meses, anotándose las observaciones tales como: presencia de micro fauna que se alimenta de la materia en descomposición y aparición de nuevas formas de vida que se adaptarán mejor al nuevo medio.

#### 2. Temperatura

La toma de temperatura se efectuó 2 veces por semana, durante los 5 meses de evaluación, con la ayuda de un termómetro de punta. Las medidas se realizaran a 5 cm. sobre el fondo de la muestra.

#### 3. Densidad del aserrín

Se evaluó la densidad a base seca pesando en un tarro de 3 x 3 cm y la muestra seca hasta el ras del tarro y llevando a estufa hasta obtener masa constante.

$$D_s = \frac{\text{peso seco}}{\text{volumen seco}} \dots\dots\dots(1)$$

#### 4. Humedad del aserrín.

Se utilizó el método de horno de secado, se tomó una muestra de material, se pesó y se llevó a estufa por 24 horas hasta que se consiga un peso constante.

$$\% H = \frac{\text{Peso del aserrín húmedo.} - \text{Peso del aserrín seco.}}{\text{Peso del aserrín seco.}} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

#### 3.3.4. Niveles de humedad para cada especie

- En el Tratamiento 1 (T1) la muestra de aserrín de *Calycophyllum spruceanum* se inoculó 300 ml de hongos y se mantuvo a humedad constantes entre 30 – 60 %, el cual fue evaluado cada 3 días para poder mantener la humedad dentro del rango establecido con tres repeticiones.
- En el Tratamiento 2 (T2) la muestra de aserrín de *Calycophyllum spruceanum* se inoculó 300 ml de bacteria y se mantuvo a humedad constantes entre 30 – 60 %, el cual fue evaluado cada 3 días para poder mantener la humedad dentro del rango establecido con tres repeticiones.
- En el Tratamiento 3 (T3) la muestra de aserrín de *Calycophyllum spruceanum* se inoculó 300 ml de hongos y se mantuvo a humedad constantes entre 10 – 30 %, el cual fue evaluado cada 3 días para poder mantener la humedad dentro del rango establecido con tres repeticiones.

- En el Tratamiento 4 (T4) la muestra de aserrín de *Calycophyllum spruceanum* se inoculó 300 ml de bacteria y se mantuvo a humedad constantes entre 10 – 30 %, el cual fue evaluado cada 3 días para poder mantener la humedad dentro del rango establecido con tres repeticiones.
- En el Tratamiento 5 (T5) la muestra de aserrín de *Guazuma crinita* se inoculara 300 ml de hongos y se mantuvo a humedad constantes entre 30 – 60 %, el cual fue evaluado cada 3 días para poder mantener la humedad dentro del rango establecido con tres repeticiones.
- En el Tratamiento 6 (T6) la muestra de aserrín de *Guazuma crinita* se inoculó 300 ml de bacteria y se mantuvo a humedad constantes entre 30 – 60 %, el cual fue evaluado cada 3 días para poder mantener la humedad dentro del rango establecido con tres repeticiones.
- En el Tratamiento 7 (T7) la muestra de aserrín de *Guazuma crinita* se inoculó 300 ml de hongos y se mantuvo a humedad constantes entre 10 – 30 %, el cual fue evaluado cada 3 días para poder mantener la humedad dentro del rango establecido con tres repeticiones.
- En el Tratamiento 8 (T8) la muestra de aserrín de *Guazuma crinita* se inoculó 300 ml de bacteria y se mantuvo a humedad constantes entre 10 – 30 %, el cual fue evaluado cada 3 días para poder

mantener la humedad dentro del rango establecido con tres repeticiones.

### **3.3.5. Aislar microorganismos presente en el proceso de descomposición del aserrín de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) y de *Guazuma crinita* (Bolaina).**

#### **3.3.5.1. Aislamiento**

El aislamiento de los microorganismos permitió tener la población microbiana presente en el aserrín para su posterior selección (ALTAMIRANO y POZZO, 2000). El procedimiento consistió en:

1. Se pesó 10 gramos de aserrín en la balanza analítica.
2. Se añadió a un matraz con agua destilada y peptona al 0.1 % (90 mL en total). Se filtró y retiro 1 mL de muestra y se adicionó al primer diluyente que contiene 9 mL de agua destilada y peptona al 0.1 %.
3. De esta dilución se retiró 1 mL para agregar a otro diluyente y se repitió esta acción dos veces más.
4. Del último diluyente se tomó una alícuota de 0.25 mL el que fue depositado en una placa Petri con medio M77 adicionado con manitol 1%.
5. La placa fue incubada a temperatura ambiente por 48 horas. Las colonias desarrolladas se verificaron y se repico en medio de BHI (caldo cerebro corazón) adicionado de manitol 1 % y se almaceno.

### **3.3.5.2. Selección**

La selección de los microorganismos permitió identificar a aquellos microorganismos que son capaces de permanecer en el proceso de degradación del aserrín (lignina y celulosa) (ALTAMIRANO y POZZO, 2000). El procedimiento consistió en:

1. Se replicó los microorganismos que se desarrollarán en el medio BHI (caldo cerebro corazón), en caldos peptona manitol 1 %.
2. Y se llevó a incubación por 48 horas a temperatura ambiente, para ser inoculados a las muestras de aserrín debidamente rotulados (en campo) y evaluados por 5 meses.

### **3.3.5.3. Identificación de microorganismos presentes en el proceso de degradación**

El procedimiento consistió en:

1. Se activaron las muestras de los microorganismos seleccionados en medio BHI por 48 horas, individualmente.
2. Se tomaron muestras con la asa de colle y cada muestra individualmente se sembró en los caldos peptona, MRVP y en los medios Citrato, T.S.I, L.I.A, Malonato y Urea, fueron incubados a 37°C por 24 horas.
3. Después se leyeron los resultados, adicionando reactivos de confirmación a los tubos que corresponda (peptona, MRVP) y se observará las reacciones, según tabla de identificación de prueba bioquímica.

**3.3.6. Determinar la eficiencia de los microorganismos presentes en la degradación de lignina y celulosa del aserrín de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) y de *Guazuma crinita* (Bolaina).**

**3.3.6.1. Determinación de lignina**

Se pesó 2.5 g (**Mm**) de aserrín de cada una de las especies previamente extraída al alcohol – benceno, al mismo tiempo determinar la masa constante (**K**) por secado a la estufa.

Se introdujo la muestra en un vaso de 250ml y agrego 25 mL de ácido sulfúrico al 57.8%, con agitación constante hasta que se logró una mezcla homogénea, inmediatamente se enfrió el vaso colocándolo en una mezcla de agua con hielo. Al vaso se agregó 25 ml de ácido sulfúrico al 83.3% subiendo la titulación a 72%. La muestra fue dejada en reposo por 24 horas en refrigeración.

Posterior a las 24 horas se vertió el contenido a un vaso de 500 mL conteniendo 125 mL de agua destilada y se enjuagó el vaso con 25 ml de agua destilada. Este segundo vaso fue llevado a ebullición leve por espacio de 10 minutos. Se dejó enfriar y se filtró sobre un embudo Buchner provisto de 2 papeles filtros, los que fueron previamente tarados junto a los pesafiltros (**Mp**) . La muestra fue lavada y llevada al vacío por varias veces para dejar el ácido.

La muestra se llevó a estufa a  $102^{\circ} \pm 3^{\circ}$  C hasta obtener masa constante (**MLp**). Para luego ser llevada a incinerar en seguida la lignina con el papel filtro en un crisol tarado y peso la ceniza (**Mc**) obtenida.

$$\text{Lignina soluble(\%)} = \frac{(MLp - Mp - Mc)}{Mm(K)} \times 100 \quad \dots\dots\dots(3)$$

### 3.3.6.2. Determinación de celulosa

Se pesó 2 g (**Mm**) de muestra de madera y se determinó la fracción de masa constante (**K**).

La muestra fue colocada en un balón de 250ml con refrigerante a reflujo al cual se agregó 10ml de ácido nítrico y 40ml de alcohol previamente mezclados y llevó a ebullición suave en baño maría durante una hora.

Se decantó el líquido sobrenadante sobre el crisol filtrante con la ayuda de la bomba al vacío. El mismo procedimiento se repitió 2 veces más. Se lavó el residuo final con agua desionizada y seco a estufa a  $105^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$  y se anotó el peso del crisol filtrante con la celulosa (**McCel**).

Se colocó el crisol con celulosa a la mufla hasta llevarlo a cenizas y anotar el peso de las cenizas.

$$\% \text{ de Celulosa} = \frac{(McCel - Mc - MC)}{Mm(K)} \times 100 \quad \dots\dots\dots(4)$$

### 3.3.7. Comparar los microorganismos presentes en la degradación del Aserrín de la *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) y *Guazuma crinita* (Bolaina)

Se comparó los microorganismos identificados en cada uno de los tratamientos con los niveles de lignina y celulosa a través de una tabla consolidada de los resultados obtenidos.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Parámetros evaluados.

#### 4.1.1. Temperatura

La evaluación realizada durante los 05 meses en campo muestra que la temperatura promedio en cada uno de los tratamientos y sus réplicas se mantuvo dentro del óptimo de crecimiento para microorganismos entre 22 y 30°C, como se observa en las Figura 3 y Figura 4.

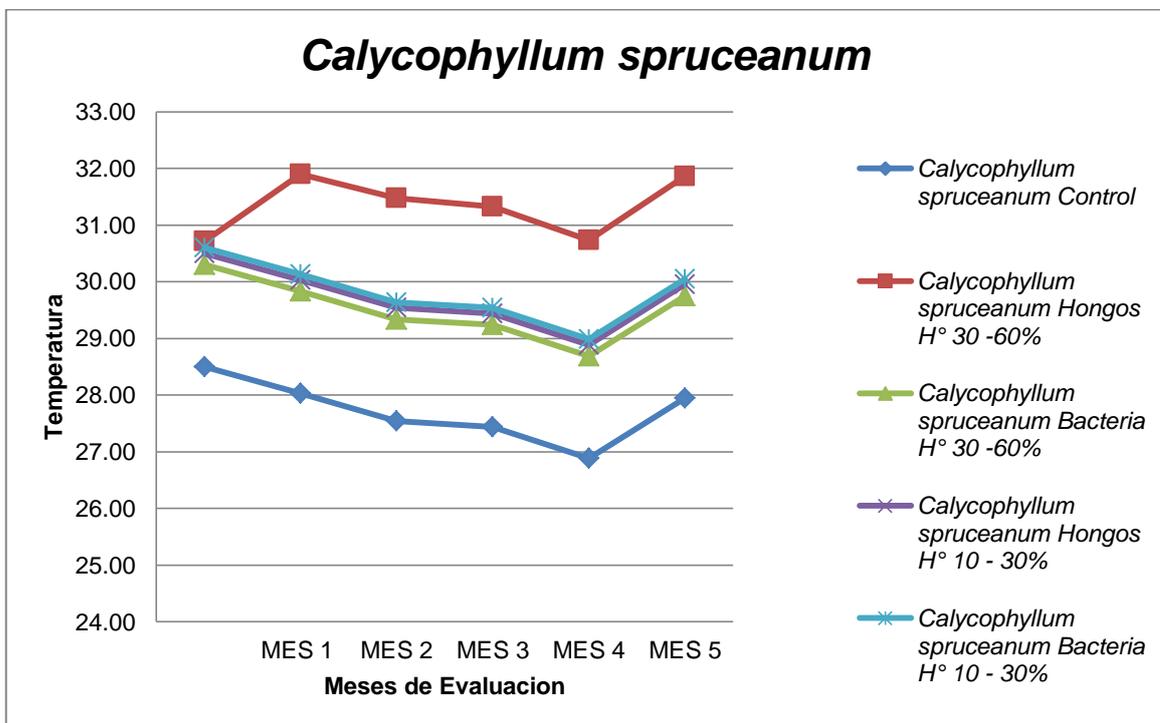


Figura 3. Temperatura de los residuos de *Calycophyllum spruceanum* en cada uno de los tratamientos.

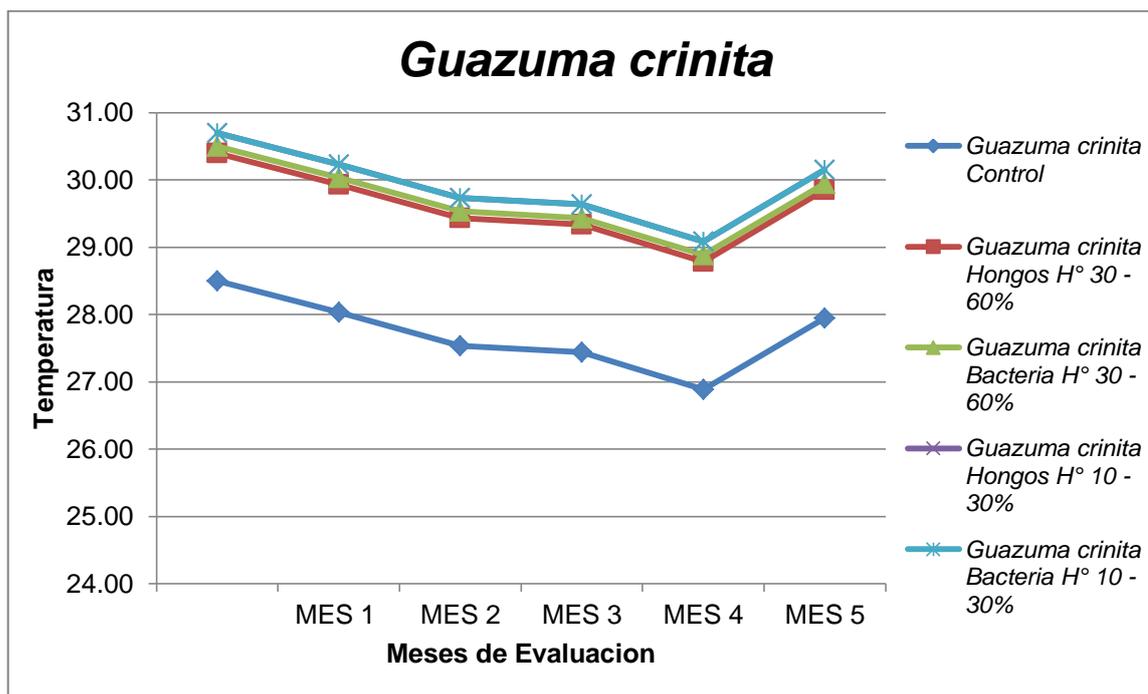


Figura 4. Temperatura de los residuos *Guazuma crinita* evaluados durante los cinco meses para cada uno de los tratamientos.

#### 4.1.2. Densidad del aserrín

La densidad seca es la relación entre el peso y el volumen del material exento de agua, como se muestra en el Cuadro 1, utilizando la fórmula siguiente.

**Cuadro 1.** Densidad del aserrín de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) y de *Guazuma crinita* (Bolaina).

Variedad	Peso Seco (G)	Volumen Seco (Cm <sup>3</sup> )	Densidad (G/Cm <sup>3</sup> )
	15.5449	21.21	0.73290429
	6.3544	21.21	0.29959453
CAPIRONA	6.2768	21.21	0.29593588
	11.7625	21.21	0.55457331
	7.1549	21.21	0.33733616

Variedad	Peso Seco (G)	Volumen Seco (Cm <sup>3</sup> )	Densidad (G/Cm <sup>3</sup> )
	5.259	21.21	0.24794908
	2.599	21.21	0.12253654
BOLAINA	2.8735	21.21	0.13547855
	3.7262	21.21	0.17568128
	3.3836	21.21	0.15952852

#### 4.1.3. Humedad del aserrín

Los resultados de humedad realizada a las muestras de aserrín antes de la inoculación con microorganismos se muestran el Cuadro 2.

Cuadro 2. Porcentaje de humedad de aserrín antes de realizar el inóculo de microorganismos.

Variedad	Peso Húmedo (G)	Peso Seco (G)	% De Humedad
Capirona	4.8	4.4	9.09
Bolaina	4.7	4.2	11.90

#### 1) Niveles de humedad para cada especie

Para obtener la humedad deseada para cada tratamiento se realizó pruebas de absorción de agua con muestras de aserrín de cada especie, así se obtuvieron la humedad óptima para cada tratamiento teniendo en cuenta la inoculación de 300ml de microorganismos, obteniéndose como resultados para iniciar la evaluación los datos comprendidos en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Porcentaje de humedad después del inóculo de microorganismos identificados, con el porcentaje de humedad deseado en la evaluación.

Especies	Inoculación	% de Humedad	Peso	Peso Seco	% De Humedad
			Húmedo (gr)	(gr)	
Capirona	Control	Control	4.8	4.4	9.09
	Hongos	30 -60%	3.6	2.5	44.00
	Bacteria	30 -60%	6.9	4.6	50.00
	Hongos	10 - 30%	5.4	4.3	25.58
	Bacteria	10 - 30%	4.9	3.8	28.95
Bolaina	Control	Control	4.7	4.2	11.90
	Hongos	30 -60%	3.4	2.2	54.55
	Bacteria	30 -60%	4.1	2.5	64.00
	Hongos	10 - 30%	3.9	3.1	25.81
	Bacteria	10 - 30%	3.4	2.7	25.93

#### **4.2. Aislar microorganismos presente en el proceso de descomposición del aserrín de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) y de *Guazuma crinita* (Bolaina).**

La identificación de bacterias se realizaron siguiendo la metodología ya citada para luego ser identificadas con la ayuda de la prueba bioquímica el cual se aprecia en el Anexo Cuadro 8, la identificación de los hongos aislados de cada una de las especies se realizó mediante micro cultivos y la observación con microscopio, estos microorganismos identificados se encuentran consolidados en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Microorganismos aislados de residuos de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) y de *Guazuma crinita* (Bolaina) usados en este proyecto.

Variables	Hongos	Bacterias
Bolaina	- <i>Penicillium brevicompactum</i>	- <i>Enterobacter agglomerans</i>
	- <i>Cladosporium sp.</i>	- <i>Enterobacter aerogerus</i>
Capirona	- <i>Stachybotrys sp.</i>	- <i>Citrobacter freundie</i>
	- <i>Fusarium solani</i>	- <i>Proteus mirabilis</i>
		- <i>Enterobacter aerogerus</i>

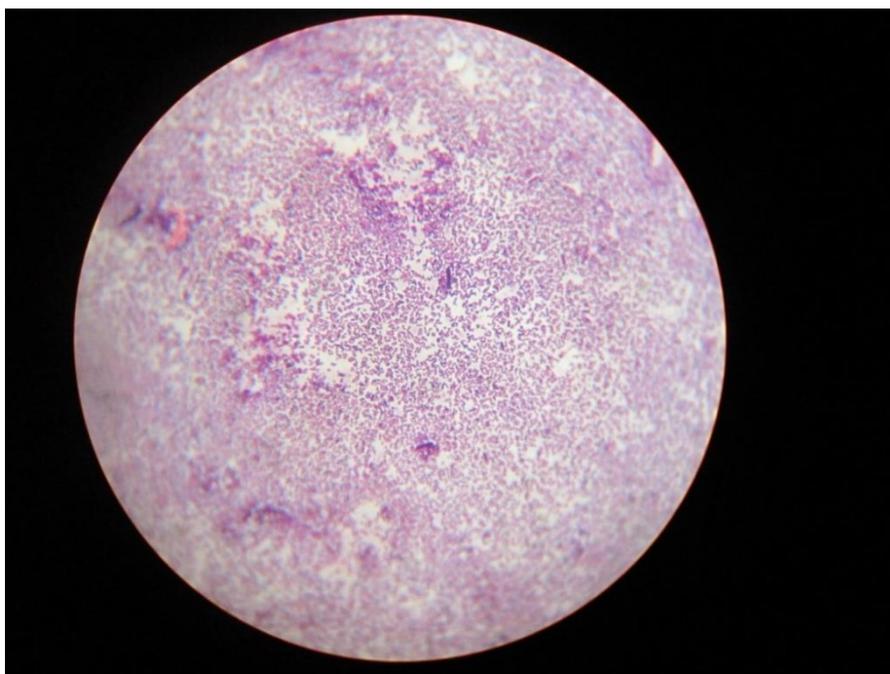


Figura 5. *Citrobacter freundie*, vista microscópica aislado del aserrín de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona).



Figura 6. Vista microscópica de *Proteus mirabilis*, identificado en el aserrín de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona).

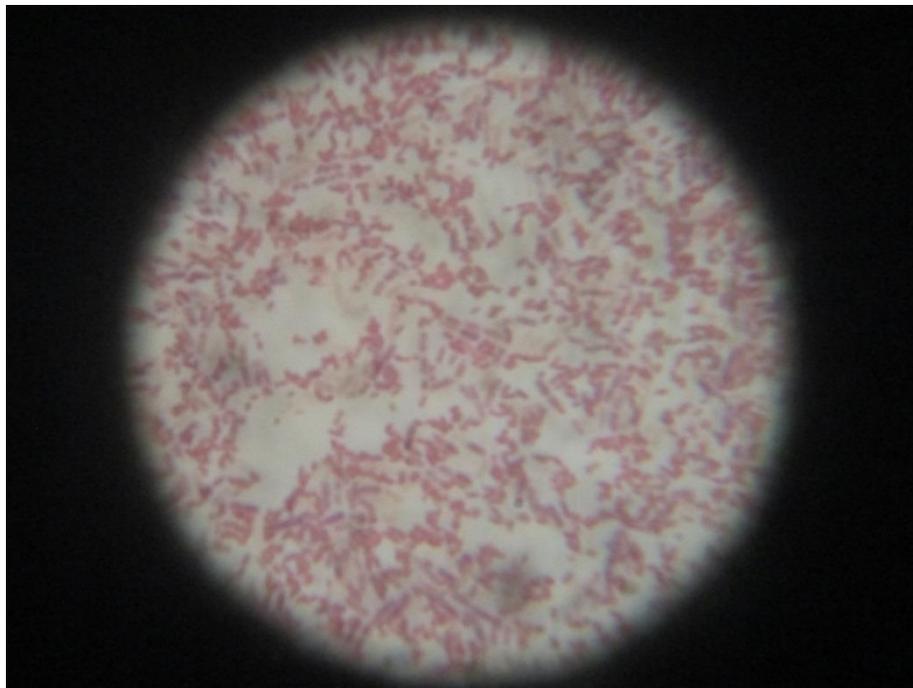


Figura 7. Vista microscópica del *Enterobacter Aerogerus*, aislado del aserrín de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona).



Figura 8. Vista microscópica del *Enterobacter Agglomerans*, aislado del aserrín de *Guazuma crinita* (Bolaina).

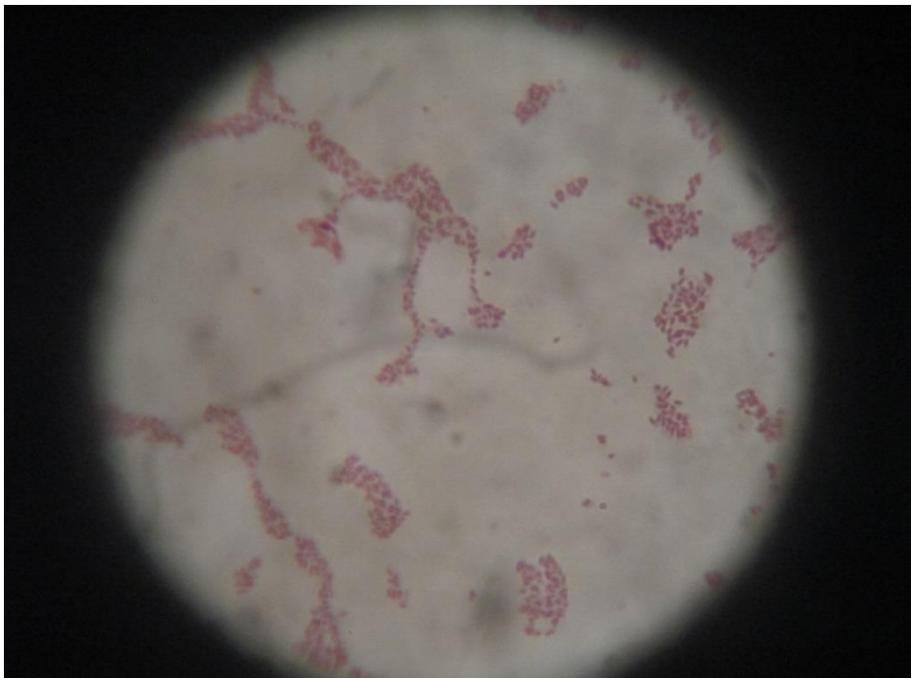


Figura 9. Vista microscópica del *Enterobacter aerogenes*, aislado del aserrín de *Guazuma crinita* (Bolaina).



Figura 10. Identificación de hongo filamentoso *Penicillium brevicompactum*, aislado de aserrín de *Guazuma crinita* (Bolaina).

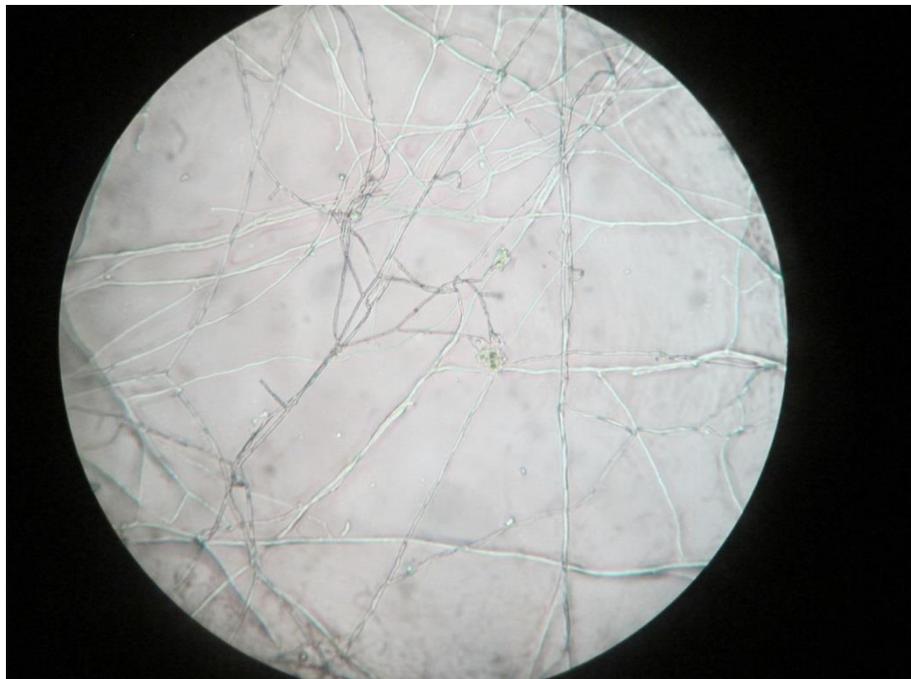


Figura 11. Identificación de *Stachybotrys* sp. aislado de aserrín *Calycophyllum spruceanum* (Capirona).

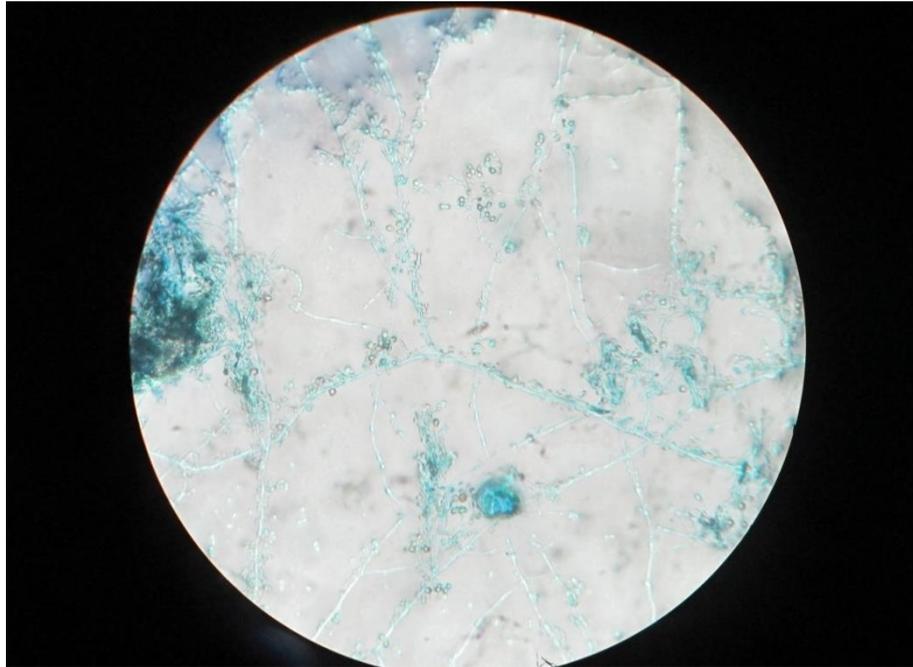


Figura 12. *Fusarium solani*, aislado del aserrín de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona).

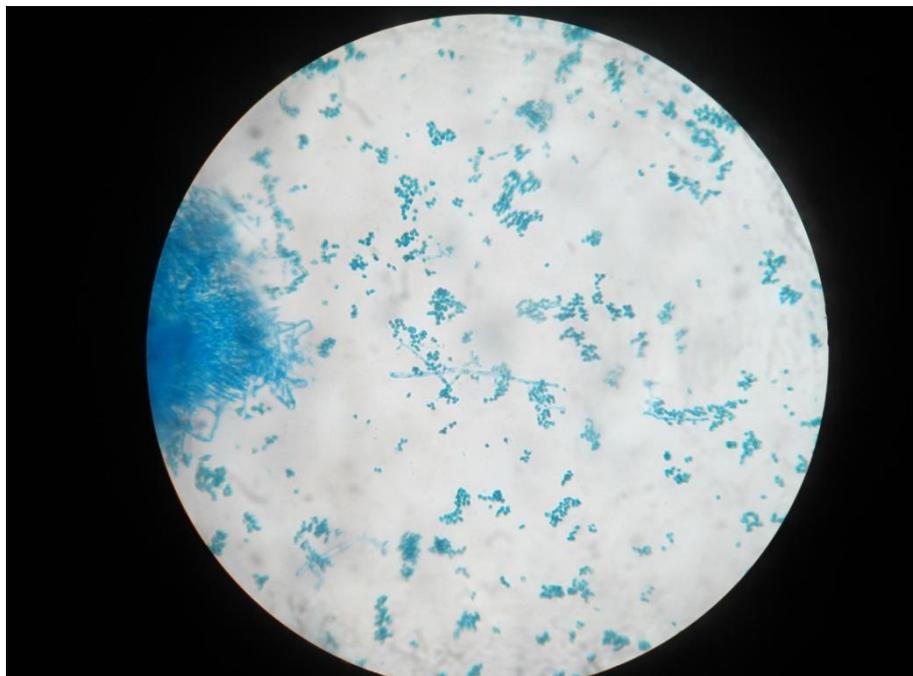


Figura 13. Identificada como *Cladosporium* sp. aislado de aserrín de *Guazuma crinita* (Bolaina).

**4.3. Determinar la eficiencia de los microorganismos presentes en la degradación de lignina y celulosa del aserrín de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) y de *Guazuma crinita* (Bolaina).**

En condiciones normal la madera comúnmente se encuentra constituida por celulosa: 38 – 50 % y Lignina: 15 – 25 %, esto varía según la especie, en el Cuadro 5 podemos observar como los microorganismos degradaron la lignina.

Cuadro 5. Porcentaje de lignina en la degradación de aserrín de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) y de *Guazuma crinita* (Bolaina).

Variables		Mm	MLp	K	MC	%Lignina
	Control	2.5	1.4065	0.86952314	1.0310	17.2738
	Hongos 30 -60%	2.5	1.5065	0.63173802	1.3946	7.0852
Capirona	Bacteria 30 -60%	2.5	1.4068	0.59651224	1.2310	11.7885
	Hongos 10 - 30%	2.5	1.4071	0.80956543	1.3796	1.3588
	Bacteria 10 - 30%	2.5	1.4067	0.71505382	1.2810	7.0316
	Control	2.5	1.4065	0.87473595	1.0202	17.6648
	Hongos 30 -60%	2.5	1.4055	0.56914486	1.1683	16.6706
Bolaina	Bacteria 30 -60%	2.5	1.4065	0.47469975	1.1946	17.8555
	Hongos 10 - 30%	2.5	1.4075	0.68878702	1.1651	14.0769
	Bacteria 10 - 30%	2.5	1.5091	0.73719988	1.2383	14.6934

Las especies de hongos inoculadas en el aserrín de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) y de *Guazuma crinita* (Bolaina) mostraron mayor capacidad de degradación encontrándose en un porcentaje de humedad entre 10 – 30%, tanto en la degradación de lignina y celulosa tal y como podemos

observar en los Cuadros 5 y 6, estos datos fueron obtenidos después de 05 meses de evaluación en campo.

Cuadro 6. Porcentaje de celulosa en la degradación de aserrín de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) y de *Guazuma crinita* (Bolaina).

Variables	Masa del crisol con Celulosa (McCel)	Masa del crisol (Mc)	Masa de las Cenizas (MC)	Masa de la Muestra (Mm)	Fracción de Masa Seca (K)	% de Celulosa
Control	34.5354	33.7077	33.7090	2.0000	0.8695	47.5203
Hongos 30 -60%	34.7915	34.1876	34.1888	2.0000	0.6317	47.7017
Capirona Bacteria 30 -60%	34.2166	33.7077	33.7108	2.0000	0.5965	42.3964
Hongos 10 - 30%	42.4707	41.8390	41.8434	2.0000	0.8096	38.7430
Bacteria 10 - 30%	44.6294	43.9774	43.9686	2.0000	0.7151	46.2063
Control	35.1952	34.1875	34.1862	2.0000	0.8747	57.6745
Hongos 30 -60%	34.2294	33.7077	33.7098	2.0000	0.5691	45.6474
Bolaina Bacteria 30 -60%	34.7254	34.1877	34.1923	2.0000	0.4747	56.1513
Hongos 10 - 30%	42.6443	41.8390	41.8679	2.0000	0.6888	56.3599
Bacteria 10 - 30%	44.7194	43.9774	43.9041	2.0000	0.7372	55.2971

#### 4.3. Comparar los microorganismos presentes en la degradación del Aserrín de la *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) y *Guazuma crinita* (Bolaina).

En el Cuadro 7 podemos observar el consolidado de datos obtenidos el cual comparando la actividad de degradación de lignina y celulosa en ambas especies podemos observar que a un porcentaje de humedad de entre 10 – 30% los hongos inoculados poseen un mayor desempeño de degradación que los comparados con las bacterias inoculadas.

Cuadro 7. Microorganismos identificados e inoculados presentes en la degradación del aserrín de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) y *Guazuma crinita* (Bolaina).

Variables	Especie	Variedad de Humedad	% de Celulosa	%Lignina	
Capirona	Control - Sin inoculo		47.5202	17.2738	
	Hongos	- Stachybotrys sp.	30 -60%	47.7017	7.0852
		- Fusarium solani			
	Bacteria	- Citrobacter freundie	30 -60%	42.3964	11.7885
		- Proteus mirabilis			
		- Enterobacter aerogerus			
	Hongos	- Stachybotrys sp.	10 - 30%	38.7430	1.3587
		- Fusarium solani			
		- Citrobacter freundie			
	Bacteria	- Proteus mirabilis	10 - 30%	46.2063	7.0316
- Enterobacter aerogerus					
Bolaina	Control - Sin inoculo		57.6745	17.6647	
	Hongos	- Penicillium brevicompactum	30 -60%	45.6474	16.6706
		- Cladosporim sp.			
	Bacteria	- Enterobacter agglomerans	30 -60%	56.1512	17.8554
		- Enterobacter aerogerus			
	Hongos	- Penicillium brevicompactum	10 - 30%	56.3599	14.0769
		- Cladosporim sp.			
	Bacteria	- Enterobacter agglomerans	10 - 30%	55.2970	14.6934
- Enterobacter aerogerus					

## V. DISCUSIÓN

CARPEZAT (2011), menciona que cada especie de hongo xilófago tiene un óptimo de temperatura, el cual está de acuerdo a su desarrollo, ya sea como micelio, formación de cuerpos fructíferos, germinación de esporas. La mayoría de los hongos crecen bajo las siguientes condiciones:

Temperatura entre los 3°C y 35°C, pero las temperaturas óptimas para su desarrollo se encuentran entre los 25 a 30°C (WOLFF, 1989).

Contenido de humedad, es absolutamente necesaria para la germinación de las esporas, para la secreción de las enzimas fúngicas y para que éstas disuelvan el substrato leñoso, para la absorción y transporte de las sustancias nutritivas dentro del hongo y para la constitución de sus nuevos tejidos, para toda actividad vital de los hongos xilófagos. Con contenidos de humedad sobre el 20% es posible el desarrollo de estos hongos (CARPEZAT, 2011)

De acuerdo a los datos obtenidos durante la evaluación en campo (Figura 3 y 4) la temperatura en cada uno de los tratamientos se encontraron entre 27°C hasta los 32°C; según menciona WOLFF (1989) es óptimo para el desarrollo de hongos. En cuanto al contenido de humedad se observa que hubo mayor actividad degradadora en los tratamientos con hongos a contenidos de humedad de 10 – 30% como muestran los cuadros 5 y 6.

Entre los microorganismos degradadores de la lignocelulosa se encuentra principalmente los hongos, ya que tienen sistemas ligninolíticos pertenecen principalmente a la clase de los Basidiomycetes y son llamados hongos de la podredumbre blanca, entre los cuales hay especies saprófitas. Además, existen Ascomycetes que han sido estudiados en la degradación de la lignina como *Fusarium oxysporum*, *Penicillium sp.* y sobre todo el género *Aspergillus* entre ellos, las especies de *A. niger*, *A. flavus*, *A. japonicus* y *A. fumigatus*. También se han registrado hongos levaduriformes con la capacidad de degradar lignina, como *Candida sake*, *Cryptomyces laurentii*, *Rhodotorula glutinis*. Los hongos descomponedores de paja son un grupo ecológicamente importante de microorganismos involucrados en el reciclamiento del carbono en los suelos y su hábitat es la parte superior de los suelos en bosques y prados, que son ricos en materia orgánica como la celulosa, hemicelulosa y lignina provenientes de plantas muertas (hojas y ramas). La biodegradación de la lignina es un paso clave para el reciclamiento de carbono en los ecosistemas terrestres, donde los basidiomicetes degradan los polímeros de la madera facilitando la utilización de la celulosa por poblaciones microbiales (MENESES, 2011).

El efecto de las bacterias sobre la madera es variado, se ha detectado 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* (MORA y ENCINAS, 2006).

Se realizó el aislamiento de microorganismos a partir del aserrín de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) y de *Guazuma crinita* (Bolaina), los cuales fueron sembrados en caldo BHI, posteriormente identificados y repicados para utilizarlos como inóculos en los tratamientos.

Los microorganismos identificados durante la investigación en la descomposición del aserrín de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) fueron en Hongos *Stachybotrys sp.* *Fusarium solani*, teniendo mayor porcentaje de degradación en el tratamiento con humedad entre 10 – 30% (Cuadro 5 y 6) en bacterias *Citrobacter freundie*, *Proteus mirabilis*, *Enterobacter aerogerus*, se obtuvo un mayor porcentaje de degradación en el tratamiento cuya humedad osciló entre 10- 30%.(Cuadro 5 y 6), así mismo en aserrín de *Guazuma crinita* (Bolaina) se identificaron en Hongos *Penicillium brevicompactum*, *Cladosporium sp* degradando la lignina en tratamiento de 30-60% de humedad (Cuadro 5) y la celulosa en el tratamiento con una variación de humedad de 10-30% (Cuadro 6) al igual que en el tratamiento con inóculo de bacterias *Enterobacter agglomerans* *Enterobacter aerogerus*.

Según CARPEZAT (2011), la madera está compuesta por tres grupos que forman la pared celular, donde se encuentran las principales macromoléculas: celulosa, hemicelulosas y ligninas, presente en todas las

maderas; otro grupo lo conforman sustancias de bajo peso molecular conocidas también como sustancias extraíbles, que se encuentran en menor cantidad y las sustancias minerales. La proporción y composición química de la lignina y las hemicelulosas difiere para las maderas de coníferas y latifoleadas, mientras que la celulosa es uniforme en composición, en todas las maderas.

La Celulosa es el componente en mayor proporción dentro de la madera, se caracteriza por ser un polímero lineal de alto peso molecular, integrado por unidades monoméricas de glucosa (MARIANI, 2000).

La investigación mostró en el cuadro 7 que los tratamientos con inoculo de hongos y con una humedad de 10- 30 % se obtuvo un 38.7430 % de celulosa comparado con un 47.5203 % de celulosa en el tratamiento de aserrín de Capirona sin inoculo, a su vez se observa que en el tratamiento de aserrín de Bolaina con hongos a un 30 – 60 % de humedad se obtuvo un 45.6474 % de celulosa siendo este menor al tratamiento sin inoculo que se obtuvo 57.6745% de celulosa.

La Lignina es una importante estructura polimérica extremadamente compleja. Su función es formar parte de la lámina media, que delimita y actúa como cementante entre las fibras (sellador y refuerzo mecánico). Es de carácter hidrófobo (repelente al agua), insoluble en la mayoría de los solventes (MARIANI, 2000).

Con respecto a la degradación de lignina podemos observar en el aserrín de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) se observa que en el tratamiento sin inoculo posee un 17.2738% de lignina mientras que el

tratamiento cuya humedad se encontraba de 10 – 30% con inóculo de hongos se obtuvo 1.3588% de lignina, en cuanto al tratamiento de aserrín de *Guazuma crinita* (Bolaina) sin inóculo se observó que este posee 17.6648 % de lignina, mientras que el tratamiento con inóculo de hongos a un 10 – 30% de humedad se obtuvo 14.0769% de lignina, demostrándose que bajo estas condiciones la actividad degradadora es mayor.

## VI. CONCLUSIONES

1. Se aislaron 09 microorganismos (hongos y bacterias) presente en el proceso de descomposición del aserrín de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) identificándose a las especies de hongos *Stachybotrys* sp., *Fusarium solani* en bacterias *Citrobacter freundie*, *Proteus mirabilis*, *Enterobacter aerogerus*. Así mismo también se identificaron a las especies de hongos *Penicillium brevicompactum*, *Cladosporium* sp.y bacterias *Enterobacter agglomerans*, *Enterobacter aerogerus* presente en la degradación del aserrín de *Guazuma crinita* (Bolaina).
2. Se determinó la eficiencia de los microorganismos en la degradación de lignina del aserrín de *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.

3. Se comparó los microorganismos presentes en la degradación del Aserrín de la *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) y *Guazuma crinita* (Bolaina), los hongos identificados en cada una de las especies de madera son distintos obteniéndose mayor eficiencia en el tratamiento de humedad de 10 -30 %, se identificó a la especie *Enterobacter aerogerus* presente en el aserrín de ambas especies *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) y *Guazuma crinita* (Bolaina).

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Tener cuidado con los reactivos para la determinación de lignina y celulosa debido a que el ácido sulfúrico y el ácido nítrico son químicos altamente corrosivos y podrían ocasionar accidentes.
2. Realizar la determinación de lignina y celulosa con otra metodología para poder realizar un número mayor de repeticiones.
3. Realizar la investigación en especies forestales de mayor demanda comercial, o las que generen mayor residuo, previa investigación de campo en los aserraderos de la provincia.
4. Realizar un análisis más profundo y determinar la eficiencia en degradación de lignina y celulosa por especie de microorganismos identificada en las especies de madera.
5. Realizar las pruebas necesarias para establecer esta investigación en un sistema piloto, y de acuerdo a los resultados llevarlo a un sistema de tratamiento aplicable a la realidad de los aserraderos en la provincia.

## VIII. ABSTRACT

### **MICROORGANISMS DEGRADATORS OF CALYOPHYLLUM SPRUCEANUM (BENT.) HOOK AND GUAZUMA CRINITA C.MARTIUS A DIFFERENT LEVELS OF MOISTURE IN NATURAL CONDITIONS**

The present research was done with the purpose of isolating and identifying the microorganisms present in *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) and *Guazuma crinita* (Bolaina) sawdust, which degrade lignin and cellulose, the identified microorganisms were inoculated in the Capirona and Bolaina sawdust, separating them by fungi and bacteria at different percentages of humidity.

The isolation and identification of the microorganisms took place at the laboratory level, the evaluation of the lignin and cellulose degradation in the Capirona and Bolaina sawdust was done in the laboratory with five months of previous field evaluation. The obtained results show that the *Stachybotrys* sp. *Fusarium solani* fungi, identified in the *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) and the *Penicillium brevicompactum*, *Cladosporim* sp. fungi, identified in the *Guazuma crinita* (Bolaina) sawdust have a greater efficiency in the degradation, the cellulose just as much as the lignin at a 10 - 30% humidity level. At the same time, the *Citrobacter freundie* *Proteus mirabilis* *Enterobacter aerogerus* bacter were identified in the *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) sawdust and *Enterobacter agglomerans* *Enterobacter aerogerus.*, identified in the *Guazuma crinita* (Bolaina) sawdust.

Keywords: cellulose, lignin, microorganisms, degradation

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ, E., DÍAZ, S., ALESSANDRINI, M. 2000. Utilización Racional de los Residuos Forestales. [En Línea]. FAO, (<http://www.fao.org/DOCREP/003/Y1237S/y1237s10.htm>, diciembre, 2013.)
- ALTAMIRANO, M.G., POZZO, M.G. 2000. Aislamiento e Identificación de Bacterias Provenientes de un Suelo Sometido a Biorremediación. Instituto Universitario de Ciencias de la Salud. Universidad Nacional del Comahue.
- CASTILLO, J. 2000. Uso de la tecnología. Proyecto Producción Limpia SEPL-GTZ. [En Línea]: Ingeniero Ambiental, (<http://www.ingenieroambiental.com/4014/uteclimchi.pdf>, diciembre, 2016.)
- CARDONA, M. 2008. Contaminación Del Suelo. [En Línea]. ITM, (<http://www.itm.edu.co/Informacion%20Academica/Archivo%20Docentes/200802/Margahta%20cardona/CONTAMINACI%C3%93N%20DEL%20SUELO.doc>, diciembre, 2013.)
- CARPEZAT, C. 2011. Biodegradación de madera de Pinus radiata D. Don modificada térmicamente. Universidad Austral de Chile. 154 p.
- DE LA MAZA, C., GONZÁLEZ, J. y ALEXANDROFF, M. 1998. Indicadores De Contaminación Generados Por La Industria Forestal En Chile. [En Línea]: Revista Ciencias Forestales, (<http://revistacienciasforesta>

[les.uchile.cl/1997-1998\\_vol12-13/n1-2a7.pdf](http://les.uchile.cl/1997-1998_vol12-13/n1-2a7.pdf), Diciembre, 2013.)

FAO. 2012 Datos y Cifras Globales de Productos Forestales [En Línea]: FAO, (<http://www.fao.org/forestry/statistics/80938/es/>, diciembre, 2013.)

FAO. 2014. Depósito de documentos. Utilización racional de los residuos forestales. [En Línea]: FAO, (<http://www.fao.org/docrep/003/y1237s/y1237s10.htm>, diciembre, 2015.)

FERNÁNDEZ, R. 2009. "Propuesta de un plan de acciones para el aprovechamiento integral del aserrín y la rehabilitación ambiental del sector barrio del chofer. Universidad Estatal Amazónica

GALLE, R. 2002. Los residuos industriales y el medio ambiente. [En Línea]: UNNE, ([http://eco.unne.edu.ar/contabilidad/costos/XXViapuco/Trabajo\\_19\\_bis.doc](http://eco.unne.edu.ar/contabilidad/costos/XXViapuco/Trabajo_19_bis.doc), Diciembre, 2013.)

GARCÍA, V. 2004. Introducción a la Microbiología. 2ª Edición. EUNED. Pag. 97

GÓMEZ, T. y VERGARA, M. 2011. Biomasa Forestal. ELO-383 Seminario de electrónica industrial. 4 p.

LILLO, S. y HERRERA, C. 1996. Aserrín utilizado como alimento para la lombriz de tierra Eisenia foetida. [En Línea]: Alianza de Servicios de Información ([http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BIBAC\\_L.xis&method=post&formato=2&cantidad1&expresion=mfn=028148](http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BIBAC_L.xis&method=post&formato=2&cantidad1&expresion=mfn=028148), diciembre, 2013.)

MARIANI, S. 2000. Química de la madera: Conceptos básicos y reacciones.

Publicación docente N° 40. Universidad Austral de Chile p.50

- MENESES, C. 2011. Caracterización y selección de microorganismos asociados a residuos lignocelulósicos (fruto y torta) de la higuera (ricinus communis)". Universidad Católica De Manizales.
- MERINO, J. 2009. Registro del Flujo de Madera en Industrias Aserraderos y Depósitos de Madera en el Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. Memoria de Prácticas Profesionales, pag 10-12
- MORA, N. y ENCINAS, O. 2006. Biodegradación de maderas. Mérida, VE, Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Escuela de Ingeniería Forestal, Grupo de Investigación en Conservación de la Madera, Laboratorio Nacional de Productos Forestales. 111 p.
- OIMT. 1996. Utilización industrial de nuevas especies forestales en el Perú. Lima, Perú 241p.
- REYES, L. 2013. Cuantificación y aprovechamiento de residuos del proceso de aserrío del parque industrial, Ixtlán de Juárez, Oaxaca. Universidad de la Sierra Juárez. Oaxaca, México 85 p.
- SINIA. 2014. Indicadores Nacionales, Producción de madera aserrada en Perú. [En Línea]: SINIA, (<http://sinia.minam.gob.pe/index.php?accion=verIndicador&idElementoInformacion=962&idformula=37#>, diciembre 2016)
- VIGNOTE, S. y MARTÍNEZ, I. 2006. Tecnología de la Madera. 3 ed. Mundi – Prensa. Madrid, ES. 687 p.

WOLFF, J. 1989. Utilización del Pino Oregón (*Pseudotsuga menziessi* (Mirb.) Franco) en la fabricación de trablers de partículas para el uso en exterior. Tesis Universidad Austral de Chile.

**ANEXOS.**



Figura 14. Obtención de aserrín de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona)



Figura 15. Obtención de aserrín de *Guazuma crinita* (Bolaina)



Figura 16. Disposición del aserrín en estudio a descomponer



Figura 17. Aserrín colocado en envases de 28 x 12 x 18 cm. rotulados con el nombre de la especie y las condiciones del tratamiento



Figura 18. Control de temperatura durante los meses de evaluación

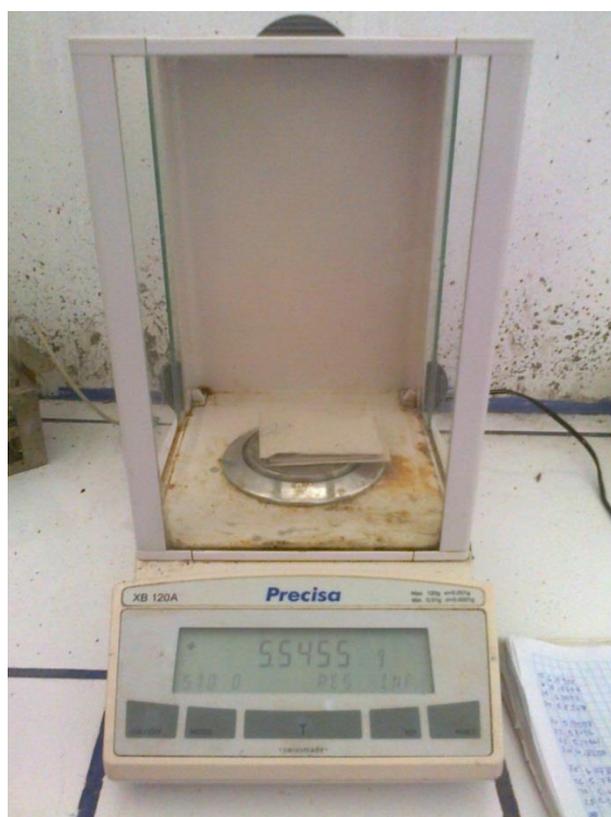


Figura 19. Determinando la densidad final de la evaluación



Figura 20. Peso de especie maderable para aislamiento de microorganismos



Figura 21. Las colonias desarrolladas repicadas en medio de BHI (caldo cerebro corazón) adicionado de manitol 1 % y se almaceno



Figura 22. Siembra en los caldos peptona, MRVP y en los medios Citrato, T.S.I, L.I.A, Malonato y Urea



Figura 23. Lectura de resultados después de 24 horas de incubación

Cuadro 8. Prueba bioquímica de identificación de bacterias

Especie	INDOL	RIM	PVM	CM	LIA	TSI	CS	UREA	SIM	SIM			GENERO	ESPECIE
										M=MOTILIDAD	I=INDOL	SH <sub>2</sub> =ACIDO SULFU RICO		
Capirona	-	+	-	-	K/A	-	+	-	-	-	-	-	CITROBACTER	FREUNDLIE
Bolaina	-	-	-	-	-	-	+	-	MOTILIDAD	+	-	-	ENTEROBLACTER	AGGLOMERANS
Capirona	-	+	+	-	K/A	-	-	-	MOTILIDAD	+	-	-	PROTEUS	MIRABILIS
Capirona	-	-	+	-	K/A CON GAS	-	+	-	-	-	-	-	ENTEROBLACTER	AEROGERUS
Bolaina	-	-	+	-	K/A CON GAS	-	+	-	-	-	-	-	ENTEROBLACTER	AEROGERUS

K/A = VERDE = NEGATIVO (GAS)  
 K/A = AMARILLO = AZUL = POSITIVO  
 AMARILLO = MOTILIDAD  
 AMARILLO OSCURO = ACIDO SULFU RICO



Figura 24. Extracción de alcohol – benceno de las muestras de aserrín



Figura 25. Muestra con Alcohol – ácido nítrico



Figura 26. Se decantó el líquido sobrenadante sobre el crisol filtrante con la ayuda de la bomba al vacío



Figura 27. Crisol con celulosa en la mufla hasta llevarlo a cenizas y anotar el peso de las cenizas



Figura 28. Muestra con ácido sulfúrico en ebullición, para determinar lignina



Figura 29. Muestras con ácido sulfúrico para filtrar, determinación de lignina



Figura 30. Muestra secada en estufa y pesada, determinación de lignina



Figura 31. Muestra luego de ser incinerada, para determinar lignina

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación se lo dedico primero a Dios por darme la fortaleza necesaria para cumplir con mis metas profesionales y personales.

De igual manera a mis padres Ciro Credo Remigio y María Lanares Ríos por su amor, paciencia y apoyo durante mis estudios y la ejecución de mi tesis.

A mis hermanas Mayra Credo Lanares, Valeria Credo Lanares y mi sobrino Santiago, por ser parte importante en mi vida y siempre tener su apoyo incondicional.

A mi abuelita, mis tíos, primas y demás familiares por su apoyo durante la ejecución de mi tesis.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por permitirme concretar mis metas y poder compartir este momento tan especial con mis seres queridos.

A mis padres por su amor, confianza y apoyo durante la ejecución de mi investigación.

A mis hermanas y mi sobrino por ayudarme en la instalación y evaluación durante la ejecución.

A mis amigos Kelly, Richard, Franco, Charles por su amistad incondicional y por el apoyo durante la ejecución

A los miembros de mí jurado y asesor por su paciencia, dedicación y aporte científicos que me transmitieron en el desarrollo de mi investigación.

A los técnicos de laboratorio por su apoyo en la utilización de instrumentos y maquinarias de laboratorio.

## ÍNDICE

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1. Aprovechamiento forestal .....	4
2.2. Descripción de la industria maderera .....	4
2.3. Principales residuos madereros .....	5
2.4. Aserrín .....	6
2.5. Reducción de residuos en el origen .....	11
2.6. Microorganismos degradadores de celulosa y lignina .....	13
2.7. Maderas del estudio .....	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	25
3.1. Descripción de la zona de trabajo .....	25
3.1.1. Lugar de ejecución .....	25
3.1.2. Características ambientales del área de estudio.....	26
3.2. Materiales y equipos .....	26
3.2.1. Materiales .....	26
3.2.2. Equipos .....	27

3.3. Metodología .....	27
3.3.1. Obtención de aserrín de las especies maderables de <i>Guazuma crinita</i> (Bolaina) y <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Capirona) .....	27
3.3.2. Disposición del aserrín en estudio a descomponer .....	27
3.3.3. Parámetros y datos a evaluar .....	28
3.3.4. Niveles de humedad para cada especie .....	29
3.3.5. Aislar microorganismos presente en el proceso de descomposición del aserrín de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Capirona) y de <i>Guazuma crinita</i> (Bolaina). .....	31
3.3.6. Determinar la eficiencia de los microorganismos presentes en la degradación de lignina y celulosa del aserrín de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Capirona) y de <i>Guazuma crinita</i> (Bolaina). .....	33
3.3.7. Comparar los microorganismos presentes en la degradación del Aserrín de la <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Capirona) y <i>Guazuma crinita</i> (Bolaina).....	34
IV. RESULTADOS.....	35
4.1. Parámetros evaluados.....	35
4.2. Aislar microorganismos presente en el proceso de descomposición del aserrín de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Capirona) y de <i>Guazuma crinita</i> (Bolaina). .....	38

4.3. Determinar la eficiencia de los microorganismos presentes en la degradación de lignina y celulosa del aserrín de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Capiroña) y de <i>Guazuma crinita</i> (Bolaina). .....	44
4.3. Comparar los microorganismos presentes en la degradación del Aserrín de la <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Capiroña) y <i>Guazuma crinita</i> (Bolaina). .....	45
V. DISCUSIÓN .....	47
VI. CONCLUSIONES .....	52
VII. RECOMENDACIONES .....	54
VIII. ABSTRACT .....	55
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	56
ANEXOS.....	60

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Densidad del aserrín de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Capirona) y de <i>Guazuma crinita</i> (Bolaina). ....	36
2. Porcentaje de humedad de aserrín antes de realizar el inóculo de microorganismos. ....	37
3. Porcentaje de humedad después del inóculo de microorganismos identificados, con el porcentaje de humedad deseado en la evaluación. ....	38
4. Microorganismos aislados de residuos de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Capirona) y de <i>Guazuma crinita</i> (Bolaina) usados en este proyecto.....	39
5. Porcentaje de lignina en la degradación de aserrín de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Capirona) y de <i>Guazuma crinita</i> (Bolaina).....	44
6. Porcentaje de celulosa en la degradación de aserrín de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Capirona) y de <i>Guazuma crinita</i> (Bolaina).....	45
7. Microorganismos identificados e inculados presentes en la degradación del aserrín de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Capirona) y <i>Guazuma crinita</i> (Bolaina).....	46
8. Prueba bioquímica de identificación de bacterias .....	66

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Degradación de la membrana de la punteadura en madera de pino caribe atacado por bacterias (MORA y ENCINAS, 2006) .....	14
2. Área de estudio.....	25
3. Temperatura de los residuos de <i>Calycophyllum spruceanum</i> en cada uno de los tratamientos. ....	35
4. Temperatura de los residuos <i>Guazuma crinita</i> evaluados durante los cinco meses para cada uno de los tratamientos. ....	36
5. <i>Citrobacter freundie</i> , vista microscópica aislado del aserrín de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Capirona). ....	39
6. Vista microscópica de <i>Proteus mirabilis</i> , identificado en el aserrín de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Capirona). ....	40
7. Vista microscópica del <i>Enterobacter Aerogerus</i> , aislado del aserrín de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Capirona). ....	40
8. Vista microscópica del <i>Enterobacter Agglomerans</i> , aislado del aserrín de <i>Guazuma crinita</i> (Bolaina). ....	41
9. Vista microscópica del <i>Enterobacter aerogerus</i> , aislado del aserrín de <i>Guazuma crinita</i> (Bolaina). ....	41
10. Identificación de hongo filamentoso <i>Penicillium brevicompactum</i> , aislado de aserrín de <i>Guazuma crinita</i> (Bolaina). ....	42

11. Identificación de <i>Stachybotrys sp.</i> aislado de aserrín <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Capiroa).....	42
12. <i>Fusarium solani</i> , aislado del aserrín de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Capiroa). .....	43
13. Identificada como <i>Cladosporium sp.</i> aislado de aserrín de <i>Guazuma crinita</i> (Bolaina).....	43
14. Obtención de aserrín de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Capiroa).....	61
15. Obtención de aserrín de <i>Guazuma crinita</i> (Bolaina).....	61
16. Disposición del aserrín en estudio a descomponer .....	62
17. Aserrín colocado en envases de 28 x 12 x 18 cm. rotulados con el nombre de la especie y las condiciones del tratamiento .....	62
18. Control de temperatura durante los meses de evaluación.....	63
19. Determinando la densidad final de la evaluación .....	63
20. Peso de especie maderable para aislamiento de microorganismos .....	64
21. Las colonias desarrolladas repicadas en medio de BHI (caldo cerebro corazón) adicionado de manitol 1 % y se almaceno .....	64
22. Siembra en los caldos peptona, MRVP y en los medios Citrato, T.S.I, L.I.A, Malonato y Urea .....	65
23. Lectura de resultados después de 24 horas de incubación.....	65
24. Extracción de alcohol – benceno de las muestras de aserrín.....	67
25. Muestra con Alcohol – ácido nítrico.....	67
26. Se decantó el líquido sobrenadante sobre el crisol filtrante con la ayuda de la bomba al vacío .....	68

27. Crisol con celulosa en la mufla hasta llevarlo a cenizas y anotar el peso de las cenizas.....	68
28. Muestra con ácido sulfúrico en ebullición, para determinar lignina .....	69
29. Muestras con ácido sulfúrico para filtrar, determinación de lignina.....	69
30. Muestra secada en estufa y pesada, determinación de lignina .....	70
31. Muestra luego de ser incinerada, para determinar lignina .....	70

## RESUMEN

La presente investigación se realizó con la finalidad de aislar e identificar los microorganismos degradadores de lignina y celulosa presentes en el aserrín de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) y de *Guazuma crinita* (Bolaina), los microorganismos identificados fueron inoculados en el aserrín de Capirona y Bolaina separándolos por hongos y bacterias a diferentes porcentajes de humedad.

El aislamiento e identificación de microorganismos se realizaron a nivel de laboratorio, la evaluación de la degradación de lignina y celulosa en el aserrín de Capirona y Bolaina se realizaron en el laboratorio previa evaluación en campo por 5 meses. El resultado obtenido muestra que los hongos *Stachybotrys* sp. *Fusarium solani* identificados en la *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) y los hongos *Penicillium brevicompactum*, *Cladosporium* sp. identificados en el aserrín de *Guazuma crinita* (Bolaina) tienen una mayor eficiencia en la degradación tanto de la celulosa como la lignina a un nivel de humedad de 10 - 30%. Así mismo se identificaron a las bacterias *Citrobacter freundii* *Proteus mirabilis* *Enterobacter aerogenus* en el aserrín de *Calycophyllum spruceanum* (Capirona) y *Enterobacter agglomerans* *Enterobacter aerogenus*. Identificados en el aserrín de *Guazuma crinita* (Bolaina).

Palabras claves: celulosa, lignina, microorganismos, degradación.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**MICROORGANISMOS DEGRADADORES DEL ASERRÍN DE *Calycophyllum spruceanum* (Bent.) Hook Y *Guazuma crinita* C.Martius. A DIFERENTES NIVELES DE HUMEDAD EN CONDICIONES NATURALES**

**Autor** : KEILLY ESTEFANY CREDO LANARES

**Asesor** : Ing. CESAR A. GOZNE SULCA

**Programa de Investigación** : Microbiología

**Línea (s) de investigación** : Biodiversidad

**Eje temático de investigación** : Determinar los microorganismos para la mejora de la calidad de suelo.

**Lugar de Ejecución** : Tingo María

**Duración**    **Fecha de Inicio** : 10 de Abril del 2014

**Termino** : 10 de Abril del 2015

**Financiamiento** : Monto S/. 3 000.00

**FEDU** : S/. 0 .00

**Propio** : S/. 3 000.00

**Otros** : - S/. 0 .00