



---

---

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO**  
**INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**ÁREA ACADÉMICA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

**T E S I S**

**CARACTERIZACIÓN FLORÍSTICA DEL PREDIO “El  
Pozo” EN ACAXOCHITLÁN, HIDALGO, Y ANÁLISIS  
*in vitro* DEL CRECIMIENTO MICELIAL DE  
BASIDIOMICETOS CON BIOMASA DE ESPECIES  
FORESTALES**

Para obtener el título de

**Licenciado en Ingeniería Forestal**

PRESENTA

Ivan Miranda Miranda

DIRECTOR

Dr. Ramón Razo Zárate

CODIRECTORA

M. en C. Gabriela De Vega Luttmann

Santiago Tulantepec, Hidalgo, marzo de 2026



---

---

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO**  
**INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**ÁREA ACADÉMICA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

**T E S I S**

**CARACTERIZACIÓN FLORÍSTICA DEL PREDIO “El  
Pozo” EN ACAXOCHITLÁN, HIDALGO, Y ANÁLISIS  
*in vitro* DEL CRECIMIENTO MICELIAL DE  
BASIDIOMICETOS CON BIOMASA DE ESPECIES  
FORESTALES**

Para obtener el título de

**Licenciado en Ingeniería Forestal**

PRESENTA

Ivan Miranda Miranda

COMITÉ

Director

Dr. Ramón Razo Zarate

Codirectora

M. en C. Gabriela De Vega Luttmann

Asesores

Dr. Oscar Arce Cervantes

Dr. Rodrigo Rodríguez Laguna

Santiago Tulantepec, Hidalgo, marzo de 2026



Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo; a 04 de marzo de 2026

**Asunto:** Autorización de impresión

**Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado**  
 Directora de Administración Escolar de la UAEH

Por este conducto y con fundamento en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículo 40 del Reglamento de Titulación, le comunico que el jurado que le fue asignado al pasante de Licenciatura en Ingeniería Forestal, **Ivan Miranda Miranda**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado **“Caracterización florística del predio “El Pozo” en Acaxochitlán, Hidalgo, y análisis in vitro del crecimiento micelial de Basidiomicetos con biomasa de especies forestales”**, que después de revisarlo en reunión de sinodales, ha decidido autorizar la impresión de este, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los miembros del jurado:


- PRESIDENTE:** Dr. Rodrigo Rodríguez Laguna
- SECRETARIO:** Dr. Oscar Arce Cervantes
- VOCAL 1:** Dr. Ramón Razo Zárate
- VOCAL 2:** Mtra. Gabriela de Vega Luttmann

Sin otro particular por el momento, me despido de usted.

Atentamente  
 “Amor, Orden y Progreso”



**Dr. José González Ávalos**  
 Coordinador del Programa Educativo  
 en Ingeniería Forestal



**Dr. Armando Peláez Acero**  
 Director del ICAP



Avenida Universidad #133, Col. San Miguel Huatengo,  
 Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo,  
 México. C.P. 43775.  
 Teléfono: 7717172001 Ext. 42173  
 profe\_5566@uaeh.edu.mx

“Amor, Orden y Progreso”



2025



uaeh.edu.mx

La presente tesis titulada: “**Caracterización florística del predio “El Pozo” en Acaxochitlán, Hidalgo, y análisis in vitro del crecimiento micelial de Basidiomicetos con biomasa de especies forestales**” realizada por el pasante **Ivan Miranda Miranda**, bajo la dirección del Dr. Ramón Razo Zárate y Codirectora Mtra. Gabriela de Vega Luttmann y el comité asesor indicado, ha sido aprobada por los mismos y aceptada como requisito parcial para obtener el título de:

## LICENCIADO EN INGENIERÍA FORESTAL

Comité asesor



---

Dr. Ramón Razo Zárate  
**Director**



---

Mtra. Gabriela de Vega Luttmann  
**Codirectora**



---

Dr. Rodrigo Rodríguez Laguna  
**Asesor**



---

Dr. Oscar Arce Cervantes  
**Asesor**

Santiago Tulantepec, Hidalgo, marzo de 2026.

## Resumen

El presente estudio integró la caracterización florística de un predio bajo manejo forestal en Acaxochitlán, Hidalgo, con la evaluación de la velocidad de crecimiento micelial de cuatro basidiomicetos de importancia comestible y medicinal (*Ganoderma lucidum*, *Hericiium erinaceus*, *Lentinula edodes* y *Pleurotus ostreatus*) en medios de cultivo sólidos suplementados con latifoliadas (*Quercus laurina*, *Quercus rugosa*, *Arbutus xalapensis* y *Prunus serotina*). La caracterización florística evidenció una composición típica de bosque templado pino-encino con afinidad a la provincia florística Mesoamericana, destacando la presencia dominante de *Quercus spp.* y otros taxones asociados a condiciones climáticas templadas, así como una marcada heterogeneidad estructural derivada de antecedentes de aprovechamiento forestal. En cuanto al crecimiento micelial, los resultados demostraron que la respuesta está determinada tanto por la especie fúngica como por el tipo de madera empleada: *Pleurotus ostreatus* y *Lentinula edodes* mostraron una alta plasticidad metabólica, mientras que *Ganoderma lucidum* y *Hericiium erinaceus* evidenciaron mayor selectividad hacia determinados sustratos. Aunque las maderas del género *Quercus spp.* son consideradas ideales para el cultivo de hongos, se confirmaron diferencias entre especies del mismo género. Estos hallazgos resaltan el potencial de los residuos forestales para su valorización productiva, fortaleciendo la economía local y promoviendo estrategias de manejo forestal sustentable.

**Palabras clave:** Caracterización florística, latifoliadas, *Quercus spp.*, *Ganoderma*, *Hericiium*, *Lentinula*, *Pleurotus*, residuos forestales, velocidad de crecimiento micelial.

## Índice de contenido

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos .....	ii
Resumen .....	iii
I. Introducción .....	3
II. Antecedentes .....	6
1. Generalidades de las especies forestales utilizadas en forma de aserrín .....	11
1.1. <i>Arbutus xalapensis</i> Kunth.....	11
1.1.1 Datos taxonómicos.....	11
1.1.2 Descripción botánica.....	11
1.1.3 Ecología y requerimientos.....	12
1.1.4 Usos.....	13
1.1.5 Propagación y manejo.....	13
1.2. <i>Prunus serotina</i> subsp. <i>capuli</i> (Cav.) McVaugh.....	14
1.2.1 Datos taxonómicos.....	14
1.2.2 Descripción botánica.....	14
1.2.3 Ecología y requerimientos.....	15
1.2.4 Usos.....	15
1.2.5 Propagación y manejo.....	16
1.3. <i>Quercus laurina</i> Bonpl.....	12
1.3.1 Datos taxonómicos.....	12
1.3.2 Descripción botánica.....	12
1.3.3 Ecología y requerimientos.....	13
1.3.4 Usos.....	14
1.3.5 Propagación y manejo.....	14
1.4. <i>Quercus rugosa</i> Née.....	15
1.4.1 Datos taxonómicos.....	15
1.4.2 Descripción botánica.....	15
1.4.3 Ecología y requerimientos.....	16
1.4.4 Usos.....	17
1.4.5 Propagación y manejo.....	17
2. Generalidades de los hongos .....	18
2.1. <i>Ganoderma lucidum</i> (Curtis) P. Karst. ....	18

2.2. <i>Hericium erinaceus</i> (Bull.) Pers. 1797.....	20
2.3. <i>Lentinula edodes</i> (Berk.).....	22
2.4. <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P.Kumm. ....	24
III. Objetivos .....	26
1. Objetivo general.....	26
2. Objetivos específicos.....	26
IV. Metodología .....	27
1. Área de estudio .....	27
2. Caracterización florística .....	29
3. Recolección de especies forestales usadas como sustratos.....	30
4. Tratamiento aplicado al material lignocelulósico.....	31
5. Obtención de las cepas .....	31
6. Crecimiento micelial en placas.....	32
7. Análisis estadístico .....	32
IV. Resultados .....	33
1. Caracterización florística .....	33
2. Crecimiento micelial.....	38
V. Discusión de resultados.....	52
1. Caracterización florística .....	52
2. Crecimiento micelial .....	53
VI. Conclusiones .....	58
Bibliografía .....	60

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1 <i>Arbutus xalapensis</i> , imagen obtenida de: original.jpg (1536×2048) (inaturalist-open-data.s3.amazonaws.com).....	12
Ilustración 2 <i>Prunus serotina</i> , imagen obtenida de: Árboles y arbustos de la Facultad de Ciencias - Laboratorio de Plantas Vasculares, Facultad de Ciencias UNAM.....	15
Ilustración 3 <i>Quercus laurina</i> , imagen obtenida de: Árboles y arbustos de la Facultad de Ciencias - Laboratorio de Plantas Vasculares, Facultad de Ciencias UNAM.....	13
Ilustración 4 <i>Quercus rugosa</i> , imagen obtenida de: Árboles y arbustos de la Facultad de Ciencias - Laboratorio de Plantas Vasculares, Facultad de Ciencias UNAM.....	16
Ilustración 5 Cuerpo fructífero de <i>Ganoderma lucidum</i> (Bidegain, CONICET, s.f.).....	19
Ilustración 6 Cuerpo fructífero de <i>Hericiium erinaceus</i> (R/mycology, 2019).....	21
Ilustración 7 <i>Lentinula edodes</i> (GBIF, s.f.).....	23
Ilustración 8 <i>Pleurotus ostreatus</i> (Life, s.f.).....	25
Ilustración 9 Macrolocalización del área de estudio.....	27
Ilustración 10 Uso de suelo y vegetación, serie VII (INEGI).....	28
Ilustración 11 Provincia florística.....	28
Ilustración 12 Reino floral.....	29
Ilustración 13 Extracción del material lignocelulósico.....	31

## Índice de gráficos

Gráfico 1: Agrupación de especies según similitudes morfológicas.....	37
Gráfico 2: Efecto del tratamiento testigo (EMA) sobre la velocidad de crecimiento radial de <i>Ganoderma lucidum</i> .....	38
Gráfico 3: Efecto del tratamiento E2 sobre la velocidad de crecimiento radial de <i>Ganoderma lucidum</i> ...	39
Gráfico 4: Efecto del tratamiento E1 sobre la velocidad de crecimiento radial de <i>Ganoderma lucidum</i> ...	39
Gráfico 5: Efecto del tratamiento CA sobre la velocidad de crecimiento radial de <i>Ganoderma lucidum</i> ...	40
Gráfico 6: Efecto del tratamiento M sobre la velocidad de crecimiento radial de <i>Ganoderma lucidum</i> ....	40
Gráfico: 7 Crecimiento micelial promedio de <i>G. lucidum</i> (mm/día).....	41
Gráfico 8: Efecto del tratamiento testigo (EMA) sobre la velocidad de crecimiento radial de <i>Hericiium erinaceus</i> .....	42
Gráfico 9: Efecto del tratamiento E1 sobre la velocidad de crecimiento radial de <i>Hericiium erinaceus</i> .....	42
Gráfico 10: Efecto del tratamiento E2 sobre la velocidad de crecimiento radial de <i>Hericiium erinaceus</i> ...	43
Gráfico 11: Efecto del tratamiento CA sobre la velocidad de crecimiento radial de <i>Hericiium erinaceus</i> ...	43
Gráfico 12: Efecto del tratamiento M sobre la velocidad de crecimiento radial de <i>Hericiium erinaceus</i> ...	44
Gráfico 13: Crecimiento micelial promedio de <i>H. erinaceus</i> (mm/día).....	44
Gráfico 14: Efecto del tratamiento testigo (EMA) sobre la velocidad de crecimiento radial de <i>Lentinula edodes</i> .....	45
Gráfico 15: Efecto del tratamiento E1 sobre la velocidad de crecimiento radial de <i>Lentinula edodes</i> .....	46
Gráfico 16: Efecto del tratamiento E2 sobre la velocidad de crecimiento radial de <i>Lentinula edodes</i> .....	46
Gráfico 17: Efecto del tratamiento CA sobre la velocidad de crecimiento radial de <i>Lentinula edodes</i> .....	47

Gráfico 18: Efecto del tratamiento M sobre la velocidad de crecimiento radial de Lentinula edodes .....	47
Gráfico 19: Crecimiento micelial promedio de L. edodes (mm/día) .....	48
Gráfico 20: Efecto del tratamiento testigo (EMA) sobre la velocidad de crecimiento radial de Pleurotus ostreatus .....	49
Gráfico 21: Efecto del tratamiento E1 sobre la velocidad de crecimiento radial de Pleurotus ostreatus...	49
Gráfico 22: Efecto del tratamiento E2 sobre la velocidad de crecimiento radial de Pleurotus ostreatus...	50
Gráfico 23: Efecto del tratamiento CA sobre la velocidad de crecimiento radial de Pleurotus ostreatus ..	50
Gráfico 24: Efecto del tratamiento M sobre la velocidad de crecimiento radial de Pleurotus ostreatus ...	51
Gráfico 25: Crecimiento micelial promedio de P. ostreatus (mm/día).....	51

## Índice de tablas

Tabla 1 Distribución de un árbol luego de ser utilizado para madera de aserrío, tomado de FAO (1991). ..	7
Tabla 2 Especies encontradas en cada categoría .....	35
Tabla 3 Resumen de las diferentes comparaciones por pares para los distintos tratamientos (Tukey (HSD)) .....	56
Tabla 4 Resumen de las comparaciones por pares para cada basidiomiceto (Tukey (HSD)) .....	57

## I. Introducción

Los bosques y los árboles ofrecen soluciones eficaces en función del costo a las crisis del clima, la biodiversidad y forman parte integral de la transformación hacia sistemas agroalimentarios más eficientes, inclusivos, resilientes y sostenibles en favor de una mejor producción, una mejor nutrición, un mejor medio ambiente y una vida mejor sin dejar a nadie atrás (FAO, 2024).

A nivel mundial la superficie ocupada por bosques es de 4,060 millones de hectáreas (ha), lo que representa el 31% de la superficie total de tierras (FAO, 2020); México es parte de los 12 países megadiversos, que alberga el 70% de la flora y fauna a nivel mundial, la superficie forestal es de 138.7 millones de hectáreas (ha), que corresponde al 70.6% del territorio mexicano (CONAFOR, 2020).

Los ecosistemas forestales entre los que se encuentran: bosques y selvas, manglares, matorral xerófilo y otras asociaciones forestales proporcionan productos y servicios que contribuyen directamente al bienestar de la población y son vitales para nuestras economías y vida cotidiana (PROFEPA, 2020); de igual forma los bosques participan en la conservación y formación de suelos, manteniendo los elementos básicos para la preservación de los hábitats para la fauna silvestre. (Granados-Sánchez & López-Ríos, 2007).

Los bosques templados, conocidos también como bosques de coníferas, bosques de pino, bosques de oyamel o bosques mixtos de pino y encino, están presentes en nuestro país. Este ecosistema retiene el agua de lluvia, infiltra el agua al subsuelo y favorece la recarga de los mantos acuíferos, disminuye la erosión del suelo y reduce el riesgo de inundaciones. Por la variedad de hábitats que ofrece, alberga a muchas especies de flora y fauna, así como una gama de árboles maderables (SEMARNAT, 2021).

En el manejo sustentable de masas forestales es primordial conservar la biodiversidad, mantener la composición forestal, sus valores asociados y el paisaje del ecosistema (Javier Hernández-Salas, 2013). Conocer la riqueza florística de una región, ya sea a

nivel nacional, regional, estatal o municipal, es fundamental tanto para el fortalecimiento y la difusión del conocimiento botánico, como para sustentar la toma de decisiones en materia de manejo, conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Este principio parte de la premisa de que no es posible conservar ni utilizar de manera racional aquello que no ha sido previamente identificado, evaluado y caracterizado; en este sentido, la caracterización florística desempeña un papel crucial en la generación y difusión del conocimiento botánico, estas colectas botánicas que acompañan estos estudios representan una fuente primaria de evidencia científica sobre la presencia y distribución de especies, lo que permite documentar cambios en la vegetación a lo largo del tiempo y sustentar nuevas líneas de investigación (Florencia D. PECH-Cárdenas, 2014; Torrecilla, 2007; Hernández & Alcántara-Salinas, 2020).

La información existente sobre la riqueza florística en México es un elemento clave al proporcionar bases técnicas fundamentales para procesos orientados al desarrollo sustentable, principalmente en comunidades rurales e indígenas, porque son quienes conviven diariamente con estos recursos (Hernández & Alcántara-Salinas, 2020).

La industria maderera, la agricultura y la agroindustria arrojan anualmente grandes cantidades de subproductos, las cuales en la mayoría de los casos son utilizadas de forma ineficiente o son desechados debido al desconocimiento de otros usos por parte de las personas dedicadas a estas actividades (HERRERA, 1997), los residuos lignocelulósicos que se generan en las diversas actividades productivas ofrecen nuevas oportunidades para el desarrollo de sustratos alternativos para el cultivo de hongos comestibles (Luque, 2022).

La lignocelulosa es la biomasa procedente de pastos, árboles y residuos forestales (Gómez, 2008), el material lignocelulósico consiste en tres tipos diferentes de polímeros, celulosa, hemicelulosa y lignina (ORTIZ, 2011), la celulosa es uno de los polímeros naturales renovables más abundantes, está compuesta por sub unidades de D-glucosa unidas por un enlace glucosídico  $\beta$  1-4, la hemicelulosa constituye casi un tercio de la pared celular de la materia vegetal, tiene una estructura amorfa compuesta por carbohidratos que consiste en polímeros de diferentes azúcares como xilosa y arabinosa (pentosas), manosa, glucosa y galactosa (hexosas) y

ácidos de azúcar, la lignina es uno de los polímeros más abundantes en la naturaleza y está presente en la pared celular, la lignina está conformada por biopolímeros fenilpropanoides tridimensionales, el objetivo principal de la lignina es dar a la planta resistencia a la degradación microbiana (en comparación con los polisacáridos y otros biopolímeros naturales), impermeabilidad y soporte estructural (González, 2019; Ortiz, 2011).

Entre los microorganismos más rápidos degradadores de la lignocelulosa se encuentran principalmente los hongos Basidiomycetes (que son llamados hongos de la podredumbre blanca), la capacidad de degradar la lignocelulosa está asociado con el crecimiento micelial que permite al hongo transportar nutrientes escasos como el nitrógeno y hierro hasta cierta distancia en el sustrato lignocelulósico pobre de nutrientes que constituye su fuente de carbono (Sánchez, 2008; Cabezas, 2011).

## II. Antecedentes

La producción forestal en México se subdivide en dos grandes categorías: maderable y no maderable; la primera está constituida por materiales leñosos. La segunda está compuesta por: resinas, fibras, gomas, ceras, hojas, pencas, tallos, semillas, rizomas, tierra de monte, entre otros. Los principales estados productores de madera en 2018 fueron: Durango (30.2%), Chihuahua (19.9%), Oaxaca (9.5%), Veracruz (6.1%) y Michoacán (5.4%), que contribuyeron con el 71.1% de la producción total, equivalente a 5.9 millones de m<sup>3</sup>r (SEMARNAT, 2021).

La actividad productiva forestal genera una importante cantidad de residuos, provenientes de aserraderos, de plantas de transformación física de la madera, de plantas de celulosa y también se incluyen residuos generados al momento del aprovechamiento de los árboles o cosecha forestal y de las intervenciones silvícolas tal como podas y raleos, los residuos del aprovechamiento provienen, principalmente, de ramas y fustes descartados por defectos o por estar quebrados, que no tienen uso como materia prima para la industria del aserrío (Peña F & Acuña C, 2015).

A la fecha, la mayoría de los residuos de cosecha quedan distribuidos o acumulados en el sitio de la plantación cosechada, también son utilizados como un gran potencial de combustible derivados del manejo forestal y algunas empresas forestales aplican un proceso de trituración para la elaboración de tableros ó utilizados como residuos protectores de suelo “mulch” (Peña F & Acuña C, 2015; Bertrán Spichiger & Morales Verdugo, 2008).

No es raro que un 60 por ciento del total del árbol talado se quede en el bosque y que las especies no comerciales se dejen para corta y quema, o simplemente se talen y se dejen pudrir para facilitar el acceso a la extracción de árboles. Las prácticas de aserrar y cuadrar los troncos en el aserradero desperdician otro ocho a diez por ciento y 30 a 50 por ciento, respectivamente (FAO, 1991).

En la tabla 1 se enlistan los residuos forestales generados por el aprovechamiento forestal y la industria forestal.

Tabla 1 Distribución de un árbol luego de ser utilizado para madera de aserrío, tomado de FAO (1991).

Parte o producto del árbol	Proporción (%)
<b>Dejado en el bosque:</b>	
Copa, ramas y follaje	23
Tocón (excluidas las raíces)	10
Aserrín	5
<b>Aserrío:</b>	
Virutas, costeros y recortes	17
Aserrín y menudos	7
Pérdidas varias	4
Corteza	5.5
madera aserrada	28
Total	100

Los materiales lignocelulósicos en forma de residuos agrícolas y forestales son el recurso natural más abundante, renovable e inagotable, la lignocelulosa es el principal componente estructural de las plantas leñosas y no leñosas, es la parte fibrosa y sin almidón de los materiales vegetales, constituye aproximadamente la mitad de la materia producida por la fotosíntesis, esta biomasa vegetal se compone de celulosa, la hemicelulosa y la lignina, sus tres constituyentes principales que están fuertemente unidas mediante enlaces cruzados no covalentes; la biomasa lignocelulósica no forma parte de la cadena alimentaria humana y por lo tanto su uso en bio aceites, bioenergía u otros usos no amenaza el suministro mundial de alimentos (Prabir, 2010; Kuhad & Singh, 2007).

Un buen ejemplo de biomasa lignocelulósica es una planta leñosa, es decir cualquier planta vascular que tenga un tallo perenne por encima del suelo y esté cubierta por una corteza espesa, las plantas leñosas incluyen árboles, arbustos, cactus y enredaderas perennes (el tronco y las hojas de las plantas arbóreas forman el grupo más grande de biomasa disponible), otro ejemplo son las plantas herbáceas, que es aquella cuyas hojas y tallos mueren anualmente al final de la temporada de crecimiento (Prabir, 2010).

Los medios de cultivo podrían ser definidos como el conjunto de elementos o sustancias que garantizan a los microorganismos u otras células los nutrientes

necesarios para su conservación y/o desarrollo estos elementos o sustancias pueden ser de origen orgánico o inorgánico, natural o artificial. su finalidad es garantizar el crecimiento del organismo o célula, su identificación o diferenciación dentro de un conjunto de ellos e, incluso, inhibir el desarrollo de otros (Martínez & Zhurbenko, 2018).

La medición de la velocidad de crecimiento en hongos filamentosos, indica la capacidad del microorganismo para colonizar algún sustrato empleado en procesos de fermentación en medio sólido. El crecimiento radial y longitudinal son dos métodos propuestos para evaluar la capacidad de los hongos para invadir y adaptarse a los nutrientes sobre un sustrato (Gutiérrez & Saucedo, 1999).

Los hongos superiores se agrupan en dos divisiones: Ascomycota y Basidiomycota, dependiendo si el desarrollo de las esporas vegetativas ocurre en ascos o en basidios, los Ascomycota producen ascosporas en el interior de una estructura en forma de saco denominada asca y los Basidiomycota producen basidiosporas en el exterior de una estructura denominada basidio, los basidiomycetes tienen aproximadamente 30,000 especies, es decir una menor cantidad que los Ascomycetes y se distinguen macro y microscópicamente de éstos; las principales partes que conforman una seta o carpóforo de un basidiomiceto son: el píleo (sombrero), himenio, anillo, estípite (pie) y volva. Aunque es normal encontrarse con algunas setas que no tienen todas estas partes; los basidiomycota se dividen en tres subdivisiones, Subdivisión Agaricomycotina: hongos con basidios; Ustilaginomycotina: carbones y grupos afines; Pucciniomycotina: royas y grupos similares (Ureña, 2002; Salazar-Vidal, 2016).

*Ganoderma lucidum* es un hongo basidiomiceto ampliamente reconocido por sus propiedades medicinales. El epíteto específico *lucidum*, de origen latino, significa brillante o resplandeciente, característica que describe adecuadamente la apariencia del cuerpo fructífero, el cual presenta una superficie modelada, esculpida y con aspecto barnizado. Esta especie es conocida en China y Corea como Ling Zhi, término asociado al concepto de inmortalidad, mientras que en Japón recibe el nombre de reishi o mannentake, que significa “hongo de 10,000 años”. Las virtudes atribuidas a los extractos de *G. lucidum*, transmitidas de generación en generación, lo han posicionado como un símbolo de buen augurio, buena fortuna, buena salud, longevidad e incluso

inmortalidad, además de haber sido considerado tradicionalmente como un remedio contra diversas enfermedades, incluido el cáncer (Wasser S. P., 2005).

De manera complementaria, *Hericium erinaceus* es una especie de hongo comestible y medicinal conocida por la amplia diversidad de nombres comunes que recibe en distintas regiones del mundo. Entre ellos destacan melena de león (“Lion’s Mane”), cabeza de mono (“Monkey’s head mushroom”), diente barbudo (“Bearded tooth”) y erizo barbudo (“Bearded hedgehog”); en Japón se le conoce como Yamabushitake, mientras que en China recibe los nombres Houtou o Shishigashira. En México es conocido como pechuga de guajolote o “Jí’i kolo” en lengua mixteca (Bolaños-Campos & Romero-Bautista, 2024). Asimismo, en Alemania se le denomina Igel-Stachelbart; en el Reino Unido es conocido como Bearded Hedgehog o Hedgehog Mushroom; mientras que en Japón el término Yamabushitake hace referencia a los sacerdotes de la montaña, denominados Yamabushi, y en China el nombre Houtou significa literalmente “cabeza de mono” (Cesaroni, 2019).

Por otra parte, el basidiomiceto *Lentinula edodes* (Berk.), comúnmente conocido como shiitake, es una de las especies de hongos comestibles más apreciadas a nivel mundial debido a su sabor característico y a sus reconocidas propiedades medicinales (Gao, 2020). Esta especie es originaria del este del continente asiático y ha sido cultivada desde tiempos antiguos en China, integrándose posteriormente, desde hace siglos, a la alimentación tradicional japonesa. El nombre shiitake deriva de los términos “Shii”, que hace referencia a una variedad de castaño, y “Take”, que significa hongo, en alusión a su crecimiento natural sobre troncos muertos de estos árboles (López, 2013).

Finalmente, *Pleurotus ostreatus* es un hongo comestible de importancia económica y ecológica, caracterizado por su comportamiento saprófito como descomponedor primario y, en algunos casos, por su capacidad parasítica. Esta especie se desarrolla principalmente sobre sustratos lignocelulósicos vivos o muertos, generalmente pobres en nutrientes y con bajos contenidos de minerales y vitaminas. El término *Pleurotus* proviene del griego “Pleuro”, que significa lateral, en referencia a la posición del estípite, mientras que *ostreatus*, del latín, alude a la forma de ostra del cuerpo fructífero. Desde el punto de vista taxonómico, esta especie pertenece al grupo de los

Basidiomycota, comúnmente conocidos como setas (Rey, 2018; D. Cruz, 2010; Stamets P. , 2000).

En México, se han adaptado y modificado las técnicas tradicionales para reducir el ciclo del cultivo y bajar los costos de producción al utilizar como substratos materiales antes no considerados, tales como la viruta y el aserrín de diferentes árboles, como el encino (*Quercus sp.*), pino (*Pinus sp.*), palo mulato (*Bursera sp.*), y varios residuos agrícolas como el maíz (*Zea mays*), caña de azúcar (*Saccharum sp.*) avena (*Avena sativa*) etc. (Romero-Arenas, OmarGuerrero, Huato, & Damián, 2015).

De acuerdo con (Villegas & Pérez, 2007), se emplearon diversos medios de cultivo sólidos, entre los que se incluyen agar levadura extracto de malta y avena (OMYA), agar levadura extracto de malta (MYA) y agar levadura papa dextrosa (PDA). En contraste, (Romero-Arenas et al. 2015) reportaron el uso exclusivo de agar papa dextrosa (PDA) como medio de cultivo, así como la utilización de semillas de sorgo (*Sorghum sp.*) como material de inoculación, además de una mezcla de residuos agroforestales complementados con yeso comercial. De manera similar, (ARANGO, 2010), señaló que, para la evaluación del crecimiento micelial, se utilizaron los medios agar levadura papa dextrosa (PDA), oxitetraciclina, extracto de levadura y glucosa (OGY) y Sabouraud Difco; en dicho estudio, se emplearon fragmentos de 4 × 4 mm del cuerpo fructífero, los cuales fueron sembrados directamente en cada uno de los medios de cultivo.

Por otra parte, en investigaciones orientadas al género *Pleurotus*, (Ozcariz-Fermoselle, y otros, 2019) indicaron que el medio de cultivo empleado fue Agar Papa Dextrosa (PDA) suplementado con diversos residuos agroindustriales, tales como cáscara de nuez, bagazo de agave, acículas de pino, hoja de tamal y pulpa de café. Asimismo, (Félix Miguel & Sánchez, 2022) realizaron la preparación de medios de cultivo e inoculación empleando PDA (Agar Papa Dextrosa), 65 g de SDA (Agar Sabouraud Dextrosa), 47 g de BHIA (Infusión cerebro/corazón Agar) y 20 g de ELA (Extracto de levadura Agar) por litro de medio de cultivo, utilizando semillas de sorgo (*Sorghum sp.*) como material de inoculación.

# 1. Generalidades de las especies forestales utilizadas en forma de aserrín

## 1.1. *Arbutus xalapensis* Kunth.

### 1.1.1 Datos taxonómicos

Reino: Plantae

Phylum o división: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Ericales

Familia: Ericaceae

Género: *Arbutus*

Especie: *Arbutus xalapensis*

Nombre científico: *Arbutus xalapensis* Kunth

Nombre común: Madroño y Amazaquitl.

### 1.1.2 Descripción botánica

Árbol perennifolio hasta 15 m de altura y 20-40 cm de diámetro. Tronco irregular erecto o inclinado, con corteza en capas (tiras) rojizas. Copa redondeada y densa.

Corteza irregularmente fisurada y áspera en los individuos maduros. En los jóvenes es delgada y lisa, exfoliante en capas o tiras de color rojizo.

Hojas simples, alternas, elípticas de 5-17 cm de largo, con margen entero o irregularmente aserrado. Coloración verde rojiza en el haz y verde amarillenta o anaranjada en el envés, con una textura aterciopelada y pubescente

Flores hermafroditas y nacen agrupadas en panículas. Son actinomorfas, con la corola urceolada, de 5 a 10 mm de largo por 5 a 10 mm de ancho, con la corola blanca o con tintes rojizos, con 5 lóbulos, 10 estambres y un ovario con 5 lóculos.

Frutos tipo bayas globoso-deprimidas de 8.5 a 12.6 mm de diámetro, por 7 a 8.6 mm de ancho, de color rojo-naranja en la madurez, con la superficie granulosa. Cada uno guarda de una a 5 semillas (Ramírez-Marcial, 2003).



*Ilustración 1 Arbutus xalapensis, imagen obtenida de: original.jpg (1536×2048) (inaturalist-open-data.s3.amazonaws.com)*

### 1.1.3 Ecología y requerimientos

Altitud: De 2,100 a 3,400 metros sobre el nivel del mar

Clima: Templados fríos y templados subhúmedos a húmedos, tolera temperaturas que oscilan entre 10 °C y 28 °C

Tipo de suelo: Andosol, Leptosol Luvisol, con buen drenaje y rico en materia orgánica.

Luz: Requiere exposición a luz solar directa o en claros del bosque.

Origen / Distribución: Desde Nuevo México (EUA) hasta Centro América. En México habita en la mayor parte de los estados, excepto Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo.

Estado de conservación: No se encuentra listada en categorías de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

#### 1.1.4 Usos

Para leña y carbón, partes de viviendas y elaboración de mangos para herramientas. La corteza contiene taninos, es usada para curtir pieles.

Ornamental, su corteza es rojiza, sus flores atractivas.

Potencial para restaurar bosques perturbados. Proporciona hábitat y alimento a la fauna silvestre.

#### 1.1.5 Propagación y manejo

La propagación se realiza principalmente por reproducción sexual.

1. Semilla (plántulas).
2. Siembra directa.
3. Regeneración natural.

Y reproducción asexual

1. Brotes o retoños (tocón).

Mientras que en el manejo en vivero es conveniente germinar las semillas de Madroño en camas semilleras de arena, aunque también puede utilizarse el método de siembra directa en Jiffys o en bolsas con mezcla de tierra negra, arena y tepezil (50-25-25 %) (Pronatura Veracruz, Recuperado el 26 de mayo de 2025; Revivemx, Recuperado el 26 de mayo de 2025).

## 1.2. *Prunus serotina* subsp. *capuli* (Cav.) McVaugh.

### 1.2.1 Datos taxonómicos

Reino: Plantae

Phylum o división: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Rosales

Familia: Rosaceae

Género: *Prunus*

Especie: *Prunus serotina*

Nombre científico: *Prunus serotina* subsp. *capuli* (Cav.) McVaugh

Nombre común: Capulín y Capulín Blanco.

### 1.2.2 Descripción botánica

Árboles de 5 a 15 m de alto, de corteza café rojiza o gris, lisa. De copa extendida, con algunas ramas colgantes, las más jóvenes rojizas.

Hojas lanceoladas, de 5 a 18 cm de largo y 1.5 a 5 cm de ancho, ápice muy agudo, margen finamente serrado, verdes brillantes en el haz, con la nervadura central muy visible en el envés.

Flores blancas, en racimos colgantes de 10 a 15 cm de largo.

Frutos globosos, lustrosos, de aproximadamente 1 cm de diámetro, rojos a negros en la madurez, poco mesocarpo; semillas 1, globosas (UNAM, 2023).



*Ilustración 2 Prunus serotina, imagen obtenida de: Árboles y arbustos de la Facultad de Ciencias - Laboratorio de Plantas Vasculares, Facultad de Ciencias UNAM*

### 1.2.3 Ecología y requerimientos

**Altitud:** De 1,300 a 2,500 o más metros sobre el nivel del mar

**Clima:** Templado húmedo , templados fríos y semifríos. Temperatura media anual de 14 a 18 °C

**Tipo de suelo:** pedregoso oscuro, somero, profundo con abundante materia orgánica, regosol eútrico, cambisol, pedregoso oscuro somero, andosol mólico, acrisol órtico, toba andesítica, ácido, húmedo.

**Luz:** Requiere exposición a luz solar directa o en claros del bosque.

**Origen / Distribución:** Se le encuentra en las regiones montañosas. En el Valle de México y de Guanajuato y Jalisco a Chiapas.

**Estado de conservación:** No se encuentra listada en categorías de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

### 1.2.4 Usos

**Urbano-ornamental:** Se utiliza para sombra y ornato.

Comercial: Fruto comestible de valor comercial medio. Madera para decoración de interiores y carpintería en general.

Otros: Leña combustible, la semilla se usa para la fabricación de jabones y pinturas. Las hojas son medicinales.

#### 1.2.5 Propagación y manejo

La propagación se realiza mediante reproducción asexual. 1. Estacas o esquejes. Amplia variación de árbol a árbol en el enraizamiento. Se han hecho esquejes de madera suave de plantas juveniles con éxito. 2. Brotes o retoños (tocón). Gran capacidad para producir rebrotes. La frecuencia del rebrote es alta (90 %) en árboles cercanos a los 60 años.

Reproducción sexual. 1. Regeneración natural. Con la apertura de claros proliferan las plántulas contenidas en el banco de semillas. 2. Semilla (plántulas). 3. Siembra directa

Mientras que en el manejo en vivero se utilizan bolsas de polietileno negro con dimensiones no menores a 15 x 20 cm.

El almácigo se cubre con zacate seco para proteger el suelo y las semillas contra el impacto de la lluvia. Una vez que ha germinado ésta, se quita la protección. Cuando se realiza transplantes de plántulas, es conveniente hacerlo muy temprano en la mañana o cerca de la puesta del sol y tener sombreado a la planta (CONAFOR, *Prunus serotina* var. *capuli* (Cav.) McVaugh , Recuperado el 26 de mayo de 2025; CONABIO, *Prunus serotina*, Recuperado el 26 de mayo de 2025).

### 1.3. *Quercus laurina* Bonpl.

#### 1.3.1 Datos taxonómicos

Reino: Plantae

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fagales

Familia: Fagaceae

Género: *Quercus*

Especie: *Quercus laurina*

Nombre científico: *Quercus laurina* Bonpl.

Nombre común: Laurelillo, Trueno y Encino jarilla.

#### 1.3.2 Descripción botánica

Árboles de hasta 40 m de altura; tronco de hasta 1 m de diámetro; ramillas 1 a 2 mm de diámetro, tomentosas a glabrescentes; estípulas 5 a 8 mm de largo, escariosas, membranosas, oblanceoladas o subuladas o ausentes.

Hojas lanceoladas o elíptico-lanceoladas, coriáceas, 4 a 13 cm de largo, 1 a 5 cm de ancho; pecíolo 6 a 12 mm de largo, tomentoso, con pelos estrellados a glabrescente; margen entero o dentado-aristado, base redondeada o subcordada, ápice agudo, en ocasiones acuminado, 1 a 2 dientes aristados a cada lado de la lámina ubicados en el tercio distal; venas laterales 5 a 9 pares; haz y envés lustrosos; envés casi glabro excepto con mechones de pelos en las axilas de las venas laterales.

Inflorescencias masculinas 8 a 11 cm de largo, pilosas.

Flores femeninas 1 a 3, sobre un pedúnculo de 1 a 2 cm de largo.

Frutos solitarios o agrupados en pares, sobre un pedúnculo de 2 a 4 mm de grosor; cúpula hemisférica, 12 a 15 mm de diámetro, escamas canescentes o glabras, margen

fimbriado; bellota ovoide, 15 a 17 mm de largo, 10 a 12 mm de diámetro, incluida en un tercio de su largo (UNAM, 2023).



*Ilustración 3 Quercus laurina, imagen obtenida de: Árboles y arbustos de la Facultad de Ciencias - Laboratorio de Plantas Vasculares, Facultad de Ciencias UNAM*

### 1.3.3 Ecología y requerimientos

**Altitud:** De 1,000 a 3,000 metros sobre el nivel del mar

**Clima:** Templado subhúmedo, con temperatura media anual de 12 °C a 22 °C

**Tipo de suelo:** Litosol, Cambisol, Regosol y Luvisol, con buen drenaje

**Luz:** Requiere exposición a luz solar directa o en claros del bosque; tolera condiciones parcialmente sombreadas en etapas tempranas.

**Origen / Distribución:** Especie nativa de México; se distribuye en la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur, Eje Neovolcánico Transversal y porciones de la Sierra Madre de Chiapas.

**Estado de conservación:** No se encuentra listada en categorías de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

#### 1.3.4 Usos

Forestal: aprovechamiento de su madera para construcción rural y leña.

Ecológico: restauración de suelos degradados, protección de cuencas hidrográficas y control de erosión.

Ornamental: utilizada en áreas verdes por su follaje denso.

#### 1.3.5 Propagación y manejo

La propagación se realiza principalmente por reproducción asexual.

##### 1. Brotes o retoños (tocón).

En estado silvestre los árboles maduros tienen la capacidad de formar repetidamente rebrotes a partir de tocones.

Reproducción sexual.

##### 1. Semilla (plántulas).

##### 2. Siembra directa.

##### 3. Regeneración natural

Mientras que en el manejo en vivero se utilizan bolsas de polietileno negro con dimensiones no menores a 15 x 25 cm (Obs. pers.). Es recomendable utilizar envases con dimensiones grandes para favorecer el desarrollo de las raíces.

En condiciones naturales se ha observado que las semillas cubiertas y sombreadas por grandes hojas de encinos presentan una mayor emergencia que las cubiertas por acículas de pinos, por ello se recomienda aplicar sombra parcial durante el primer año de edad. Otra opción es que después de realizar el repique de plántulas a los envases, éstos se cubran con mallas de mosquitero, a partir de los 5 meses de edad de las plántulas, la sombra deberá incrementar su altura paulatinamente. A los 7 meses la altura de la malla sombra deberá encontrarse por lo menos a 1 m (CONAFOR, Ficha técnica *Quercus laurina* Humb et Bonpl. , Recuperado el 26 de mayo de 2025)

## 1.4. *Quercus rugosa* Née.

### 1.4.1 Datos taxonómicos

Reino: Plantae

Phylum o división: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fagales

Familia: Fagaceae

Género: *Quercus*

Especie: *Quercus rugosa*

Nombre científico: *Quercus rugosa* Née

Nombre común: Encino, Encino quiebra hacha y Encino prieto.

### 1.4.2 Descripción botánica

Árboles de hasta 20 m de altura, corteza gris oscuro, rugosa.

Hojas de 5 a 15 cm de largo, muy gruesas, duras, rugosas, frecuentemente algo cóncavas por el envés, ápice redondeado, margen con ondulaciones, lustrosas y verdes en el haz, sin tricomas, envés de color más claro, con abundantes tricomas amarillentos.

Flores masculinas en espigas colgantes. Flores femeninas poco evidentes y sin pétalos.

Los frutos consisten en una semilla con una cubierta rígida, que a su vez está protegida en su base por una cúpula de escamas fusionadas formando una bellota (UNAM, 2023).



*Ilustración 4 Quercus rugosa, imagen obtenida de: Árboles y arbustos de la Facultad de Ciencias - Laboratorio de Plantas Vasculares, Facultad de Ciencias UNAM*

#### 1.4.3 Ecología y requerimientos

**Altitud:** De 1,100 a 3,050 metros sobre el nivel del mar

**Clima:** Templados fríos y semifríos. Temperatura media anual de 12 a 13 °C

**Tipo de suelo:** Andosol y Luvisol, con buen drenaje y textura migajón-arenosa, arenomigajosa, arenosa.

**Luz:** Requiere exposición a luz solar directa o en claros del bosque; tolera condiciones parcialmente sombreadas en etapas tempranas.

**Origen / Distribución:** Especie nativa de México; Se encuentra en las regiones montañosas de Sonora, Chihuahua, Coahuila, Veracruz, Chiapas, siendo particularmente abundante en el centro del país, en el Edo. de México y en el Distrito Federal, Hidalgo, Michoacán, Querétaro, Puebla, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato. También se encuentra en Baja California, Guerrero, Michoacán, Zacatecas y Jalisco

**Estado de conservación:** No se encuentra listada en categorías de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

#### 1.4.4 Usos

Forestal: aprovechamiento de su madera para construcción rural, leña y carbón

Ecológico: restauración de suelos degradados, protección de cuencas hidrográficas y control de erosión

Ornamental: En calles y avenidas, un árbol idóneo para las reforestaciones urbanas, ya que su lento crecimiento evita las interferencias con el cableado aéreo de las calles.

#### 1.4.5 Propagación y manejo

La propagación se realiza principalmente por reproducción asexual.

##### 1. Brotes o retoños (tocón).

En estado silvestre los árboles maduros tienen la capacidad de formar repetidamente rebrotes a partir de tocones.

Reproducción sexual. 1. Semilla (plántulas).

##### 2. Siembra directa.

##### 3. Regeneración natural.

Mientras que en el manejo en vivero se utilizan bolsas de polietileno negro con dimensiones no menores a 15 x 25 cm (Obs. pers.). Es recomendable utilizar envases de dimensiones grandes para favorecer el desarrollo de las raíces.

En condiciones naturales se ha observado que las semillas cubiertas y sombreadas por grandes hojas de encinos presentan una mayor emergencia que las cubiertas por acículas de pinos. por ello se recomienda aplicar sombra parcial durante el primer año de edad. Otra opción es que después de realizar el repique de plántulas a los envases, éstos se cubran con mallas de mosquitero, a partir de los 5 meses de edad de las plántulas, la sombra deberá incrementar su altura paulatinamente (CONAFOR, Ficha técnica *Quercus rugosa* Neé, Recuperado el 26 de mayo de 2025; CONABIO, *Quercus rugosa* Née, Recuperado el 26 de mayo de 2025).

## 2. Generalidades de los hongos

### 2.1. *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst.

Clasificación taxonómica del hongo *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst.

Reino: Fungi

Filo: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Polyporales

Familia: Ganodermataceae

Género: Ganoderma

Especie: *Ganoderma lucidum*

Este Hongo posee carpóforos anuales con una cutícula laqueada amarilla a rojiza y una capa superior que es suave y usualmente está dispuesta en bandas concéntricas, con zonas de diferente color. Las áreas de nuevo crecimiento (bordes) son de color blanco, oscureciéndose hacia un amarillo amarronado y luego rojo amarronado cuando maduro. La forma del carpóforo es variable, de circular a semi-circular a arriñonada, 2-20 cm de ancho, 4-8 cm de espesor, mientras tanto este cuerpo fructífero cuenta con un talo de 2 a 30cm de largo, unido al basidiocarpo, este se compone de dos partes, la primera llamada himenio de color blanco a amarillo, la cual está compuesta por miles de poros (himenio poroide), en los que se forman y liberan sus esporas las cuales se recogen en la otra parte del hongo ubicada en la parte superior del carpóforo llamada píleo (Bidegain, Optimización del cultivo de *Ganoderma lucidum*. Evaluación de actividad y desarrollo de nutraceuticos., 2017; Villa & Acevedo, 2013).



*Ilustración 5 Cuerpo fructífero de Ganoderma lucidum (Bidegain, CONICET, s.f.).*

## 2.2. *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers. 1797

Clasificación taxonómica del hongo *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers. 1797

Reino: Fungi

Filo: Basidiomycota

Clase: Hymenomycetes

Subclase: Homobasidiomycetes

Orden: Hericiales

Familia: Hericiaceae

Género: *Hericium*

Especie: *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers. 1797

El hongo *H. erinaceus* se caracteriza por presentar un cuerpo fructífero en forma de una masa globosa blanca de hasta 40 cm de diámetro en la naturaleza, está compuesto de espinas o agujas simples, blandas y descendentes que miden de 2 a 6 cm de longitud, que se disponen en cascada y sin bifurcación; este hongo carece de estípites pues está adherido a los troncos en los que se encuentra. En un principio, el cuerpo fructífero de *H. erinaceus* es típicamente blanco hasta que comienza a envejecer y se decolora a marrón o amarillo marrón, especialmente desde la parte superior (MALDONADO, 2022).



*Ilustración 6 Cuerpo fructífero de Hericium erinaceus (R/mycology, 2019).*

### 2.3. *Lentinula edodes* (Berk.)

Clasificación taxonómica del hongo *Lentinula edodes* (Berk.):

Reino: Fungi

Filo: Basidiomycota

Clase: Homobasidiomycetes

Orden: Tricholomatales

Familia: Pleurotaceae

Género: *Lentinula*

Especie: *Lentinula edodes*

Nombre científico: *Lentinula edodes* (Berk.)

La morfología del Shiitake corresponde a la morfología típica de los hongos Basidiomicetos, este hongo se caracteriza por tener un sombrero de 5 a 25 cm de diámetro, semiesférico y de forma convexa, presenta un color café oscuro casi negro pero con el tiempo su color cambia a café claro, otro indicador importante es la presencia de manchas o pelusas que aparecen irregularmente en el sombrero, inicialmente son puntos de color blanco pero pueden llegar a tomarse de color café cuando el hongo se está deteriorando. La forma del sombrero en algunas ocasiones puede ser irregular, sin embargo, normalmente el hongo al principio debe estar un poco enrollado a medida que se desarrolla debe ser encorvado y finalmente cuando alcanza la madurez su sombrero se vuelve aplanado, las laminillas son planas y blancas, el estípite es fibroso, unido central, excéntricamente y áspero en su textura, las esporas son blancas y de forma ovoide (Mosquera, 2007; Zulumm, s.f.; MORALES, 2010).



*Ilustración 7 Lentinula edodes (GBIF, s.f.).*

#### 2.4. *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm.

Clasificación taxonómica del hongo *Pleurotus ostreatus*:

Reino: Fungi

Filo: Basidiomycota

Clase: Homobasidiomycetes

Subclase: Hymenomycetidae

Orden: Agaricales

Familia: Pleurotaceae

Género: *Pleurotus*

Especie: *Pleurotus ostreatus*

El carpóforo o sombrerillo de esta seta es redondeado, con la superficie lisa, abombada y convexa cuando es joven, aplanándose luego poco a poco; el borde está algo enrollado al principio. El diámetro oscila entre 5 y 15 cm, dependiendo de la edad del hongo. El color es variable, desde gris claro o gris pizarra hasta pardo, tomando una coloración más amarillenta conforme su desarrollo. En la parte inferior del sombrerillo, hay unas laminillas dispuestas radialmente, que van desde el pie o tallo hasta el borde. Son anchas, espaciadas unas de otras, blancas o cremas, a veces bifurcadas, en ellas se producen las esporas destinadas a la reproducción de la especie. Las esporas son pequeñas, oblongas, casi cilíndricas, que en gran número forman masas de polvo o esporadas, de color blanco con cierto tono lila-grisáceo.

El pie o estípite suele ser corto, algo lateral u oblicuo, ligeramente duro, blanco, con el principio de las laminillas en la parte de arriba y algo peloso en la base (D. Cruz, 2010). Los hongos pueden crecer de forma aislada, sobre una superficie horizontal o en

grupo, por lo que su crecimiento se da en forma de ostra, de aquí la denominación ostreatus (D. Cruz, 2010; Rosas, 2017).



*Ilustración 8 Pleurotus ostreatus (Life, s.f.).*

### III. Objetivos

#### 1. Objetivo general

Realizar una caracterización florística y evaluar el potencial de revalorización de residuos forestales de especies latifoliadas de un bosque templado, mediante el análisis del crecimiento micelial en placa de *Ganoderma lucidum*, *Hericium erinaceus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*.

#### 2. Objetivos específicos

- Desarrollar la caracterización florística del predio bajo manejo "El Pozo" en el municipio de Acaxochitlán Hidalgo.
- Evaluar la velocidad de crecimiento radial de *G. lucidum*, *H. erinaceus*, *L. edodes*, *P. ostreatus*, en medio de cultivo con EMA suplementado con biomasa de especies forestales.

## IV. Metodología

### 1. Área de estudio

El área de estudio se ubica en el municipio de Acaxochitlán, en el Estado de Hidalgo, a aproximadamente 8.9 km de la cabecera municipal. El predio está localizado en las coordenadas 20°12'6.39"N y 98°15'10.51"O (Ilustración 9), con una superficie total de 2.3859 hectáreas. Esta zona forma parte de la provincia de la Sierra Madre Oriental y de la Región Mesoamericana de Montaña, perteneciendo al Reino Floral Holártico (Ilustración 11 y 12). Su clima es templado y húmedo "C (m)", con una temperatura media anual de 18°C; además de acuerdo con la capa de información geográfica uso de suelo VII del INEGI y la vegetación presente en el predio, la vegetación predominante corresponde a bosque de Pino-encino (Ilustración 10).

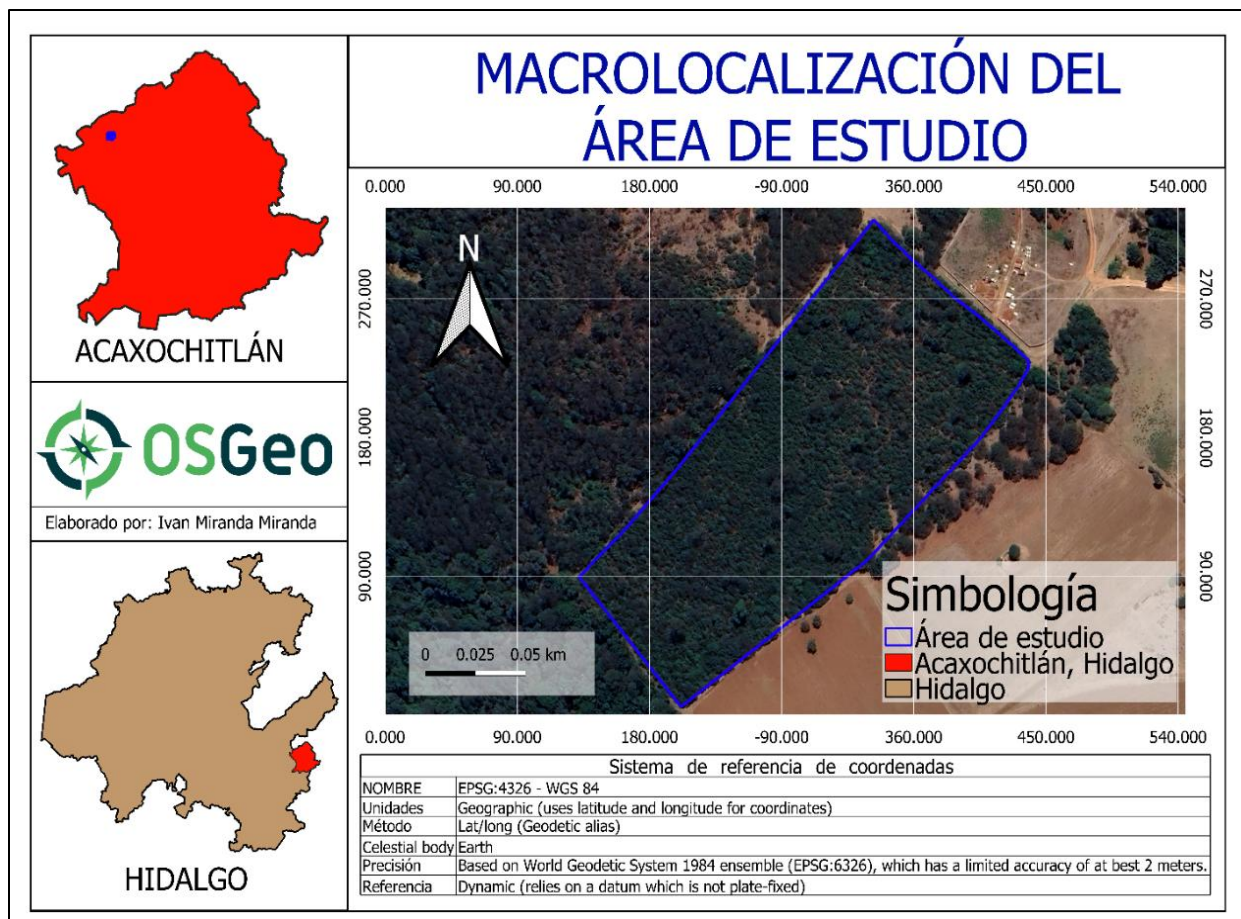
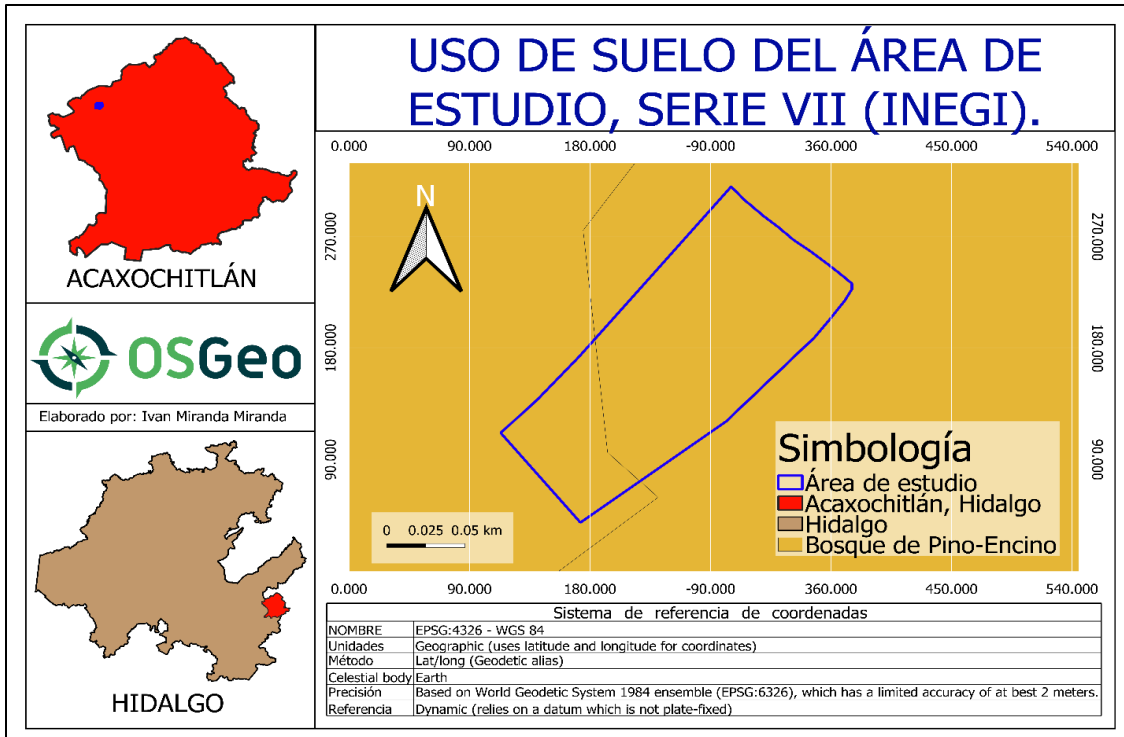
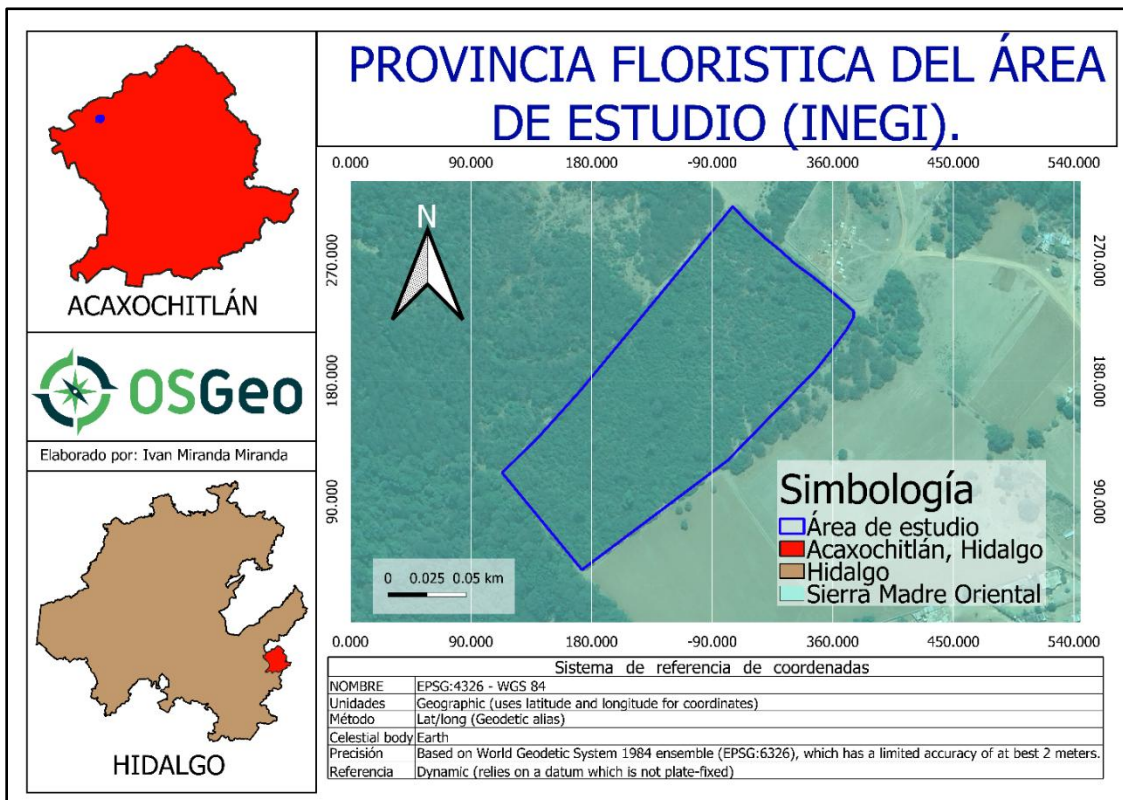


Ilustración 9 Macrolocalización del área de estudio



*Ilustración 10 Uso de suelo y vegetación, serie VII (INEGI)*



*Ilustración 11 Provincia florística*

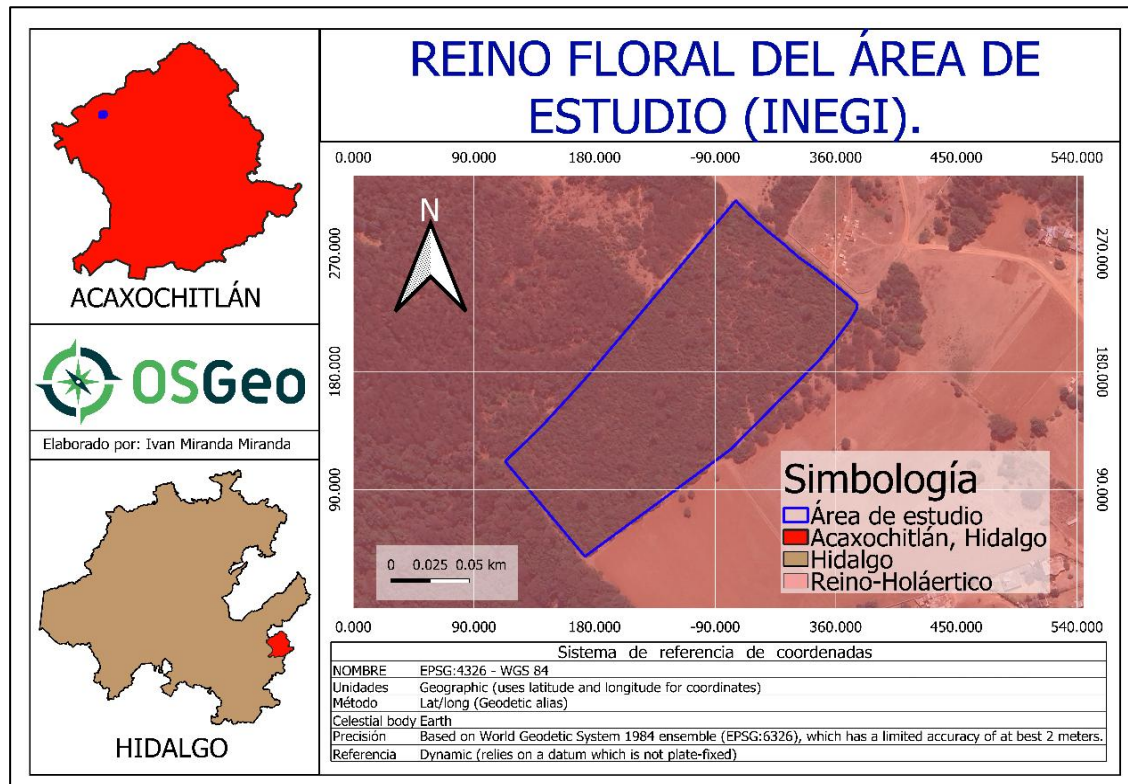


Ilustración 12 Reino floral

## 2. Caracterización florística

Se llevó a cabo dos visitas al predio con el fin de realizar un análisis detallado de la vegetación presente. La primera de estas visitas tuvo lugar el día 14 de septiembre 2024, mientras que la segunda se efectuó el 5 de octubre 2024. Durante ambas visitas se realizó la recolección de muestras de las especies vegetales presentes, siguiendo la metodología establecida en el “*Manual para realizar las colectas botánicas del Inventario Nacional Forestal y de Suelos de México (2019)*”, posteriormente, para clasificar cada una de las muestras recolectadas a nivel de especie, se recurrió al uso de herbarios digitales (IB-data) y diversas plataformas de documentación de biodiversidad (iNaturalist Mx y Enciclovida), estas herramientas permitieron realizar consultas para identificar con mayor exactitud las especies, de igual forma se elaboró un listado detallado de las especies encontradas, agrupándolas de acuerdo con sus características morfológicas, lo cual permitió establecer cinco categorías principales: árboles, arbustos, herbáceas, helechos y epífitas.

Para facilitar el proceso de recolección de las muestras, se diseñó una prensa botánica, la cual consistió en dos placas de triplay de 30 cm de ancho por 45 cm de largo, las cuales servían como soporte para las muestras. Además, se empleó el uso del papel estraza para dividir cada muestra individualmente, evitando su contacto directo entre sí. Con el objetivo de garantizar una adecuada colecta de cada especie, también se anotó el código de colecta con un plumón permanente en cada papel, el código consiste en la abreviatura dependiendo de sus características AR (árboles), AB (arbustos), HE (herbáceas), HS (helechos) y EP (epífitas), más el número de individuos encontrados consecutivamente.

### 3. Recolección de especies forestales usadas como sustratos

Las especies forestales fueron recolectadas al azar dentro del predio el día 15 de septiembre del 2024, en la Ilustración 13 se muestra la ubicación precisa de la extracción del material lignocelulósico, la cual con ayuda de un machete se cortaron las especies forestales para su extracción.

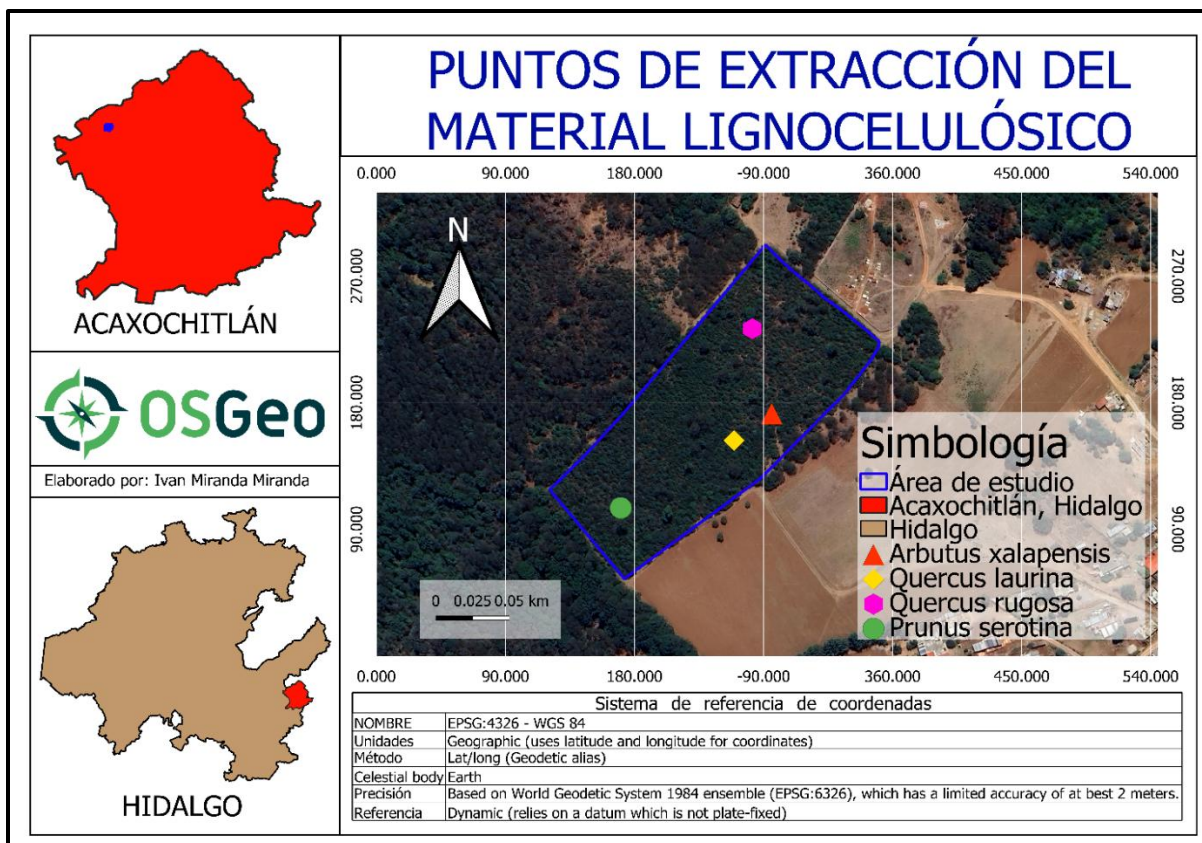


Ilustración 13 Extracción del material lignocelulósico

#### 4. Tratamiento aplicado al material lignocelulósico

Después de recolectar las maderas, estas se dejaron secar a la intemperie durante un período de dos semanas, posteriormente, para la obtención de viruta, se utilizó un taladro equipado con una broca de 1/2 pulgada; la viruta obtenida se dejó secar durante una semana en bolsa plástica, posteriormente se empleó un molino de café manual para procesar y moler la viruta y obtener un aserrín más ligero y fino; finalmente, el material se sometió a un proceso de tamizado utilizando un tamiz con una malla de 25 mesh.

#### 5. Obtención de las cepas

Se obtuvo 1 cepa de cada especie de los hongos de la colección ICAP-UAEH. Para su conservación de los microorganismos se propagaron en placas con Agar PDA.

## 6. Crecimiento micelial en placas

Siguiendo la metodología empleada por (Ozcariz-Fermoselle *et al.*, 2019), se utilizó una mezcla de 25 gramos de sustrato por litro de medio preparado; a diferencia del medio de cultivo empleado PDA (Papa Dextrosa Agar), en esta investigación se optó por utilizar EMA (Agar Extracto de Malta. Se transfirieron fragmentos miceliales al centro de cada placa de Petri, posteriormente, se trazaron rectas que cruzan en el centro del punto de inoculación, formando ángulos de 60°, el crecimiento radial del micelio se midió diariamente en tres direcciones sobre las líneas marcadas, específicamente de A B, C a D y E a F, de acuerdo con el método propuesto por (Ahmed Imtiaj, 2009).

Se evaluó el crecimiento micelial de cuatro especies de basidiomicetos identificadas como *Pleurotus ostreatus* (P), *Ganoderma lucidum* (G), *Lentinula edodes* (L) y *Hericiium erinaceus* (H). El medio de cultivo sólido principal utilizado fue agar extracto de malta (EMA), suplementado con aserrín de cuatro especies forestales de latifoliadas. Los tratamientos se establecieron de la siguiente manera: *Arbutus xalapensis* (M), *Prunus serotina* (Ca), *Quercus laurina* (E1) y *Quercus rugosa* (E2) ; además, se incluyó un tratamiento testigo correspondiente al medio EMA sin suplementar.

## 7. Análisis estadístico

Se estableció un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4x5 (4 hongos y 5 tratamientos), con 5 repeticiones.

## IV. Resultados

### 1. Caracterización florística

En el análisis florístico se identificaron un total de 46 especies (tabla 2), distribuidas en 25 familias y 35 géneros, agrupados en diferentes categorías de vegetación. Las familias más numerosas se agruparon principalmente en la categoría de herbáceas (**HE**), seguida por las categorías de árboles (**AR**), arbustos (**AB**), helechos (**HS**) y epífitas (**EP**). En la categoría **AR** se registraron 7 familias y 7 géneros, mientras que en la categoría **AB** se encontraron 4 familias y 6 géneros, la categoría de **HE** fue la más diversa, con 10 familias y 17 géneros, al mismo tiempo en la categoría **HS** se registraron 2 familias y 2 géneros, finalmente, en las epífitas se reconocieron 2 familias y 3 géneros; descripción de géneros y familias en cada categoría (gráfico 1):

#### 1. **AR (árboles):**

- Familias: **7**
- Géneros: **7** (*Pinus*, *Prunus*, *Crataegus*, *Cornus*, *Arbutus*, *Quercus*, *Litsea*, *Alnus*)

Especies:

- **Pinaceae:** *Pinus patula*, *Pinus teocote*, *Pinus pseudostrobus*
- **Rosaceae:** *Prunus serotina*, *Crataegus mexicana*
- **Ericaceae:** *Arbutus xalapensis*
- **Fagaceae:** *Quercus rugosa*, *Quercus laurina*, *Quercus crassifolia*
- **Lauraceae:** *Litsea glaucescens*
- **Betulaceae:** *Alnus arguta*
- **Cornaceae:** *Cornus excelsa*

#### 2. **AB (arbustos):**

- Familias: **4**
- Géneros: **6** (*Baccharis*, *Roldana*, *Ageratina*, *Rubus*, *Cestrum*, *Buddleja*)

Especies:

- **Asteraceae:** *Baccharis conferta*, *Roldana candicans*, *Ageratina petiolaris*, *Ageratina ligustrina*
- **Rosaceae:** *Rubus adenotrichos*, *Rubus ulmifolius*
- **Solanaceae:** *Cestrum nocturnum*
- **Scrophulariaceae:** *Buddleja cordata*

### 3. HE (herbáceas):

- Familias: **10**
- Géneros: **17** (*Tagetes*, *Cosmos*, *Taraxacum*, *Bidens*, *Stevia*, *Achillea*, *Muhlenbergia*, *Pennisetum*, *Potentilla*, *Fragaria*, *Salvia*, *Lepechinia*, *Trifolium*, *Bouvardia*, *Castilleja*, *Oenothera*, *Penstemon*)

Especies:

- **Asteraceae:** *Tagetes lucida*, *Cosmos bipinnatus*, *Taraxacum officinale*, *Bidens aurea*, *Stevia serrata*, *Achillea millefolium*
- **Poaceae:** *Muhlenbergia macroura*, *Pennisetum clandestinum*
- **Rosaceae:** *Potentilla indica*, *Fragaria mexicana*
- **Lamiaceae:** *Salvia polystachia*, *Salvia elegans*, *Lepechinia caulescens*, *Lepechinia schiedeana*
- **Fabaceae:** *Trifolium repens*
- **Rubiaceae:** *Bouvardia ternifolia*
- **Orobanchaceae:** *Castilleja arvensis*
- **Primulaceae:** *Oenothera rosea*
- **Gentianaceae:** *Gentiana spathacea*
- **Plantaginaceae:** *Penstemon roseus*

### 4. HE (helechos):

- Familias: **2**
- Géneros: **2** (*Adiantum*, *Pteridium*)

Especies:

- **Pteridaceae:** *Adiantum poiretii*
- **Dennstaedtiaceae:** *Pteridium aquilinum*

#### 5. Categoría EP (epífitas):

- Familias: 2
- Géneros: 3 (*Tillandsia*, *Pleopeltis*)

Especies:

- **Bromeliaceae:** *Tillandsia deppeana*
- **Polypodiaceae:** *Pleopeltis polylepis*, *Pleopeltis polypodioides*

Tabla 2 Especies encontradas en cada categoría

Árboles: AR		
ID de Colecta	Nombre común	Nombre científico
AR-1	Ocote	<i>Pinus patula</i>
AR-2	Ocote negro	<i>Pinus teocote</i>
AR-3	Ocote	<i>Pinus Pseudostrobus</i>
AR-4	Capulín	<i>Prunus serotina</i>
AR-5	Madroño	<i>Arbutus xalapensis</i>
AR-6	Tejocote	<i>Crataegus mexicana</i>
AR-7	Encino	<i>Quercus rugosa</i>
AR-8	Trueno	<i>Quercus laurina</i>
AR-9	Encino	<i>Quercus Crassifolia</i>
AR-10	Laurel	<i>Litsea glaucescens</i>
AR-11	Aile	<i>Alnus arguta</i>
AR-12	Chagua	<i>Cornus excelsa</i>
Arbustos: AB		
ID de Colecta	Nombre común	Nombre científico
AB-1	Escoba	<i>Baccharis conferta</i>
AB-2	Zarzamora	<i>Rubus adenotrichos</i>
AB-3	Zarza Parrilla	<i>Rubus ulmifolius</i>
AB-4	hediondilla	<i>Cestrum nocturnum</i>
AB-5	Jediondilla	<i>Roldana candicans</i>
AB-6	Teposán	<i>Buddleja cordata</i>
AB-7	Glolochiche	<i>Ageratina petiolaris</i>
AB-8	Chichiclaco	<i>Ageratina ligustrina</i>

Herbáceas: HE		
ID de Colecta	Nombre común	Nombre científico
HE-1	Pericón	<i>Tagetes lucida</i>
HE-2	Mirasol	<i>Cosmos bipinnatus</i>
HE-3	Zacatón	<i>Muhlenbergia macroura</i>
HE-4	Fresilla	<i>Potentilla indica</i>
HE-5	Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i> )
HE-6	Salvia azul	<i>Salvia polystachia</i>
HE-7	Salvia roja	<i>Salvia elegans</i>
HE-8	Bolas	<i>Trifolium repens</i>
HE-9	Trompetilla	<i>Bouvardia ternifolia</i> )
HE-10	Cresta de pollo	<i>Castilleja arvensis</i> )
HE-11	Mirasol amarillo	<i>Bidens aurea</i>
HE-12	Morilla	<i>Stevia serrata</i>
HE-13	Bretónica	<i>Lepechinia caulescens</i>
HE-14	Bretonica azul	<i>Lepechinia schiedeana</i>
HE-15	Plumajillo	<i>Achillea millefolium</i>
HE-16	Campanilla rosa	<i>Penstemon roseus</i>
HE-17	Fresa silvestre	<i>Fragaria mexicana</i>
HE-18	Hierba del golpe	<i>Oenothera rosea</i>
HE-19	Cola de tlacuache	<i>Gentiana spathacea</i>
HE-20	Pasto	<i>Pennisetum clandestinum</i>
Helechos: HS		
ID de Colecta	Nombre común	Nombre científico
HS-1	cilantrillo	<i>Adiantum poiretii</i>
HS-2	Helecho	<i>Pteridium aquilinum</i>
Epífitas: EP		
ID de Colecta	Nombre común	Nombre científico
EP-1	Bromelia	<i>Tillandsia deppeana</i>
EP-2	Lengua de venado	<i>Pleopeltis polylepis</i>
EP-3	Helecho chico	<i>Pleopeltis polypodioides</i>

### Porcentaje de especies agrupadas según sus características morfológicas

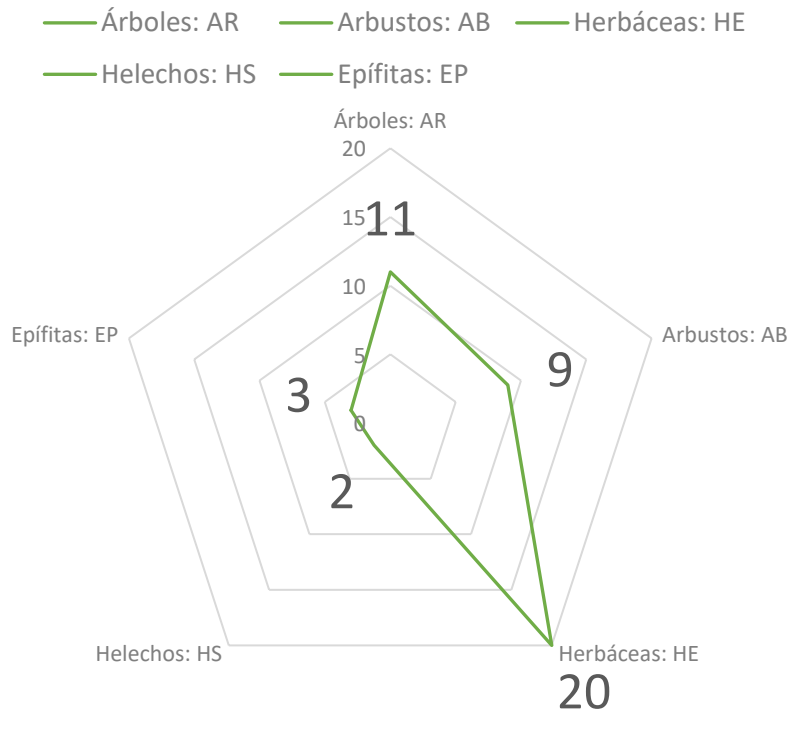


Gráfico 1: Agrupación de especies según similitudes morfológicas

## 2. Crecimiento micelial

El crecimiento micelial de *G. lucidum* presentó un comportamiento diferenciado entre tratamientos, caracterizado inicialmente por un periodo de latencia sin crecimiento visible, el cual fue consistente en todos los tratamientos evaluados, con una duración promedio de 6.2 días (148.8 h). Posteriormente, el desarrollo micelial se incrementó de manera más notoria, observándose el mayor crecimiento en el tratamiento E2, con una tasa de crecimiento diario de 0.58 mm/día y un crecimiento micelial acumulado de 8.40 cm a los 13 días (gráfico 3 y 7). En el tratamiento E1 se registró un crecimiento de 7.61 cm, con una tasa de 0.47 mm/día (gráfico 4 y 7). En contraste, los tratamientos EMA (gráfico 2), M (gráfico 6) y CA (gráfico 5) presentaron un desarrollo inferior, con tasas de crecimiento diario de 0.35, 0.31 y 0.22 mm/día (gráfico 7), respectivamente, alcanzando longitudes finales a las 312 horas de 6.49 cm en EMA, 6.11 cm en M y 5.42 cm en CA.

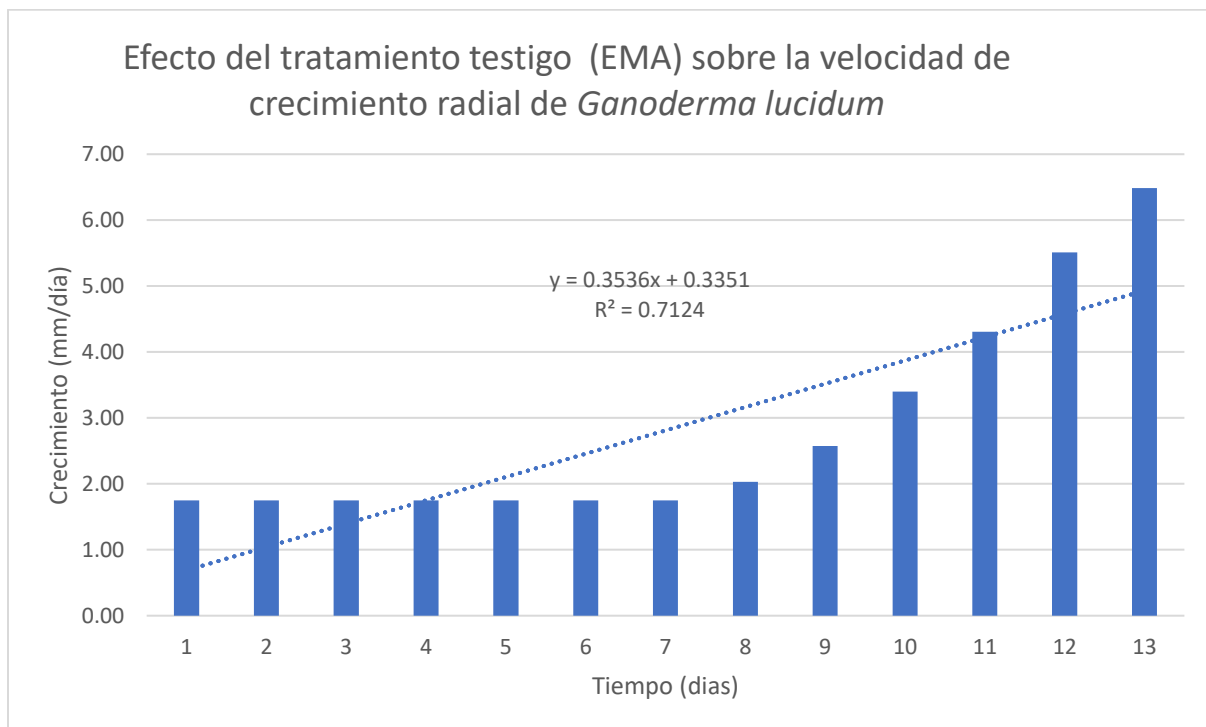


Gráfico 2: Efecto del tratamiento testigo (EMA) sobre la velocidad de crecimiento radial de *Ganoderma lucidum*

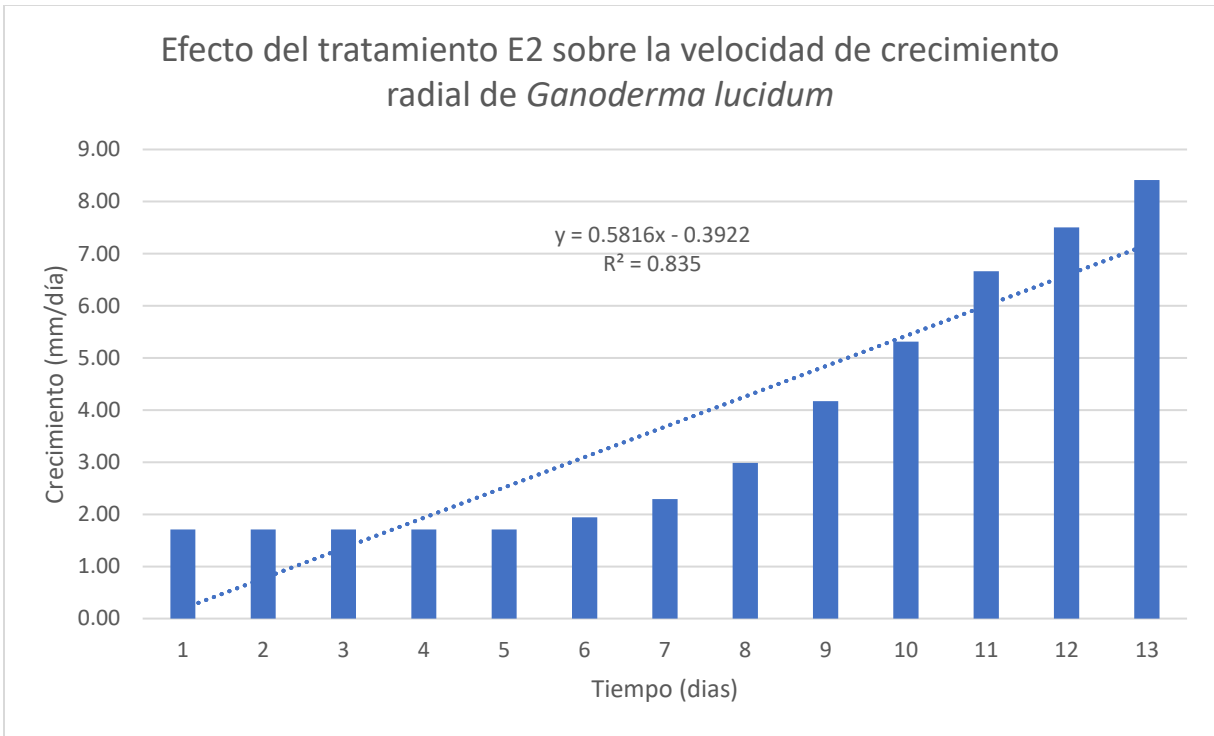


Gráfico 3: Efecto del tratamiento E2 sobre la velocidad de crecimiento radial de *Ganoderma lucidum*

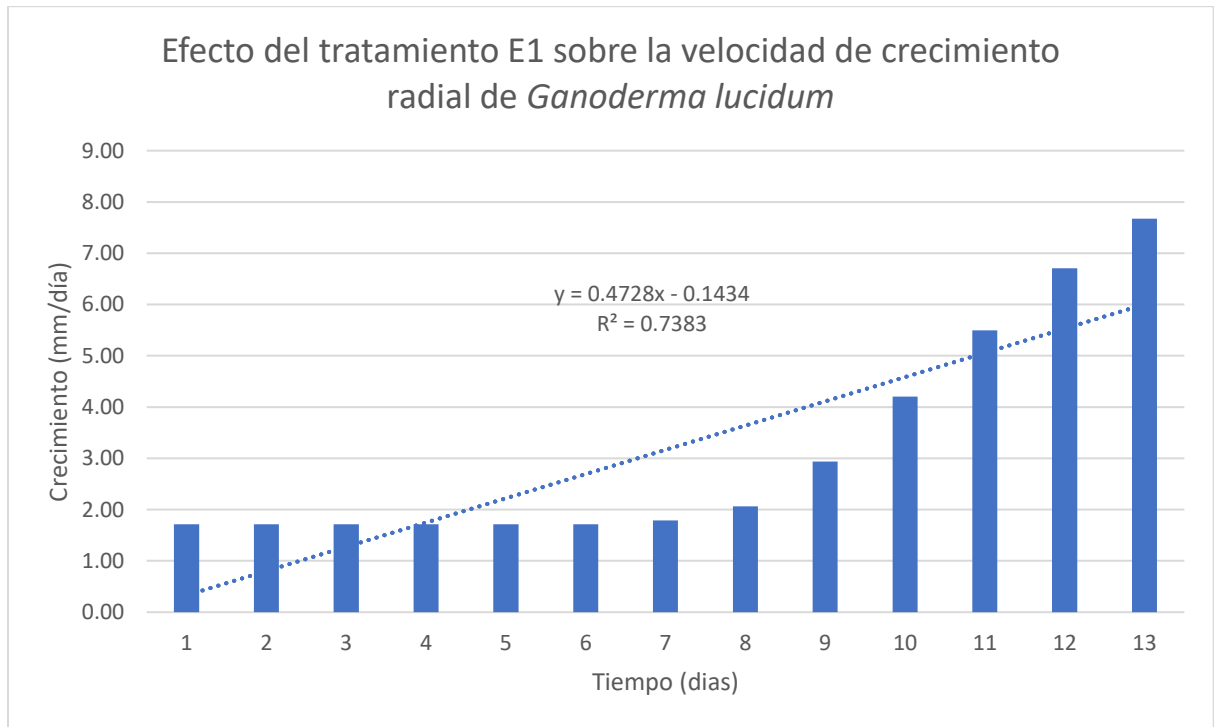


Gráfico 4: Efecto del tratamiento E1 sobre la velocidad de crecimiento radial de *Ganoderma lucidum*

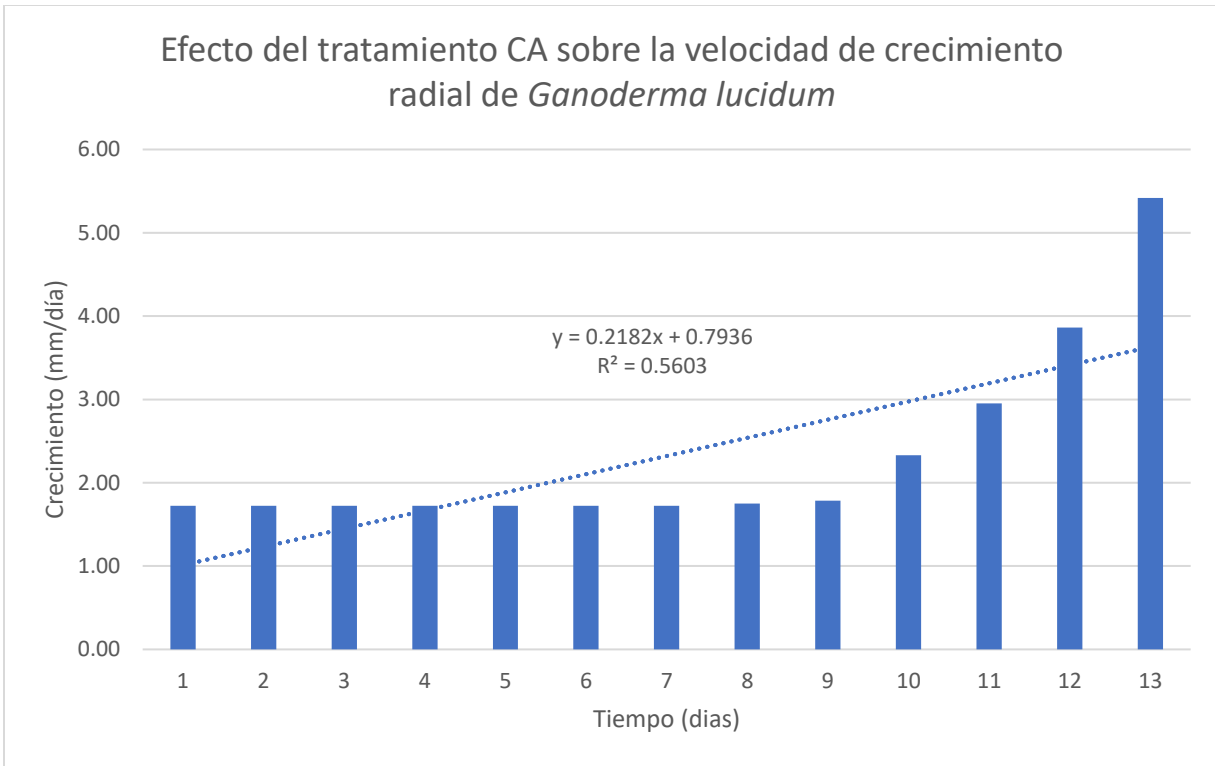


Gráfico 5: Efecto del tratamiento CA sobre la velocidad de crecimiento radial de *Ganoderma lucidum*

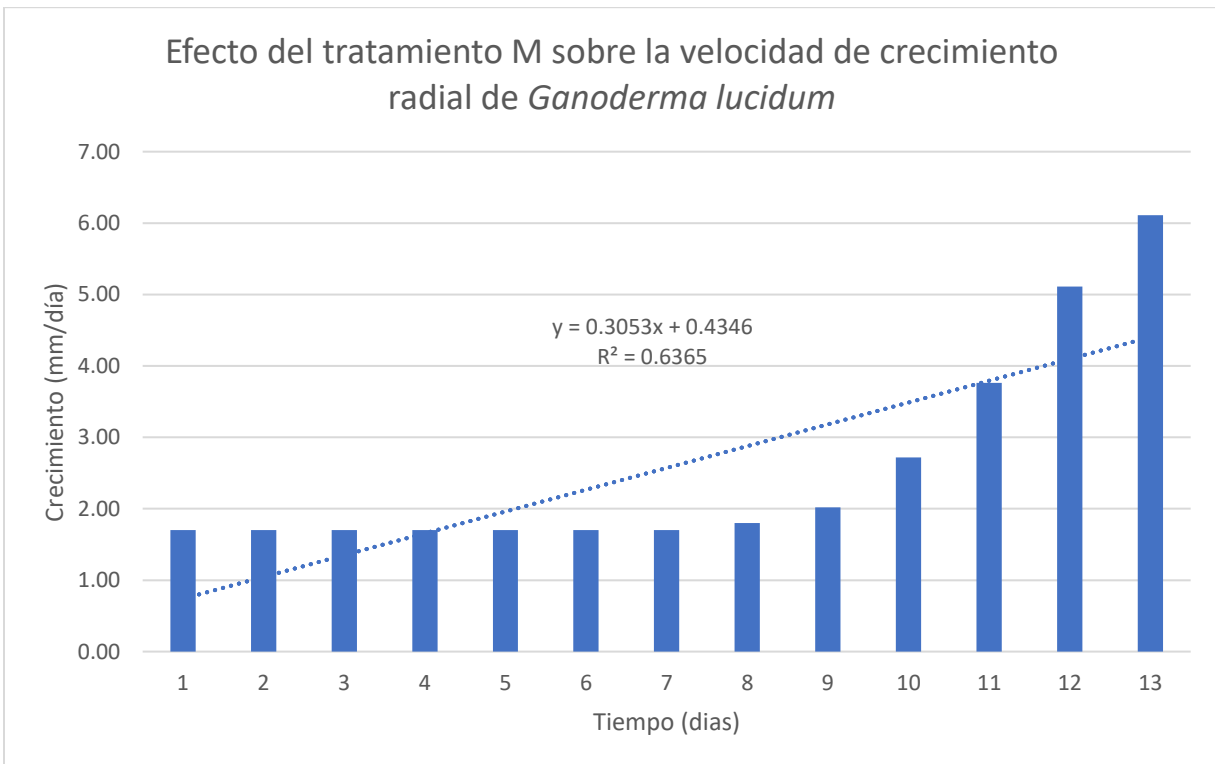


Gráfico 6: Efecto del tratamiento M sobre la velocidad de crecimiento radial de *Ganoderma lucidum*

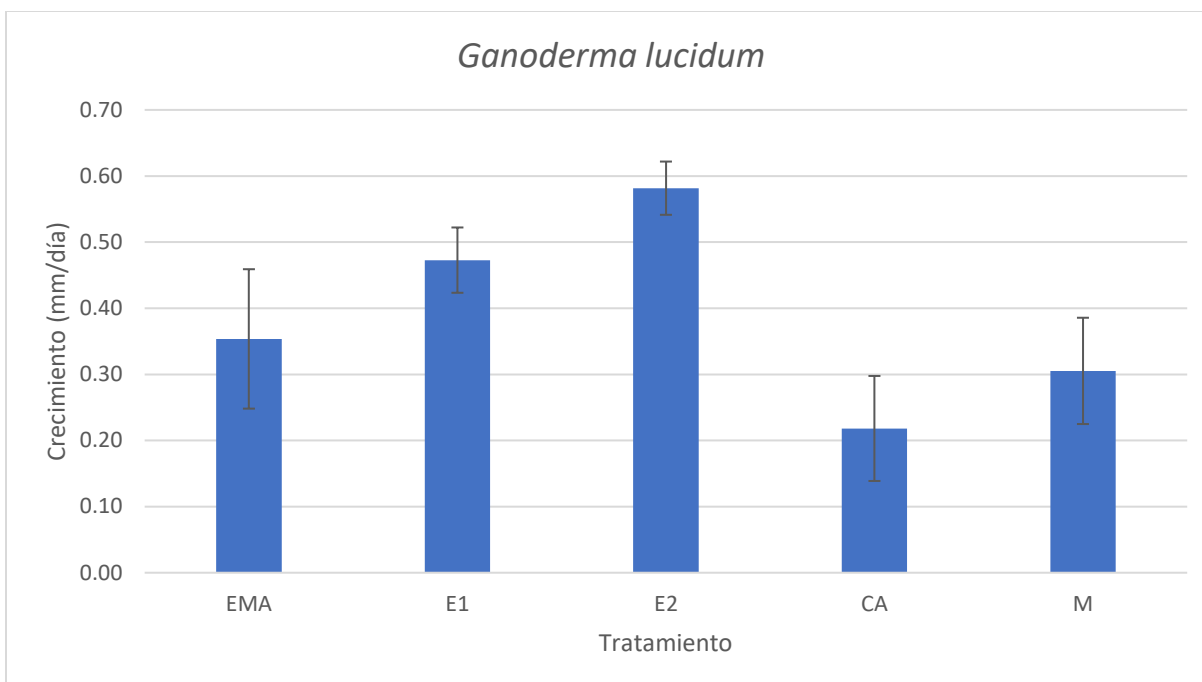


Gráfico: 7 Crecimiento micelial promedio de *G. lucidum* (mm/día)

De igual manera el crecimiento micelial de *H. erinaceus* mostró variaciones entre los tratamientos evaluados a lo largo del periodo de cultivo de las 312 horas (13 días). El menor crecimiento registrado se observó en el tratamiento EMA, con una tasa de crecimiento diario de 0.32 mm/día (gráfico 13), alcanzando un crecimiento total de 5.53 cm, con un inicio perceptible del desarrollo micelial a partir de las 48 h (gráfico 8). Mientras que, en los tratamientos suplementados, E1 presentó una tasa de crecimiento de 0.46 mm/día (gráfico 13) y un crecimiento acumulado de 7.12 cm (gráfico 9), mientras que E2 registró una tasa de 0.49 mm/día (gráfico 13), alcanzando 7.48 cm de crecimiento micelial (gráfico 10). Los mayores valores se observaron en los tratamientos M y CA, con tasas de crecimiento diario de 0.53 y 0.55 mm/día (gráfico 13), respectivamente, registrando longitudes finales de 7.84 cm en M (gráfico 12) y 7.96 cm en CA (gráfico 11).

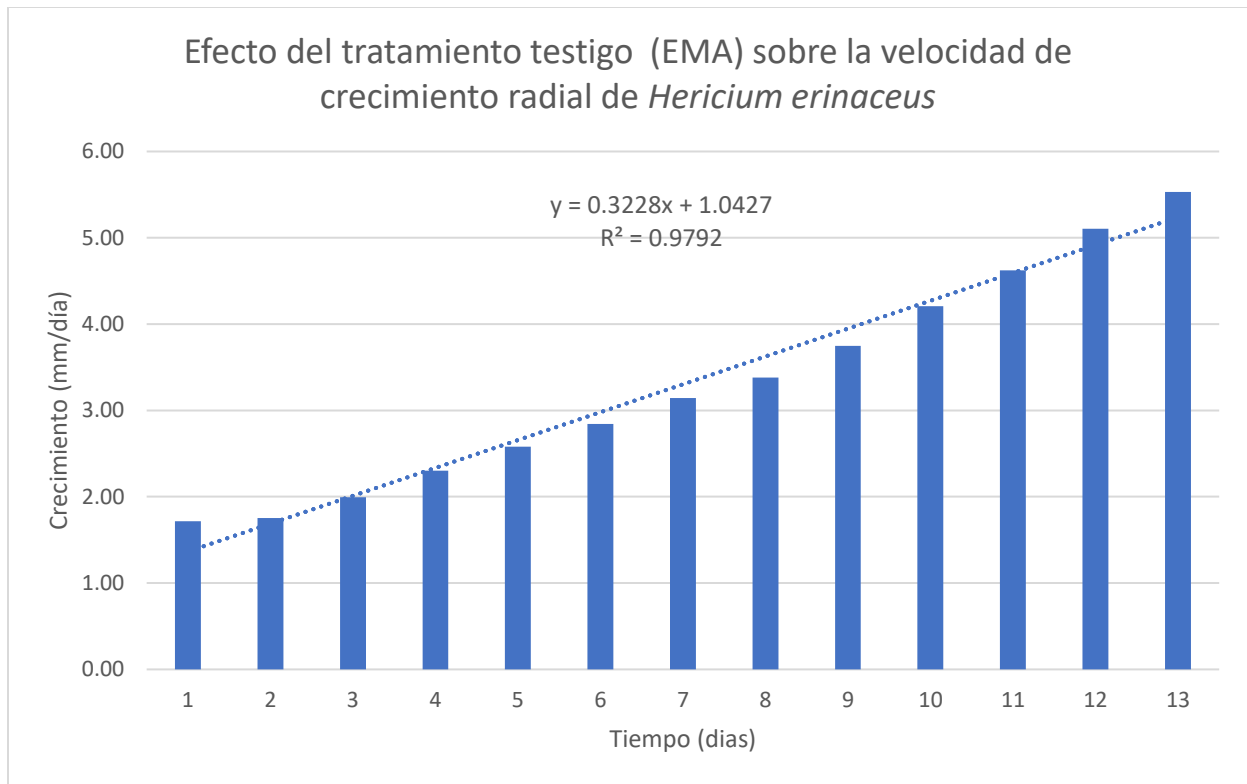


Gráfico 8: Efecto del tratamiento testigo (EMA) sobre la velocidad de crecimiento radial de *Hericum erinaceus*.

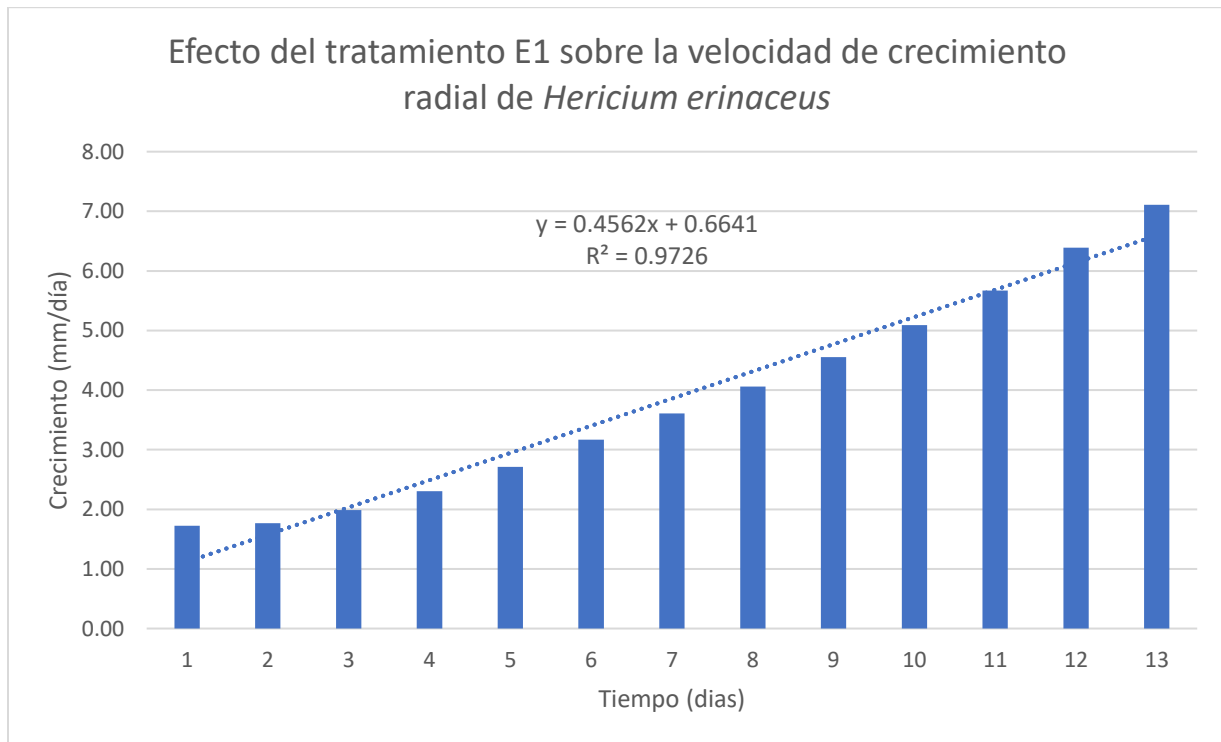


Gráfico 9: Efecto del tratamiento E1 sobre la velocidad de crecimiento radial de *Hericum erinaceus*

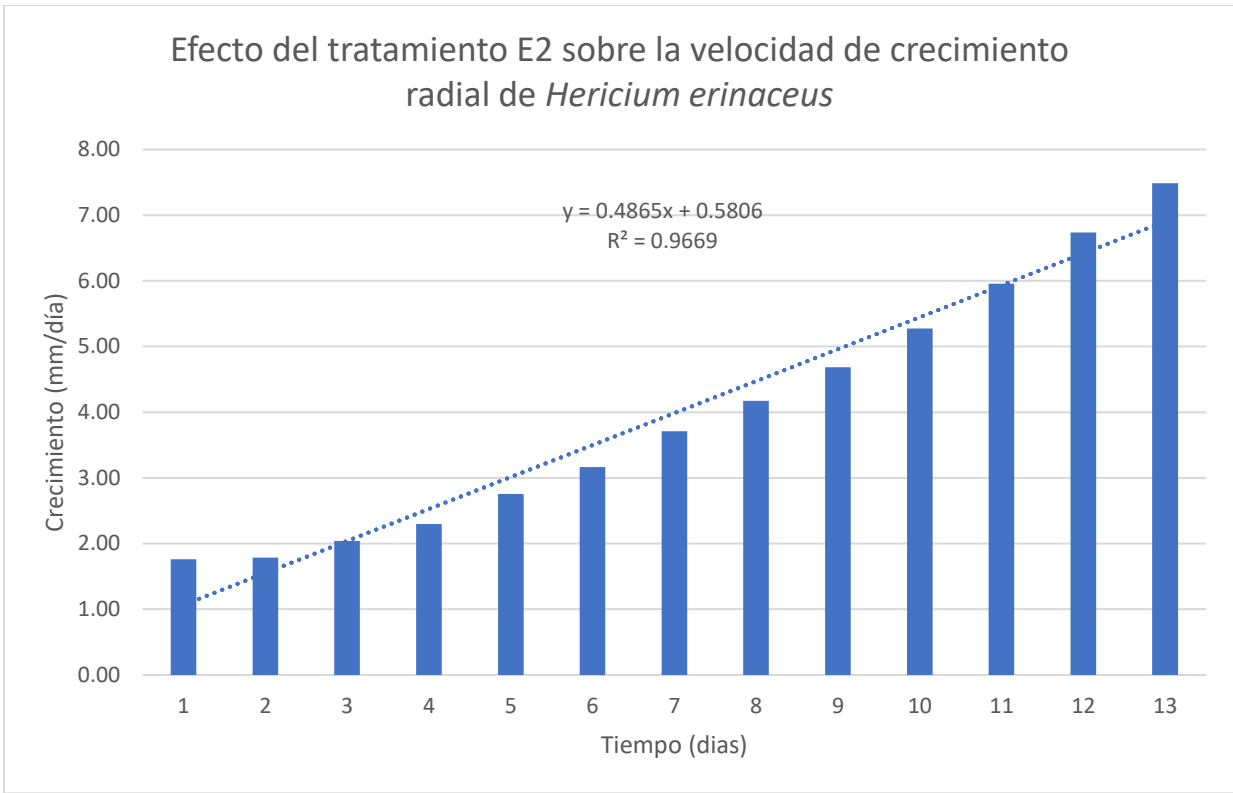


Gráfico 10: Efecto del tratamiento E2 sobre la velocidad de crecimiento radial de *Hericium erinaceus*

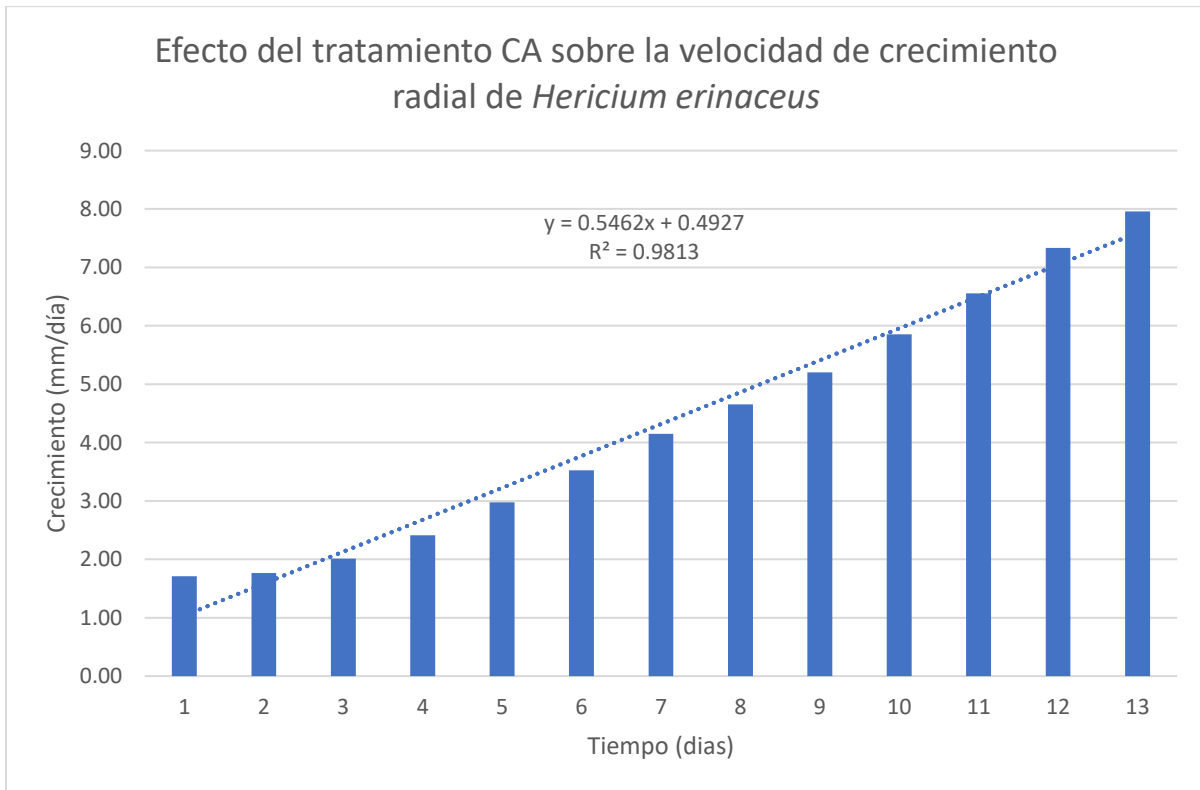


Gráfico 11: Efecto del tratamiento CA sobre la velocidad de crecimiento radial de *Hericium erinaceus*

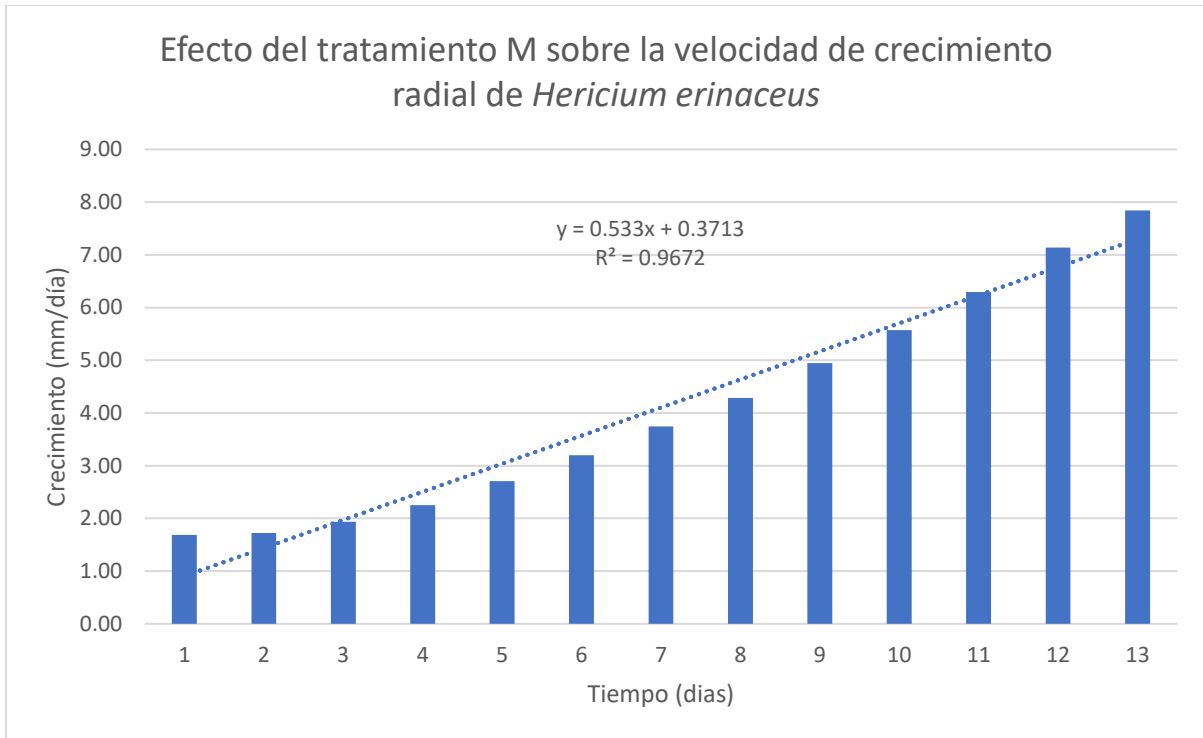


Gráfico 12: Efecto del tratamiento M sobre la velocidad de crecimiento radial de *Hericiium erinaceus*

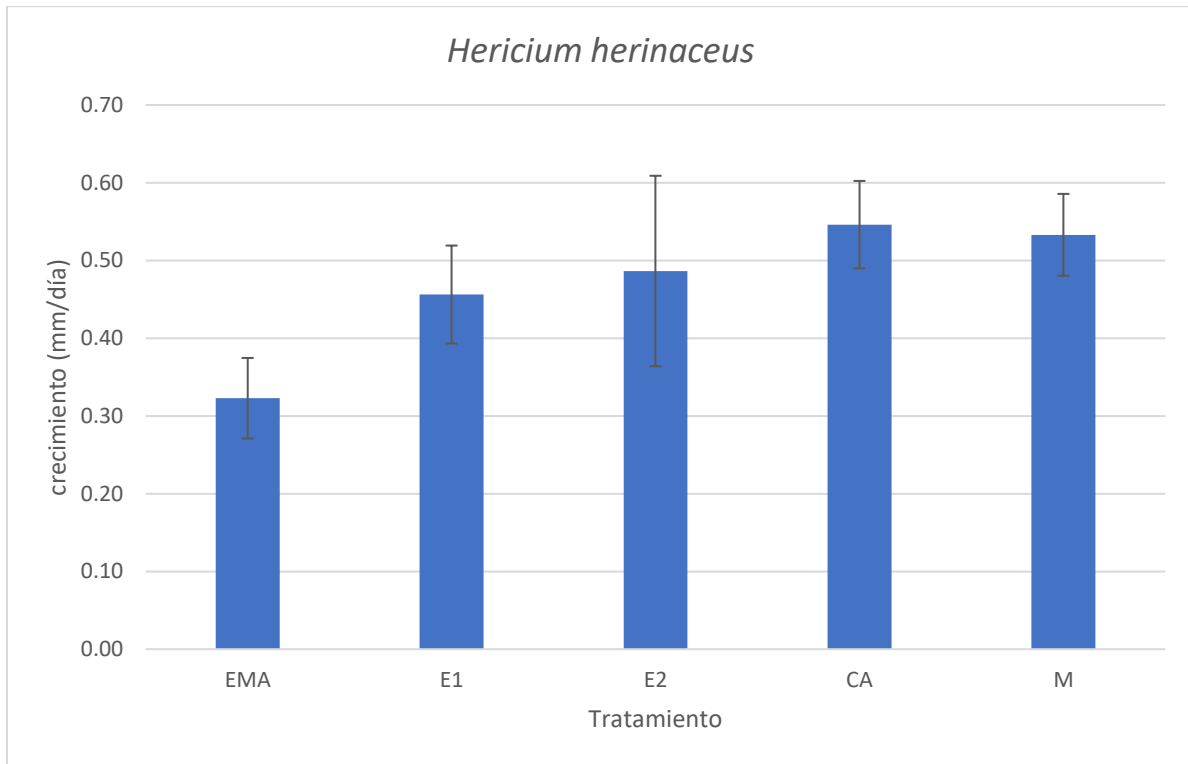


Gráfico 13: Crecimiento micelial promedio de *H. erinaceus* (mm/día)

El crecimiento micelial de *L. edodes* presentó diferencias entre los tratamientos evaluados y estuvo precedido, en todos los casos, por un periodo de latencia sin crecimiento visible al igual que *G. lucidum*, con una duración promedio de 6 días (144 h). Posteriormente, el mayor crecimiento se registró en el tratamiento M, con una tasa de crecimiento diario de 0.38 mm/día (gráfico 19) y una longitud micelial acumulada de 6.46 cm al final del periodo de evaluación (gráfico 18). En contraste, el tratamiento E1 alcanzó un crecimiento de 6.09 cm, con una tasa de 0.33 mm/día (gráfico 15 y 19), mientras que el tratamiento CA presentó una longitud de 5.92 cm y una tasa de crecimiento de 0.28 mm/día (gráfico 17 y 19). Los tratamientos EMA y E2 mostraron los valores más bajos de crecimiento (gráfico 14 y 16), con longitudes de 5.39 y 5.35 cm, respectivamente, y tasas de crecimiento diario de 0.28 mm/día en EMA y 0.25 mm/día en E2 (gráfico 19).

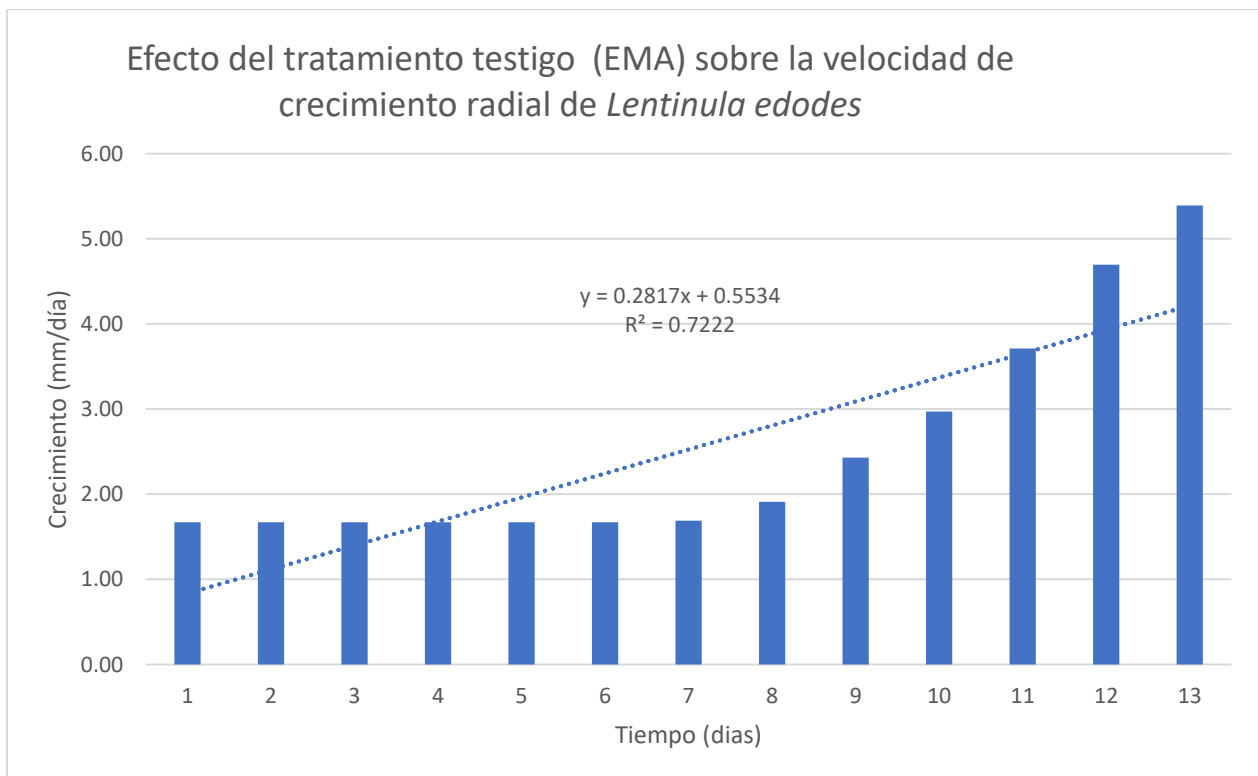


Gráfico 14: Efecto del tratamiento testigo (EMA) sobre la velocidad de crecimiento radial de *Lentinula edodes*

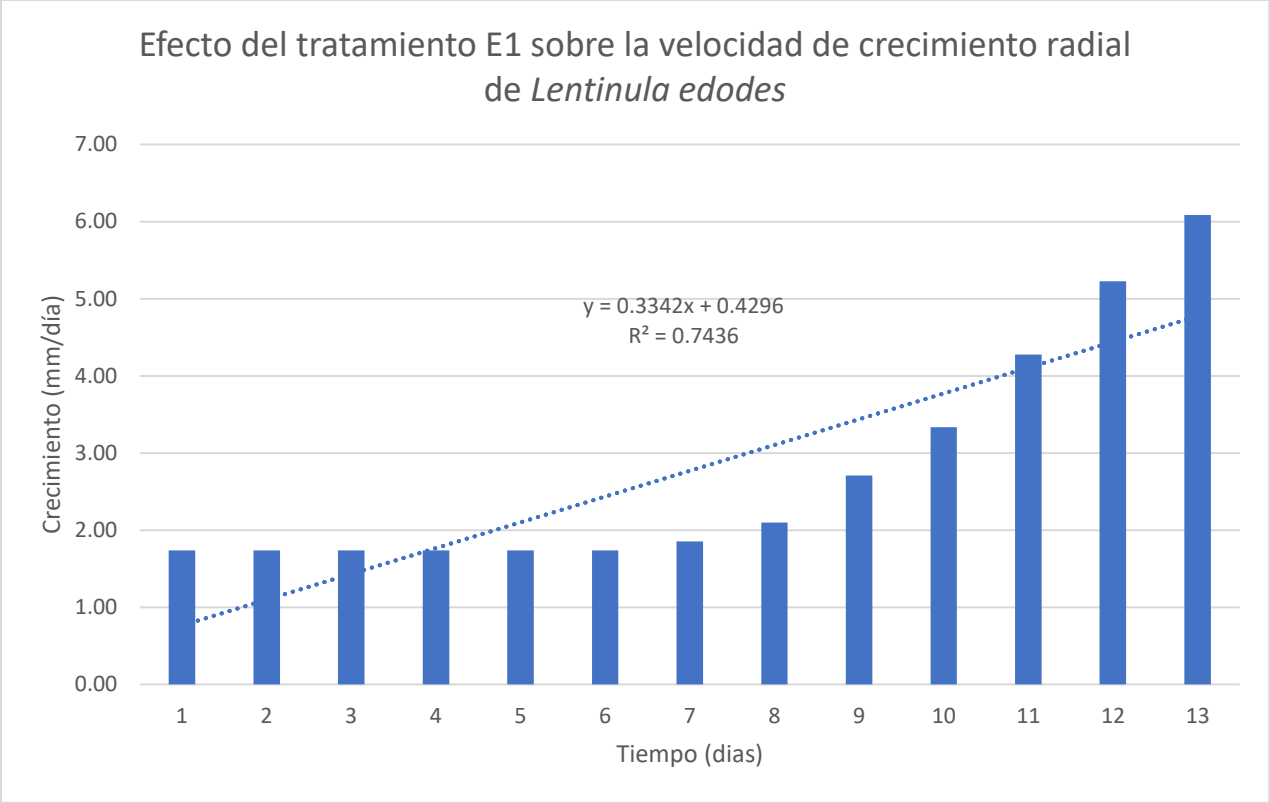


Gráfico 15: Efecto del tratamiento E1 sobre la velocidad de crecimiento radial de *Lentinula edodes*

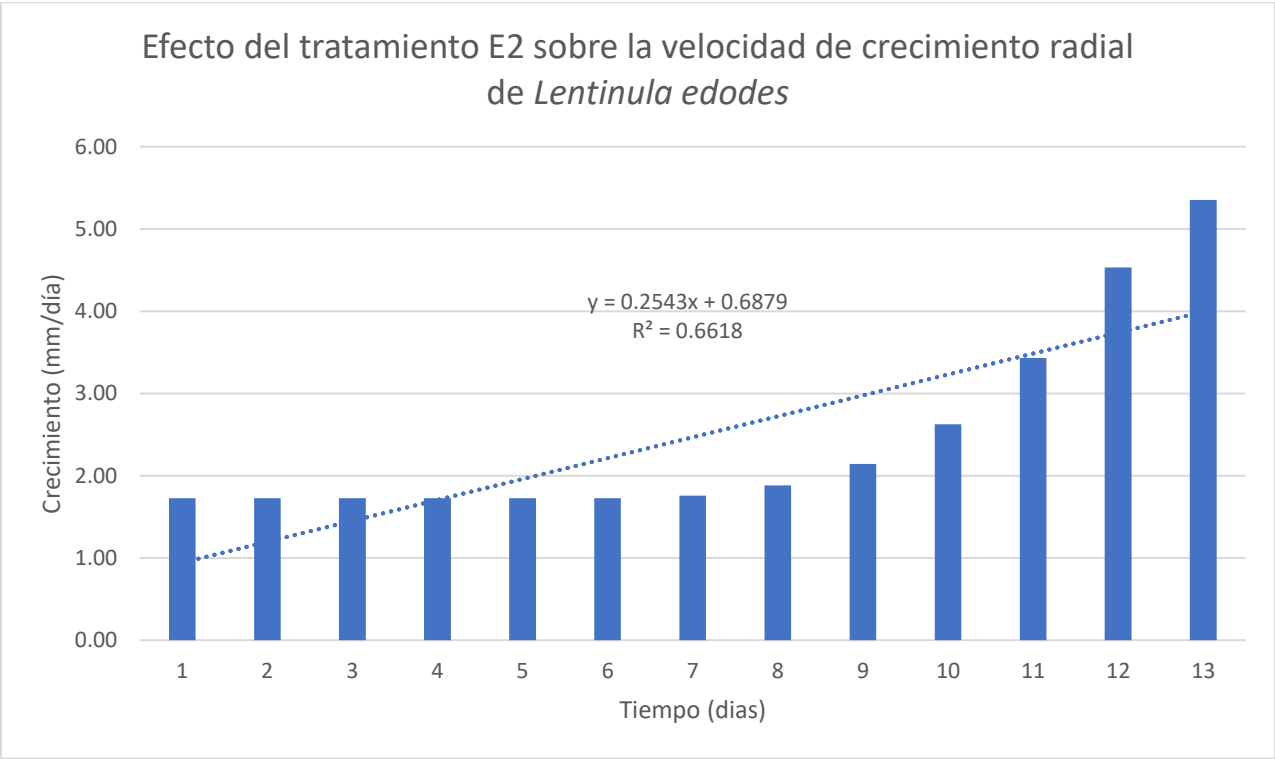


Gráfico 16: Efecto del tratamiento E2 sobre la velocidad de crecimiento radial de *Lentinula edodes*

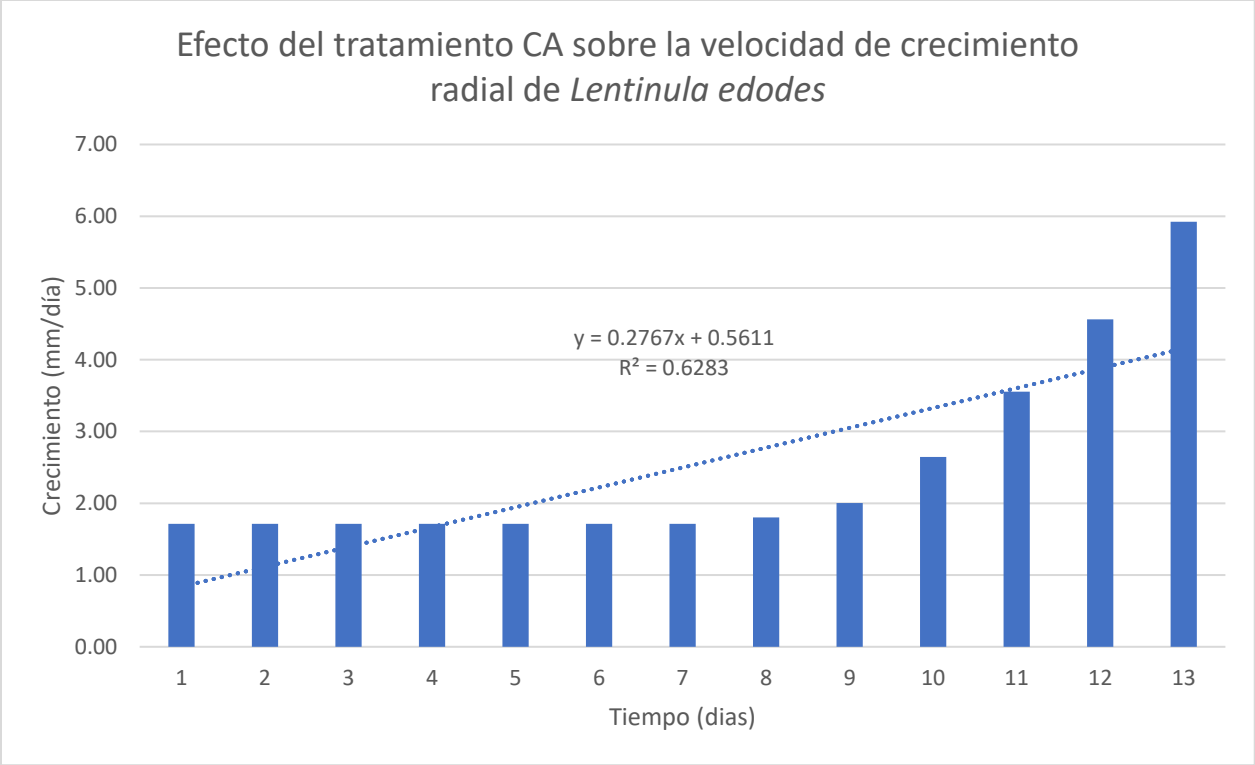


Gráfico 17: Efecto del tratamiento CA sobre la velocidad de crecimiento radial de *Lentinula edodes*

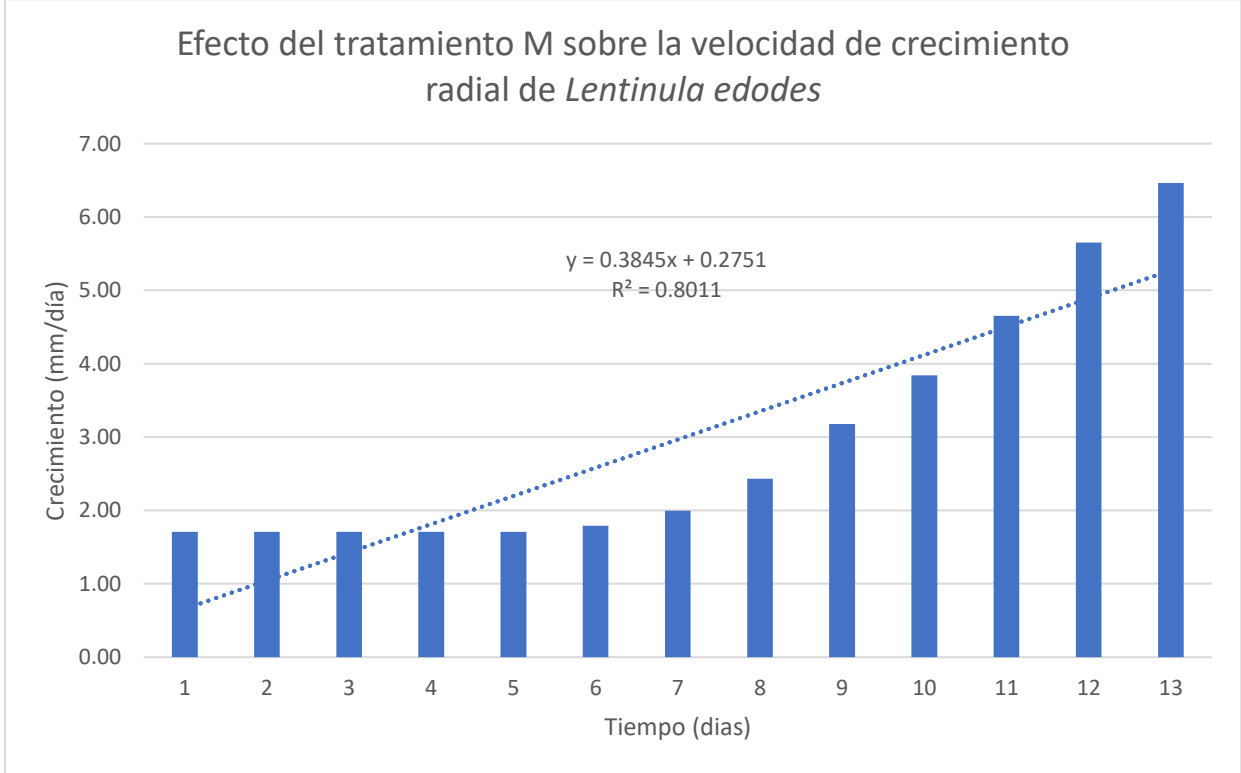


Gráfico 18: Efecto del tratamiento M sobre la velocidad de crecimiento radial de *Lentinula edodes*

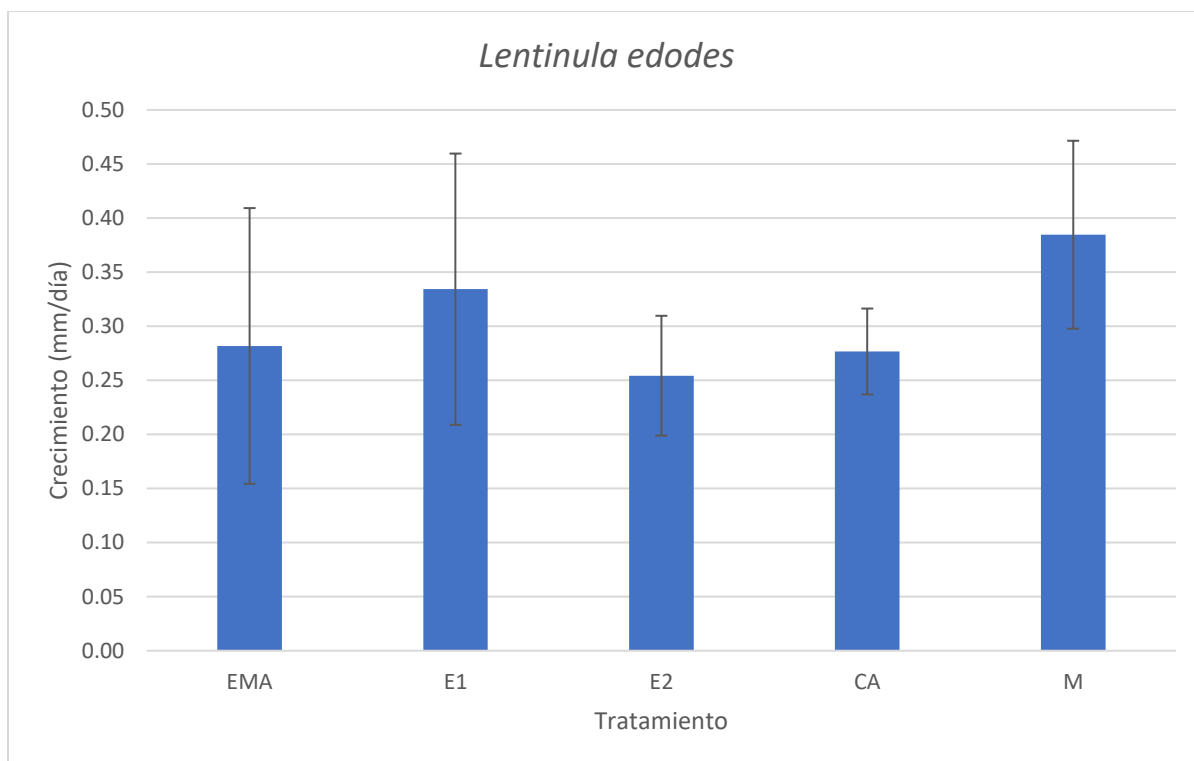


Gráfico 19: Crecimiento micelial promedio de *L. edodes* (mm/día)

El crecimiento micelial en *P. ostreatus* presentó diferencias entre los tratamientos evaluados, sin observarse un periodo de latencia previo al inicio del crecimiento. El mayor desarrollo micelial se observó en el tratamiento M, con una tasa de crecimiento diario de 0.32 mm/día (gráfico 25) y una longitud acumulada de 5.57 cm (gráfico 24). En segundo término, el tratamiento E1 registró un crecimiento de 5.16 cm, con una tasa de 0.28 mm/día (gráfico 21 y 25). Los tratamientos EMA y E2 presentaron crecimientos intermedios, con longitudes de 4.56 y 4.83 cm (gráfico 20 y 22), respectivamente, ambos con una tasa de crecimiento diario de 0.26 mm/día (gráfico 25). Finalmente, el tratamiento CA mostró el menor desempeño, con una tasa de crecimiento de 0.19 mm/día (gráfico 25) y una longitud micelial de 3.92 cm (gráfico 23).

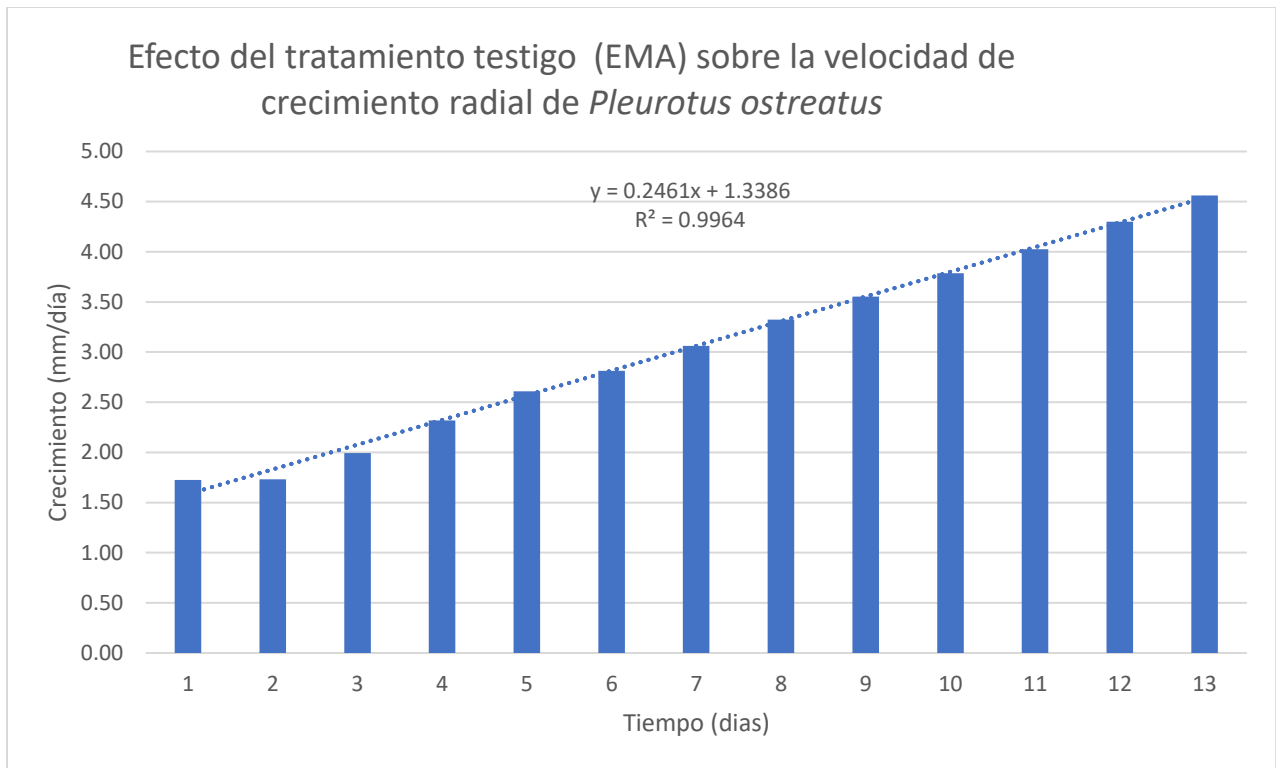


Gráfico 20: Efecto del tratamiento testigo (EMA) sobre la velocidad de crecimiento radial de *Pleurotus ostreatus*

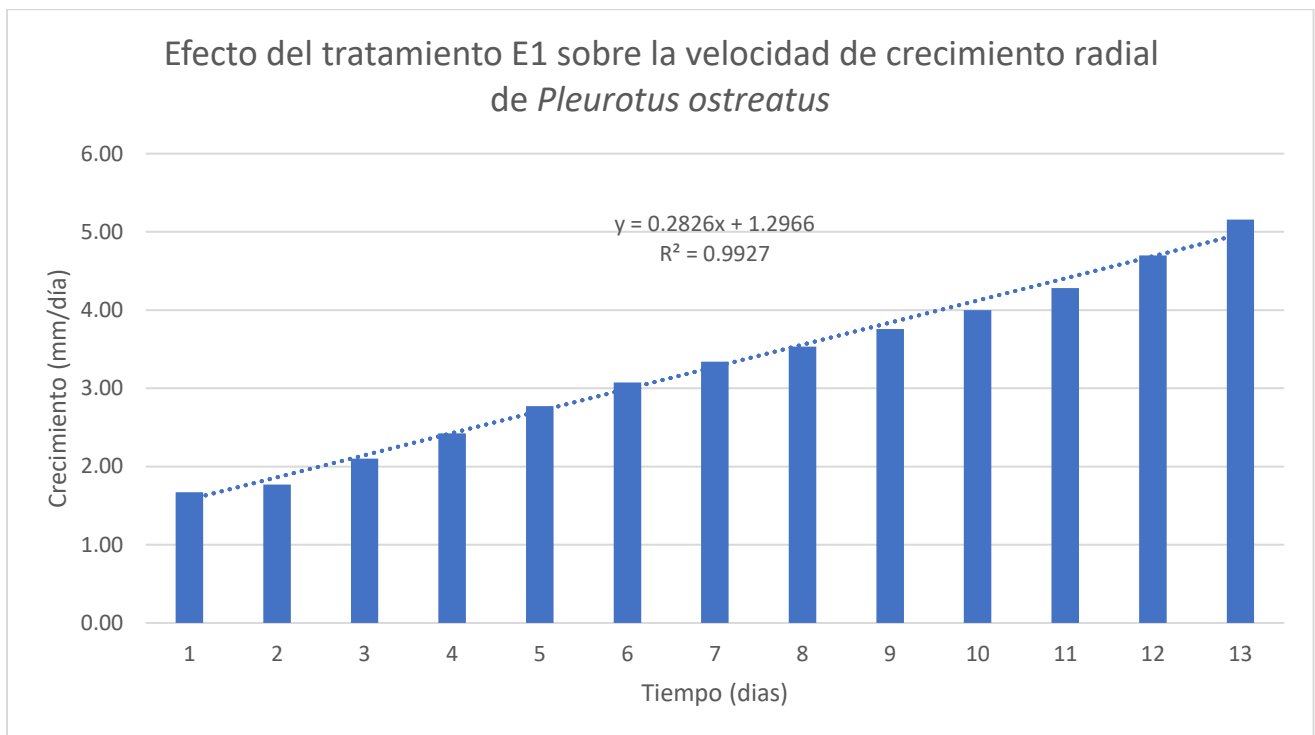


Gráfico 21: Efecto del tratamiento E1 sobre la velocidad de crecimiento radial de *Pleurotus ostreatus*

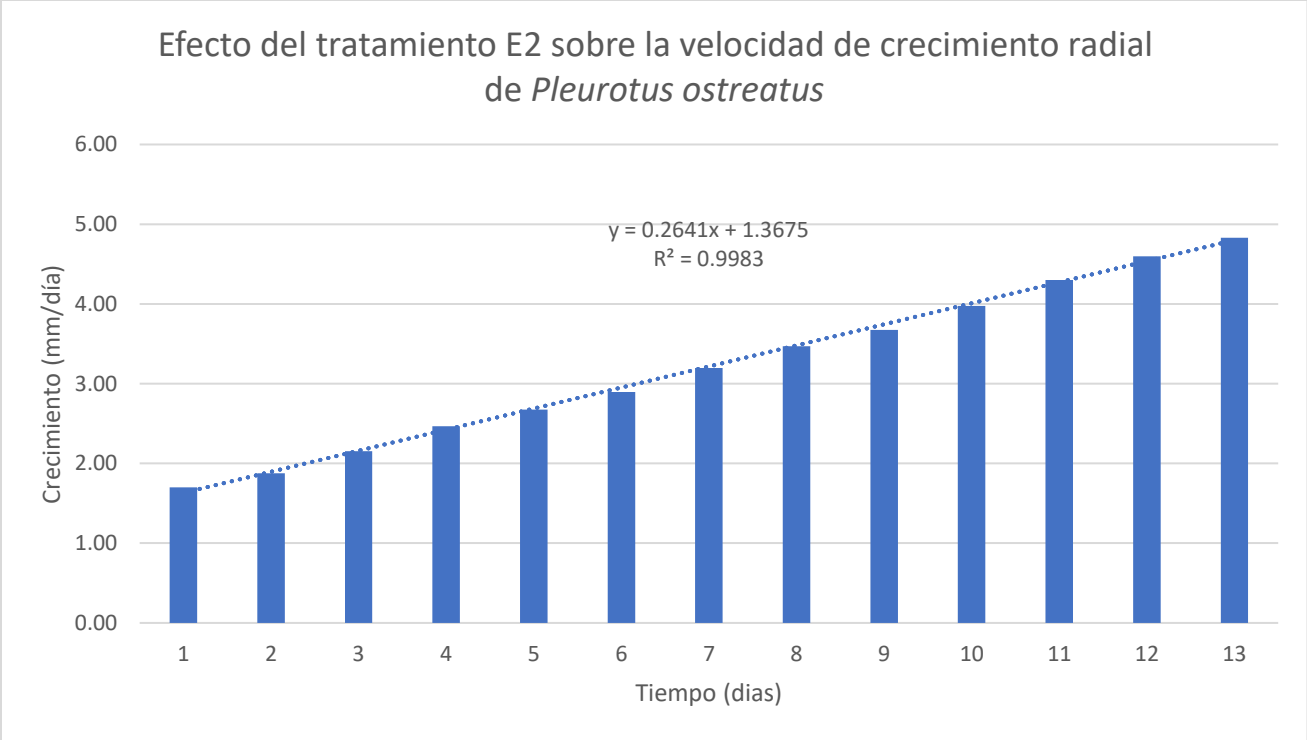


Gráfico 22: Efecto del tratamiento E2 sobre la velocidad de crecimiento radial de *Pleurotus ostreatus*

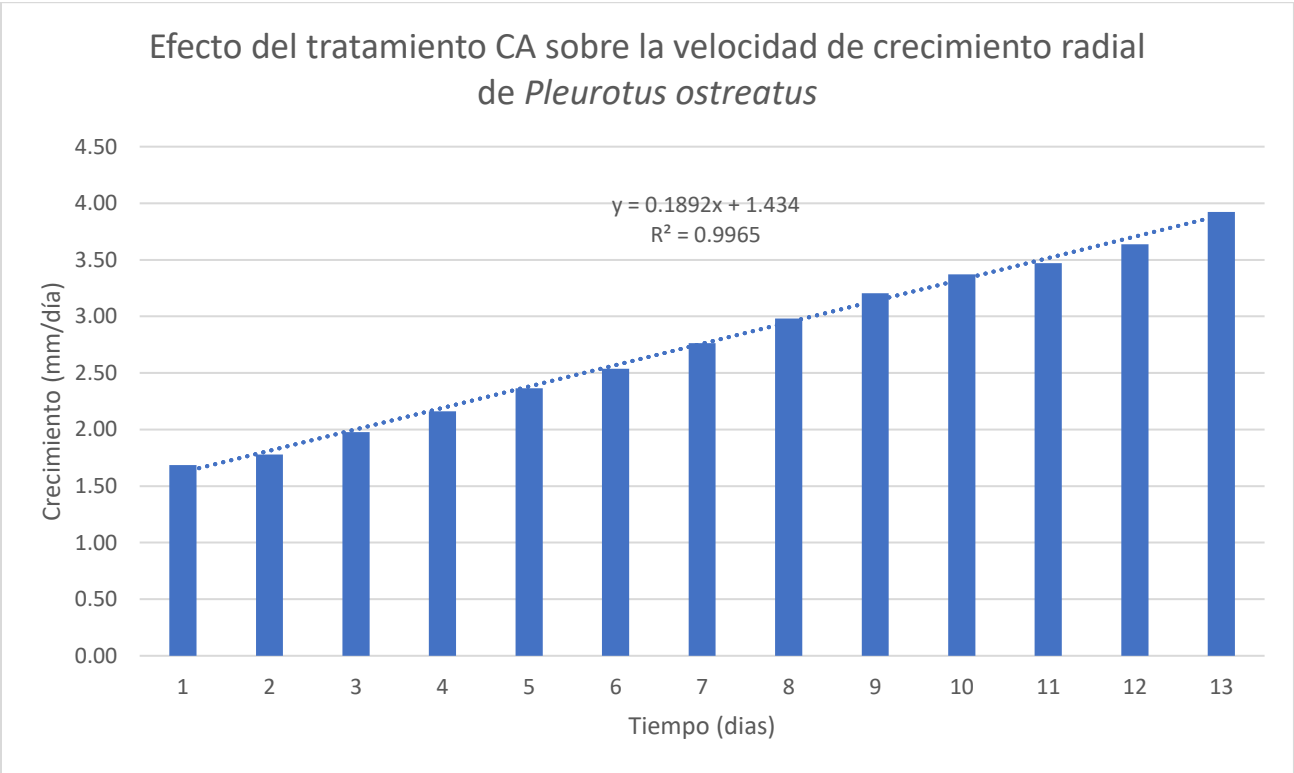


Gráfico 23: Efecto del tratamiento CA sobre la velocidad de crecimiento radial de *Pleurotus ostreatus*

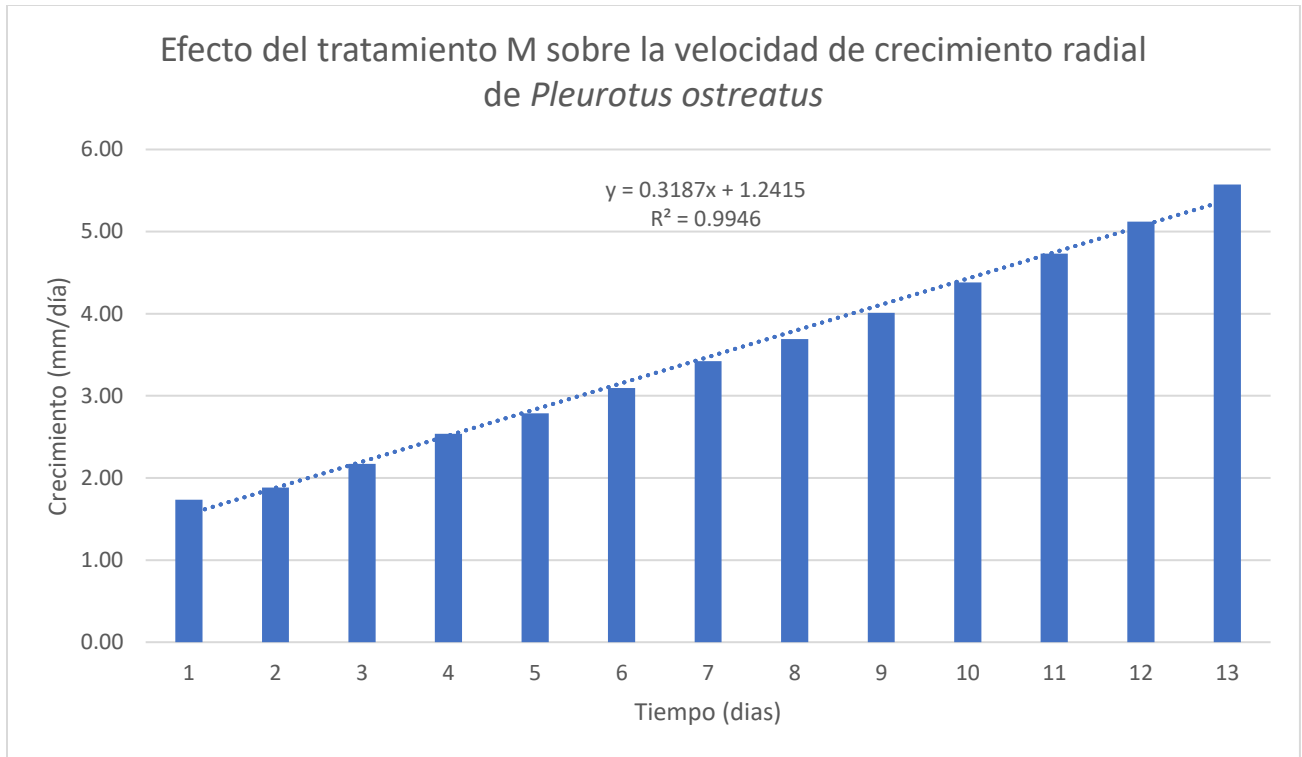


Gráfico 24: Efecto del tratamiento M sobre la velocidad de crecimiento radial de *Pleurotus ostreatus*

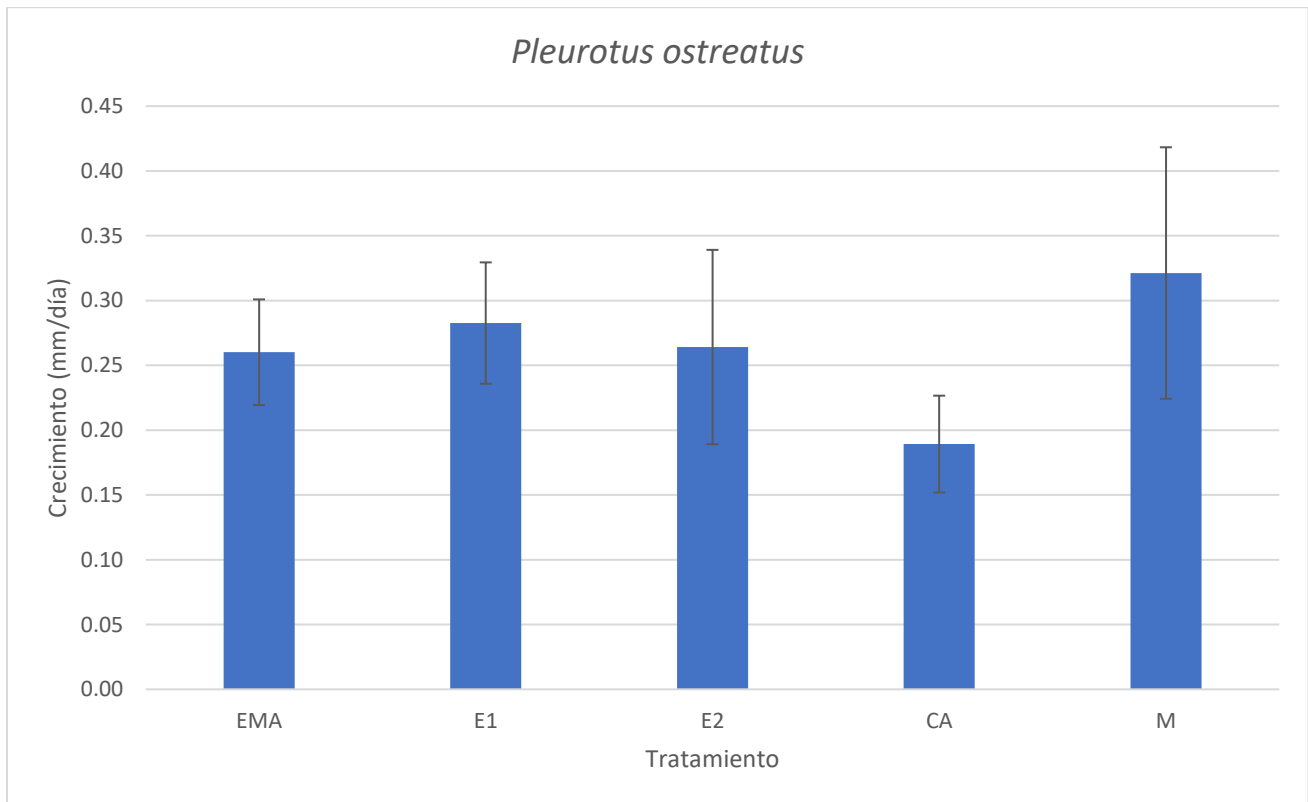


Gráfico 25: Crecimiento micelial promedio de *P. ostreatus* (mm/día)

## V. Discusión de resultados

### 1. Caracterización florística

El análisis florístico realizado permitió documentar una composición vegetal característica de la provincia florística Mesoamericana, lo cual concuerda con los patrones de diversidad descritos para las zonas templadas del centro de México. Esta afinidad florística es consistente con lo señalado por Rzedowski en *Vegetación de México* (2006), quien describe una elevada diversidad de géneros asociados a condiciones templadas y húmedas, particularmente en regiones montañosas con influencia mesoamericana.

Asimismo, los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Henri Puig en *Vegetación de la Huasteca, México* (1991), quien describe al bosque aciculifolio como una formación vegetal, caracterizada por la coexistencia de agrupaciones higrófilas, heliohigrófilas y mesófilas. Estas agrupaciones se distinguen por presentar una alta heterogeneidad florística, determinada principalmente por gradientes de humedad, disponibilidad de luz y condiciones edáficas.

La presencia de los géneros registrados en el presente estudio, tales como *Pinus*, *Quercus*, *Alnus*, *Arbutus*, *Cornus*, *Crataegus*, *Prunus* y *Litsea*, refuerza la afinidad del área de estudio con ecosistemas templados húmedos, en los cuales estos taxones suelen desempeñar un papel estructural dominante. De manera complementaria, la ocurrencia de géneros correspondientes a los estratos arbustivo y herbáceo, entre los que destacan *Baccharis*, *Buddleja*, *Cestrum*, *Salvia*, *Lepechinia*, *Ageratina*, *Roldana*, *Rubus*, *Muhlenbergia*, *Pennisetum*, *Potentilla*, *Fragaria*, *Trifolium*, *Bidens*, *Taraxacum* y *Achillea*, sugiere la existencia de microhábitats generados por aperturas del dosel y disturbios de baja intensidad derivados del aprovechamiento forestal previo en el área de estudio.

Por otra parte, la presencia de helechos y epífitas, representadas por géneros como *Adiantum*, *Pteridium*, *Tillandsia* y *Pleopeltis*, confirma la existencia de condiciones ambientales favorables de humedad y sombra, lo que refuerza la interpretación del sitio como un sistema forestal con heterogeneidad estructural y microclimática.

En conjunto, la composición florística registrada en el predio “El Pozo” refleja una comunidad vegetal compleja y diversa, estrechamente vinculada a condiciones climáticas húmedas y templadas, y claramente influenciada por antecedentes de aprovechamiento forestal. Dichas intervenciones han contribuido a la generación de aperturas en el dosel y a la heterogeneidad estructural del sitio, favoreciendo el establecimiento de especies características de etapas sucesionales secundarias.

## 2. Crecimiento micelial

El análisis de las pruebas de comparación múltiple de Tukey (HSD) permitió identificar patrones diferenciados de respuesta al tipo de medio de cultivo sólido suplementado con madera de latifoliada, evidenciando que el crecimiento micelial está condicionado tanto por el hongo, como por las características químicas de la madera empleada.

### ***Ganoderma lucidum***

En el presente estudio la prueba de Tukey de *G. lucidum* evidenció diferencias estadísticamente significativas claras entre tratamientos, reflejando una marcada selectividad hacia determinados tipos de madera. El tratamiento E2 presentó el mayor crecimiento micelial (grupo A), seguido de E1 (grupo B), mientras que el medio EMA mostró un comportamiento intermedio (grupo B–C). Los tratamientos M y CA registraron los valores más bajos, agrupándose en el grupo C (tabla 3 y 4).

Este patrón coincide con lo reportado por diversos autores, quienes señalan que *G. lucidum* es una especie altamente especializada en la degradación de lignina y compuestos fenólicos complejos. Según Wasser (2011), el crecimiento micelial de *Ganoderma* depende fuertemente de la composición química del sustrato, particularmente del tipo de lignina y de la presencia de compuestos aromáticos y extractos que pueden estimular o inhibir su desarrollo. Asimismo, Holgado Rojas et al.

(2024) reportaron que *G. lucidum* presenta un inicio de colonización más lento en medios sólidos, pero una respuesta diferenciada conforme avanza el tiempo de incubación, lo cual concuerda con el comportamiento observado en este estudio. En conjunto, los resultados sugieren que *G. lucidum* requiere una selección más precisa del sustrato para maximizar su crecimiento micelial.

### ***Pleurotus ostreatus***

Mientras que, *P. ostreatus* no presentó diferencias estadísticamente significativas en el crecimiento micelial entre los tratamientos evaluados, al agruparse todos dentro del mismo grupo estadístico (A) según la prueba de Tukey (tabla 3 y 4). Este comportamiento indica una elevada capacidad de adaptación a distintos tipos de sustratos maderables, aun cuando se observaron variaciones en los valores medios de crecimiento. La tendencia decreciente registrada, con mayores valores en el tratamiento M y menores en CA, sugiere que la composición química de la madera puede influir en la magnitud del crecimiento y depende directamente de la adaptabilidad de *P. ostreatus*.

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Chang y Miles (2004), quienes señalan que *P. ostreatus* es una especie generalista con una alta plasticidad metabólica, capaz de colonizar una amplia variedad de residuos lignocelulósicos gracias a su eficiente sistema enzimático. De igual forma, Sánchez (2010) indica que esta especie puede mostrar diferencias en la velocidad de crecimiento micelial dependiendo del tipo de sustrato, particularmente en función del contenido de lignina y celulosa, sin que dichas diferencias siempre resulten estadísticamente significativas. En este sentido, los resultados obtenidos refuerzan la idea de que *P. ostreatus* mantiene un crecimiento estable en diversos medios sólidos, lo que explica su amplio uso en sistemas de cultivo comercial y experimental.

### ***Lentinula edodes***

Para *L. edodes*, la prueba de Tukey tampoco evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, agrupándose todos dentro del mismo grupo (A) (tabla 3 y 4). No obstante, los valores promedio mostraron una respuesta diferencial en términos de magnitud, con un mayor crecimiento micelial en el tratamiento M y valores menores en E2.

Diversos autores han documentado que *L. edodes* presenta un crecimiento micelial relativamente estable en medios sólidos, aunque con variaciones en la velocidad de colonización asociadas a la composición del sustrato. Royse, Baars y Tan (2017) señalan que esta especie es capaz de desarrollarse sobre diferentes maderas duras, siempre que se mantengan condiciones adecuadas de humedad y disponibilidad de carbono estructural. Asimismo, Philippoussis (2009) menciona que, aunque *L. edodes* responde positivamente a ciertos tipos de madera, las diferencias entre sustratos no siempre se reflejan en contrastes estadísticos claros durante la fase micelial temprana, lo cual es consistente con los resultados observados.

### ***Hericiium erinaceus***

En contraste con las especies anteriores, *H. erinaceus* mostró una respuesta diferenciada al tipo de tratamiento. Los mayores valores de crecimiento micelial se registraron en los tratamientos CA, M y E2, los cuales se agruparon en el grupo estadístico A, mientras que el tratamiento EMA presentó un crecimiento significativamente menor (grupo B). El tratamiento E1 mostró un comportamiento intermedio, ubicándose entre ambos grupos de acuerdo con la prueba tukey (tabla 3 y 4).

Estos resultados indican que *H. erinaceus* presenta una mayor sensibilidad a la composición del sustrato, lo cual ha sido reportado previamente en la literatura. Según Stamets (2000), esta especie muestra una preferencia marcada por maderas con características químicas específicas, particularmente aquellas con una relación equilibrada entre celulosa y lignina. De igual forma, Lechner y Papinutti (2006) destacan que el crecimiento micelial de *H. erinaceus* puede verse limitado en sustratos

con compuestos extractivos inhibitorios, lo que explicaría el menor desempeño observado en el tratamiento EMA. En este contexto, los resultados sugieren que la selección del tipo de madera es un factor importante para optimizar el crecimiento micelial de esta especie.

Tabla 3 Resumen de las diferentes comparaciones por pares para los distintos tratamientos (Tukey (HSD))

<b>Resumen de las comparaciones por pares para tratamiento EMA (Tukey (HSD)):</b>			<b>Resumen de las comparaciones por pares para tratamiento M (Tukey (HSD)):</b>		
Categoría	Medias LS(Y)	Grupos	Categoría	Medias LS(Y)	Grupos
<i>G. lucidum</i>	0.354	A	<i>H. erinaceus</i>	0.533	A
<i>H. erinaceus</i>	0.323	A	<i>L. edodes</i>	0.385	A B
<i>L. edodes</i>	0.282	A	<i>G. lucidum</i>	0.321	B
<i>P. ostreatus</i>	0.260	A	<i>P. ostreatus</i>	0.305	B

<b>Resumen de las comparaciones por pares para tratamiento E1 (Tukey (HSD)):</b>			<b>Resumen de las comparaciones por pares para tratamiento CA (Tukey (HSD)):</b>		
Categoría	Medias LS(Y)	Grupos	Categoría	Medias LS(Y)	Grupos
<i>G. lucidum</i>	0.473	A	<i>H. erinaceus</i>	0.546	A
<i>H. erinaceus</i>	0.456	A	<i>L. edodes</i>	0.277	B
<i>L. edodes</i>	0.334	A B	<i>G. lucidum</i>	0.218	B
<i>P. ostreatus</i>	0.283	B	<i>P. ostreatus</i>	0.189	B

<b>Resumen de las comparaciones por pares para tratamiento E2 (Tukey (HSD)):</b>		
Categoría	Medias LS(Y)	Grupos
<i>G. lucidum</i>	0.582	A
<i>H. erinaceus</i>	0.486	A
<i>P. ostreatus</i>	0.264	B
<i>L. edodes</i>	0.254	B

Tabla 4 Resumen de las comparaciones por pares para cada basidiomiceto (Tukey (HSD))

Resumen de las comparaciones por pares para <i>G. lucidum</i> (Tukey (HSD)):			Resumen de las comparaciones por pares para <i>L. edodes</i> (Tukey (HSD)):		
Categoría	Medias LS(Y)	Grupos	Categoría	Medias LS(Y)	Grupos
E2	0.582	A	M	0.385	A
E1	0.473	A B	E1	0.334	A
EMA	0.354	B C	EMA	0.282	A
M	0.305	C	CA	0.277	A
CA	0.218	C	E2	0.254	A

Resumen de las comparaciones por pares para <i>H. erinaceus</i> (Tukey (HSD)):			Resumen de las comparaciones por pares para <i>P. ostreatus</i> (Tukey (HSD)):		
Categoría	Medias LS(Y)	Grupo s	Categoría	Medias LS(Y)	Grupos
CA	0.546	A	M	0.321	A
M	0.533	A	E1	0.283	A
E2	0.486	A	E2	0.264	A
E1	0.456	A B	EMA	0.260	A
EMA	0.323	B	CA	0.189	A

## VI. Conclusiones

El presente estudio permitió integrar el análisis florístico de un predio bajo manejo forestal en el municipio de Acaxochitlán, Hidalgo, con la evaluación del crecimiento micelial de cuatro especies de hongos basidiomicetos en medios de cultivo sólidos suplementados con madera de latifoliadas, aportando una visión interdisciplinaria entre la ecología forestal y el crecimiento micelial.

La caracterización florística confirmó que el área de estudio corresponde a un ecosistema de bosque templado pino-encino, con afinidad a la provincia florística Mesoamericana, y evidencia una estructura vegetal influenciada por antecedentes de aprovechamiento forestal. Dichas intervenciones han generado heterogeneidad estructural y microhábitats que favorecen la coexistencia de especies arbóreas, arbustivas, herbáceas, helechos y epífitas, lo cual coincide con patrones descritos para bosques templados del centro de México (Rzedowski, 2006; Puig, 1991).

En cuanto al crecimiento micelial, los resultados demostraron que la respuesta de los hongos evaluados depende tanto de la especie como del tipo de madera empleada. *Lentinula edodes* y *Pleurotus ostreatus* mostraron una alta capacidad de adaptación a distintos sustratos, sin diferencias estadísticas significativas, lo que confirma su adaptabilidad y su potencial para el aprovechamiento de diversos residuos lignocelulósicos. En contraste, *Hericium erinaceus* y *Ganoderma lucidum* presentaron una respuesta más selectiva, evidenciando que la composición química de la madera influye de manera determinante en su crecimiento micelial.

Diversos autores han señalado que las maderas del género *Quercus* constituyen sustratos ideales para el cultivo de hongos comestibles y medicinales, debido a su elevado contenido de lignina, celulosa y hemicelulosa, así como a su adecuada estructura física para la colonización micelial (Chang & Miles, 2004; Stamets P. , 2000; Royse, Baars, & Tan, 2017). Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio demuestran que, aun tratándose de especies del mismo género, como *Quercus laurina* y *Quercus rugosa*, la respuesta micelial varía de manera significativa entre especies de

hongos, evidenciando que la afinidad hongo–sustrato no depende únicamente del género de la madera, sino de su composición química específica y de la fisiología de cada hongo.

Asimismo, el uso de *Arbutus xalapensis* y *Prunus serotina*, especies que no son tradicionalmente consideradas de importancia maderable comercial, mostró un desempeño favorable, lo que resalta su potencial como alternativa innovadora para la valorización de residuos forestales generados durante los aprovechamientos. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de evaluar de manera específica cada combinación hongo–madera, y posicionan al presente estudio como una aportación relevante para el desarrollo de sistemas de cultivo de hongos basados en residuos forestales.

En este contexto, el presente estudio demuestra que el cultivo de hongos comestibles a partir de residuos forestales locales en el municipio de Acaxochitlán, Hidalgo, constituye una estrategia viable para fortalecer la economía local y contribuir a la mitigación del cambio climático, al transformar dichos residuos forestales derivados del aprovechamiento forestal en alimentos de alto valor nutricional y comercial. Asimismo, se propone un método poco explorado en el municipio, alineado con la tradición regional de consumo de hongos y con los enfoques contemporáneos de manejo forestal sustentable.

## Bibliografía

- Ahmed Imtiaz, C. J.-S. (2009). Comparative Study of Environmental and Nutritional Factors and The Mycelial Growth of Edible Mushrooms.
- ARANGO, C. S. (2010). *OBTENCIÓN IN VITRO DE MICELIO DE HONGOS COMESTIBLES, SHIITAKE (Lentinula edodes) Y ORELLANAS (Pleurotus ostreatus y Pleurotus pulmonarius) A PARTIR DE AISLAMIENTOS DE CUERPOS FRUCTÍFEROS, PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.
- Bertrán Spichiger, J., & Morales Verdugo, E. (2008). POTENCIAL DE GENERACIÓN DE ENERGÍA POR RESIDUOS DEL MANEJO FORESTAL EN CHILE.
- Bidegain, M. A. (2017). *Optimización del cultivo de Ganoderma lucidum. Evaluación de actividad y desarrollo de nutraceuticos*.
- Bidegain, M. A. (s.f.). CONICET. Obtenido de <https://bahianblanca.conicet.gov.ar/boletin/boletin29/index5d2e.html>
- Bolaños-Campos, S., & Romero-Bautista, L. (2024). Potencial farmacológico y biotecnológico de Hericium erinaceus: una revisión Pharmacological and biotechnological potential of Hericium erinaceus: a review.
- Cabezas, D. C. (2011). CARACTERIZACIÓN Y SELECCIÓN DE MICROORGANISMOS ASOCIADOS A RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS (FRUTO Y TORTA) DE LA HIGUERILLA (Ricinus communis).
- Cesaroni, V. (2019). *Improving the researches on Hericium erinaceus for a better use of its medicinal properties in central nervous system*. Universidad de PAVIA.
- Chang, S. T., & Miles, P. G. (2004). Mushrooms: Cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact (2nd ed.).
- CONABIO. (Recuperado el 26 de mayo de 2025). *Prunus serotina*. Obtenido de [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/60-rosac6m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/60-rosac6m.pdf)
- CONABIO. (Recuperado el 26 de mayo de 2025). *Quercus rugosa Née*. Obtenido de [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/31-fagac10m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/31-fagac10m.pdf)
- CONAFOR. (2020). Obtenido de Principales indicadores del sector forestal en México: [https://databosques.cnf.gob.mx/inicio/#:~:text=138.7%20millones%20de%20hect%C3%A1reas%20\(ha,a%2070.6%25%20del%20territorio%20mexicano](https://databosques.cnf.gob.mx/inicio/#:~:text=138.7%20millones%20de%20hect%C3%A1reas%20(ha,a%2070.6%25%20del%20territorio%20mexicano).
- CONAFOR. (Recuperado el 26 de mayo de 2025). Obtenido de *Prunus serotina* var. *capuli* (Cav.) McVaugh : <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/990Prunus%20serotina.pdf>
- CONAFOR. (Recuperado el 26 de mayo de 2025). *Ficha técnica Quercus laurina Humb et Bonpl.* . Obtenido de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/993Quercus%20laurina.pdf>
- CONAFOR. (Recuperado el 26 de mayo de 2025). *Ficha técnica Quercus rugosa Neé*. Obtenido de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/995Quercus%20rugosa.pdf>

- D. Cruz, E. L. (2010). comestibles, Guía técnica de producción de hongos de la especie *Pleurotus ostreatus*. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*.
- ENRIQUE, M. V. (2024). *BIOMASA DE Chlorella SP. DULCEACÚCOLA COMO NUTRIENTE DE CULTIVO SÓLIDO PARA EL CRECIMIENTO MICELIAL DE Pleurotus ostreatus*. Ecuador: UPSE.
- FAO. (1991). *Conservación de energía en las industrias mecánicas forestales*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/T0269S/T0269S00.htm>
- FAO. (2020). *EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS FORESTALES MUNDIALES*. FAO.
- FAO. (2024). *EL ESTADO DE LOS BOSQUES DEL MUNDO*. FAO.
- Félix Miguel, A. Z., & Sánchez, B. M. (2022). Crecimiento in vitro de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en diferentes medios de cultivo. *SCILO*.
- Florencia D. PECH-Cárdenas, B. V.-C. (2014). Los Trabajos Florísticos: Importancia y Limitaciones. Herbario CICY, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C.
- Gao, S. (2020). Bioconversión de residuos agrícolas de paja de arroz por *Lentinula edodes* y evaluación de compuestos de sabor no volátiles en hongos. *Informes científicos*.
- GBIF. (s.f.). *Callocephalon fimbriatum (Temminck, 1822)*. Obtenido de Global Biodiversity Information Facility: <https://www.gbif.org/es/species/2537743>
- Gómez, J. J. (2008). Consideraciones ambientales en torno a los biocombustibles líquidos. *CEPAL*.
- González, G. C. (2019). Biorrefinerías y Economía Circular. *UAM*.
- Granados-Sánchez, D., & López-Ríos, G. F. (2007). ECOLOGÍA Y SILVICULTURA EN BOSQUES TEMPLADOS.
- Gutiérrez, G., & Saucedo, G. (1999). *COMPARACION DE DOS METODOS PARA LA SELECCIÓN DE CEPAS PARA SU USO EN FERMENTACIONES EN MEDIO SOLIDO: CRECIMIENTO RADIAL Y LONGITUDINAL*. Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería.
- Hernández, J. E., & Alcántara-Salinas, G. (2020). Estado actual del conocimiento florístico de México y su importancia para el desarrollo sustentable. *Environment & Technology*.
- HERRERA, A. A. (1997). *COMPARATIVO DE DIFERENTES SUSTRATOS PARA EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE SHIITAKE (Lentinus edodes Berk Sing.)*.
- Holgado Rojas, L. L., & Vargas Febres, J. R. (2024). Idoneidad del micelio de hongos para la producción de micomateriales.
- Javier Hernández-Salas, Ó. A.-c. (2013). Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del norte de México. *SciELO*.
- Kuhad, R. C., & Singh, A. (2007). *Lignocellulose Biotechnology: Future Prospects*. International publishing house.
- Lechner, B. E., & Papinutti, V. L. (2006). Production of lignocellulosic enzymes during growth and fruiting of *Herichium erinaceus*. *International Biodeterioration & Biodegradation*.

- Life, D. (s.f.). *Discover Life*. Obtenido de <https://www.discoverlife.org/20/q?search=Pleurotus+ostreatus>
- López, A. (2013). INIFOR REALIZA CULTIVO DE *Lentinula edodes*, (Shiitake) SOBRE RESIDUOS FORESTALES (ASERRIN) Y AGRICOLAS COMO PARTE DEL ACUERDO DE COOPERACIÓN TÉCNICA Y CIENTÍFICA ENTRE JAPÓN Y MÉXICO (JICA-UV). *Fungicultura*.
- Luque, J. M. (2022). Evaluación de residuos lignocelulósicos de la Patagonia argentina para el cultivo del hongo comestible *Lentinula edodes* (Basidiomycota). *Bonplandia*.
- Luttmann, G. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el crecimiento in vitro de *Pleurotus* spp.
- Luttmann, G. D. (2017). *fg*.
- MALDONADO, E. S. (2022). *ACTIVIDAD ENZIMÁTICA EXTRACELULAR DE LACASAS Y ALGUNAS HIDROLASAS DE *Hericium erinaceus* EN CULTIVO SÓLIDO*. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS.
- Martínez, C. R., & Zhurbenko, R. (2018). *MANUAL BioCen DE MEDIOS DE CULTIVO 2018*.
- MORALES, O. A. (2010). *ESTUDIO DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DEL ESTÍPITE DE Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler) Y DE UN EXTRACTO RICO EN SUS POLISACÁRIDOS SOBRE LAS CUALIDADES NUTRICIONALES DEL ANTIPASTO*.
- Mosquera, J. C. (2007). *EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE *Lentinula edodes* (SHIITAKE), EN RESIDUOS AGROINDUSTRIALES*.
- ORTIZ, W. G. (2011). MATERIALES LIGNOCELULOSICOS COMO FUENTE DE BIOCOMBUSTIBLES Y PRODUCTOS QUÍMICOS. *Tecno ESUFA*.
- Ozcariz-Fermoselle, Virginia, M., Vega-Luttmann, G. d., Lugo-Monter, F. d., Galhano, C., & Arce-Cervantes, O. (2019). Promoting Circular Economy Through Sustainable Agriculture in Hidalgo: Recycling of Agro-Industrial Waste for Production of High Nutritional Native Mushrooms. Springer Nature Switzerland AG.
- Peña F, E., & Acuña C, E. (2015). Residuos de la cosecha forestal: aprovechamiento [en línea]. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Quilamapu.
- Philippoussis, A. (2009). Production of mushrooms using agro-industrial residues as substrates. *Biotechnology Journal*.
- Prabir, B. (2010). *Biomass Gasification and Pyrolysis: Practical Design and Theory*. ELSEVIER.
- PROFEPA. (2020). *Importancia de los Ecosistemas Forestales; Especies de los Bosques y Selvas*. Obtenido de <https://www.gob.mx/profepa/articulos/importancia-de-los-ecosistemas-forestales-especies-de-los-bosques-y-selvas>
- Pronatura Veracruz. (Recuperado el 26 de mayo de 2025). *Ficha técnica: *Arbutus xalapensis* [PDF]*. Obtenido de [https://2024.pronaturaveracruz.org/recursos/ficha/FICHA\\_Arbutus%20xalapensis.pdf](https://2024.pronaturaveracruz.org/recursos/ficha/FICHA_Arbutus%20xalapensis.pdf)

- Puig, H. (1991). *Vegetación de la Huasteca de México*.
- R/mycology. (2019). *REDIT*. Obtenido de [https://www.reddit.com/r/mycology/comments/e9h9i6/was\\_told\\_i\\_should\\_put\\_this\\_in\\_here\\_too\\_lions\\_mane/?rdt=5240](https://www.reddit.com/r/mycology/comments/e9h9i6/was_told_i_should_put_this_in_here_too_lions_mane/?rdt=5240)
- Ramírez-Marcial. (2003). *Guía para la propogación de especies leñosas nativas de Los Altos y montañas del Norte de Chiapas.1era edición. ECOSUR. México*. Obtenido de [https://revivemx.org/Recursos/Fichas\\_propagacion/FichaPropagacion\\_F2\\_Arbutus\\_xalapensis.pdf](https://revivemx.org/Recursos/Fichas_propagacion/FichaPropagacion_F2_Arbutus_xalapensis.pdf)
- Revivemx. (Recuperado el 26 de mayo de 2025). *FICHAS PARA LA PROPAGACIÓN DE ÁRBOLES CLAVE PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA*. Obtenido de [https://revivemx.org/Recursos/Fichas\\_propagacion/FichaPropagacion\\_F2\\_Arbutus\\_xalapensis.pdf](https://revivemx.org/Recursos/Fichas_propagacion/FichaPropagacion_F2_Arbutus_xalapensis.pdf)
- Rey, F. D. (2018). ELABORACIÓN DE UN MATERIAL BIOLÓGICO A PARTIR DEL HONGO PLEUROTUS OSTREATUS PARA SU UTILIZACIÓN EN APLICACIONES DE INGENIERÍA. UNIVERSIDAD DE COSTA RICA.
- Romero-Arenas, OmarGuerrero, Huato, M. A., & Damián, M. A. (2015). Producción del hongo Shiitake (*Lentinula edodes* Pegler) en bloques sintéticos utilizando residuos agroforestales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*.
- Rosas, A. G. (2017). CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL HONGO SETA (*Pleurotus ostreatus*) A DIFERENTES ESTADOS DE MADUREZ. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO .
- Royse, D. J., Baars, J., & Tan, Q. (2017). Current overview of mushroom production in the world. In D. C. Zied & A. Pardo-Giménez (Eds.), *Edible and medicinal mushrooms*. Wiley.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México* . Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Salazar-Vidal, V. (2016). *MANUAL DE MICOLOGÍA BÁSICA*. Santiago de Chile.
- Sánchez, C. (2008). Lignocellulosic residues: Biodegradation and bioconversion by fungi. *ELSEVIER*.
- Sánchez, C. (2010). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(5), 1321–1337.
- SEMARNAT. (2021). *ANUARIO ESTADÍSTICO DE LA PRODUCCION FORESTAL 2018*. Obtenido de <https://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/portal/publicaciones/2021/2018.pdf>
- SEMARNAT. (2021). *Bosques de México, riqueza forestal y biodiversidad*. Obtenido de <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/bosques-de-mexico-riqueza-forestal-y-biodiversidad?idiom=es>
- Stamets, P. (2000). *Growing Gourmet And Medicinal Mushrooms*. Ten Speed Press.
- Stamets, P. (2000). *Growing gourmet and medicinal mushrooms* (3rd ed.). Ten Speed Press.

- Torrecilla, P. (2007). Botánica y Humanidad: esencia del Desarrollo Sustentable. Enfoques . *Conferencia dictada en el marco del XVII* .
- UNAM. (28 de septiembre de 2023). *Unam.Mx* . Obtenido de Árboles y arbustos de la Facultad de Ciencias - Laboratorio de Plantas Vasculares, Facultad de Ciencias UNAM. (n.d.): September 2023 en:  
[http://biologia.fciencias.unam.mx/plantasvasculares/ArbolesArbustosFCiencias/Angiospermas/p  
runus\\_serotina.html](http://biologia.fciencias.unam.mx/plantasvasculares/ArbolesArbustosFCiencias/Angiospermas/prunus_serotina.html)
- Ureña, J. L. (2002). *MICROBIOLOGÍA ORAL*. Madrid.
- Villa, F. A., & Acevedo, C. A. (2013). *Actividad antiinflamatoria y antioxidante del extracto etanólico del hongo Ganoderma lucidum cultivado en residuos de la industria cafetera y fructificado bajo radiaciones del espectro visible de longitudes de onda específica*.
- Villegas, & Pérez, A. M. (2007). Evaluación del crecimiento de Lentinula edodes en medios de cultivo sólidos para la producción de micelio como inóculo.
- Villegas, V., Pérez, A. M., & Arredondo, C. (2007). Evaluación del crecimiento de Lentinula edodes en medios de cultivo sólidos para la producción de micelio como inóculo. *Revista Colombiana de Biotecnología*.
- Wasser, S. P. (2005). Reishi or Ling Zhi (Ganoderma lucidum).
- Wasser, S. P. (2011). *Current findings, future trends, and unsolved problems in studies of medicinal mushrooms*. *Applied Microbiology and Biotechnology*.
- Zulumm. (s.f.). *Salud y bienestar en cuerpo y alma* . Obtenido de  
[https://www.quiminet.com/archivos\\_empresa/3193d7e2fae055c7dc30d6645d31b6af.pdf](https://www.quiminet.com/archivos_empresa/3193d7e2fae055c7dc30d6645d31b6af.pdf)