

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MACROMICETOS EN  
DIFERENTES TIPOS DE VEGETACIÓN EN LA ALTA SIERRA  
TARAHUMARA**

**PRESENTA:**

Ing. Ecol. CARLA VALDÉS CASTRO

**TESIS**

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

Linares, Nuevo León.

Julio, 2014

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**

**Estimación de la producción de macromicetos en diferentes  
tipos de vegetación en la alta Sierra Tarahumara**

**Tesis de Maestría**

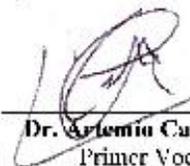
Para obtener el grado de  
**Maestría en Ciencias Forestales**

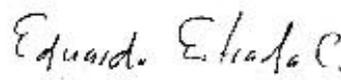
**Presentada por:**

Ing. Ecol. Carla Valdés Castro

**Comité de Tesis**

  
**Dr. Fortunato Garza Ocañas**  
Director

  
**Dr. Artemio Carrillo Parra**  
Primer Vocal

  
**Dr. Eduardo Estrada Castellón**  
Segundo vocal

  
**M.C. Juan Carlos Zurita Vázquez**  
Asesor Externo

## DEDICATORIA

*Este trabajo producto del esfuerzo y la entrega quisiera dedicárselo a mi madre, Guillermina Castro García, y a mi padre, Guillermo Valdés Zaragoza, porque ha sido por ellos que he tenido la fuerza para lograr este sueño lleno de bellezas y dificultades, gracias por tanto amor y gracias por tanta entrega.*

*Dedicada también a mi hermano David, quien es mi otra mitad, hechos del mismo amor, mi mejor amigo, la persona que más me conoce y quien me acepta a pesar de mis fallas y defectos, gracias a ti nunca estaré sola.*

*Dedicada especialmente a toda mi familia de la cual me siento plenamente orgullosa y a la cual amo incondicionalmente. Dedicada a mis hermanos, a mis tíos y a mis sobrinos quienes siempre me demuestran su amor con los detalles más simples de la vida.*

*Dedicada a mis hermanos Daniel y Gabriel por quererme tanto como lo hacen y por cuidar de mí. Y a mi tío Tony, al cual quiero como a mi hermano mayor, gracias por tanto cariño, por tu apoyo y por siempre tener una sonrisa para mí.*

*Dedicada para Juan Carlos Zurita, quien estuvo conmigo desde el principio de este reto hasta el final, gracias por cruzarte en mi camino.*

## AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios quien dirigió mis pasos para llegar hasta aquí y por permitirme tener la salud y fortaleza necesaria para culminar con victoria esta etapa de mi vida.

Gracias a mis padres, a mi hermano y a mi hermosa familia por tantas muestras de amor y dedicación que han quedado plasmadas en mis recuerdos para siempre.

Gracias a mis amigos; Esmeralda Barraza, Paulette Loya, Manuel Abrahán, Eva Díaz, Nemesio Dueñas, por brindarme su cariño incondicional y por estar conmigo en los momentos tristes y felices.

Gracias a Juan Carlos Zurita, por ayudarme con paciencia y cariño, y por su valiosa compañía en el trabajo de campo de este estudio. Gracias por el apoyo brindado en todos los aspectos de la vida, por tantos momentos bellos que hemos compartido y que llevaré conmigo a donde quiera que vaya.

Gracias a mi asesor de tesis, el Dr. Fortunato Garza Ocañas por su sincera amistad, por su entrega y esfuerzo en compartir sus enseñanzas y experiencias personales. Gracias por todo lo aprendido.

Gracias al Comité de tesis de este estudio, que más que profesores, han sido buenos amigos.

Gracias a la Universidad Autónoma de Nuevo León y a la Facultad de Ciencias Forestales por el apoyo brindado durante este periodo, gracias a los catedráticos de posgrado por compartir sus conocimientos y ocurrencias.

Gracias al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por proveerme de recursos financieros para realizar mis estudios de posgrado con éxito.

## INDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	ii
AGADECIMIENTOS .....	iv
INDICE DE FIGURAS .....	vii
INDICE DE TABLAS .....	ix
INDICE DE CUADROS .....	ix
INDICE DE LÁMINAS .....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
CAPÍTULO I .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
HIPÓTESIS .....	12
OBJETIVOS .....	12
Objetivo general .....	12
Objetivos específicos .....	12
CAPÍTULO II .....	13
MATERIALES Y METODOS .....	13
2.1 Localización y descripción del área de estudio .....	14
2.2 Muestreo de macromicetos .....	16
2.3 Análisis de la vegetación .....	18
2.4 Análisis de datos .....	21
2.4.1 Diversidad de macromicetos .....	21
2.4.1.1 Diversidad y densidad de macromicetos .....	21
2.4.1.2 Producción de esporomas de macromicetos silvestres .....	21

2.4.1.3	Diferencias en la producción de macromicetos en un mismo periodo de lluvias ..	21
2.4.1.4	Índice de diversidad .....	21
2.4.1.5	Índice de similitud.....	22
2.4.2	Variables físicas .....	23
2.4.2.1	Modelo de Random Forest .....	23
2.4.3	Producción .....	23
2.4.3.1	Modelo predictivo de producción (Velasco <i>et al.</i> , 2010) .....	24
2.4.3.2	Modelo predictivo (Zamora <i>et al.</i> , 2009).....	24
CAPÍTULO III .....		26
RESULTADOS .....		26
3.	Análisis de datos .....	26
3.1	Análisis de diversidad .....	26
3.1.1	Diversidad y densidad de macromicetos.....	26
3.1.2	Producción de esporomas por tipos de vegetación .....	49
3.1.3	Diferencias entre los muestreos .....	51
3.1.4	Índice de diversidad .....	55
3.1.5	Índice de similitud .....	56
3.2	Análisis de las variables físicas .....	57
3.2.1	Modelo de Random Forest.....	57
3.3	Análisis de la producción.....	59
3.3.1	Modelo predictivo de producción (Velasco <i>et al.</i> , 2010). .....	60
3.3.2	Modelo predictivo de producción (Zamora <i>et al.</i> , 2009). .....	60
DISCUSION .....		60
CONCLUSIONES.....		63
LITERATURA CITADA .....		64

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de las zonas de muestreo en San Juanito, Chihuahua.....	17
Figura 2. Tipos de vegetación muestreados en San Juanito, Chihuahua: 1) Bosque de Pinus-Juniperus, 2) Bosque de Pinus, 3) Bosque Incendiado, 4) Pastizal Inducido y 5) Bosque Mixto (Pinus-Quercus-Juniperus-Arbutus).....	18
Figura 3. Establecimiento de parcelas .....	19
Figura 4. Colecta del material micológico .....	19
Figura 5. Peso fresco de los esporomas.....	19
Figura 6. Deshidratación de esporomas.....	19
Figura 7. Medición del DAP .....	23
Figura 8. Medición de la humedad del suelo.....	23
Figura 9. Diversidad de especies de macromicetos por género.....	39
Figura 10. Diversidad de especies de macromicetos por género.....	40
Figura 11. Hábito de las especies comestibles en los cinco tipos de vegetación.....	42
Figura 12. Hábito de las especies no comestibles en los cinco tipos de vegetación .....	42
Figura 13. Hábito de las especies comestibles en el Bosque de Pinus- Juniperus .....	43
Figura 14. Hábito de las especies no comestibles en el Bosque de Pinus- Juniperus .....	43
Figura 15. Hábito de las especies comestibles en el Bosque de Pinus .....	44
Figura16. Hábito de las especies no comestibles en el Bosque de Pinus .....	44
Figura 17. Hábito de las especies comestibles en el Bosque Incendiado.....	45
Figura 18. Hábito de las especies no comestibles en el Bosque Incendiado .....	45
Figura 19. Hábito de las especie comestibles en el Pastizal Inducido.....	46
Figura 20. Hábito de las especie no comestibles en el Pastizal Inducido.....	46
Figura 21. Hábito de las especie comestibles en el Bosque Mixto .....	47
Figura 22. Hábito de las especie no comestibles en el Bosque Mixto .....	47

Figura 23. Densidad de esporomas por tipo de vegetación .....	48
Figura 24. Producción de esporomas en los cinco tipos de vegetación.....	49
Figura 25. Densidad total de esporomas por géneros comestibles .....	50
Figura 26. Producción total (g) de esporomas por géneros comestibles .....	51
Figura 27. ANOVA de la diversidad de las especies por número de muestreo y tipos de vegetación.....	52
Figura 28. ANOVA de la densidad de esporomas por número de muestreo y tipos de vegetación.....	52
Figura 29. ANOVA de la diversidad de especies por número de muestreo .....	53
Figura 30. ANOVA de la diversidad de especies por tipos de vegetación.....	53
Figura 31. ANOVA de la densidad de esporomas por número de muestreo .....	54
Figura 32. ANOVA de la densidad de esporomas por tipos de vegetación .....	54
Figura 33. Modelo de Random Forest, relación de densidad de macromicetos y cinco variables físicas .....	59
Figura 34. Modelo de regresión lineal, relación de peso fresco con algunas variables independientes .....	60

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de las especies .....	27
Tabla 1. Taxonomía de las especies .....	28
Tabla 2. Comestibilidad, hábito y distribución de las especies en los diferentes tipos de vegetación.....	29
Tabla 2. Comestibilidad, hábito y distribución de las especies en los diferentes tipos de vegetación.....	30

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Resultados del Índice de diversidad de Margalef por tipo de vegetación.....	55
Cuadro 2. Resultados del Índice de similitud de Jaccard por tipo de vegetación.....	56
Cuadro 3. Variables físicas de los tipos de vegetación .....	58

## INDICE DE LÁMINAS

Lámina 1. a) <i>Hypomyces lactifluorum</i> , b) <i>Spathularia flavida</i> , c), <i>Agaricus campestris</i> , d) <i>Amanita caesarea</i> , e) <i>Amanita muscaria flavoginata</i> , f) <i>Amanita muscaria</i> , g) <i>Amanita phalloides</i> , h) <i>Amanita rubescens</i> , i) <i>Amanita smithiana</i> .....	31
Lámina 2. a) <i>Amanita sp. 1</i> , b) <i>Amanita sp.2</i> , c) <i>Amanita sp.3</i> , d) <i>Amanita virosa</i> , e) <i>Armillaria mellea</i> , f) <i>Astraeus hygometricus</i> , g) <i>Baeospora sp.</i> , h) <i>Boletus edulis</i> , i) <i>Boletus pinicola</i> ....	32
Lámina 3. a) <i>Boletus pinophilus</i> , b) <i>Bovista plúmbea</i> , c) <i>Clitocybe gibba</i> , d) <i>Clitopilus sp.</i> , e) <i>Coprinus atramentarius</i> , f) <i>Coprinus comatus</i> , g) <i>Coprinus niveus</i> , h) <i>Cortinarius sp. 1</i> , i) <i>Cortinarius sp. 2</i> .....	33
Lámina 4. a) <i>Cortinarius sp.3</i> , b) <i>Cystoderma amianthinum</i> , c) <i>Entoloma sp.</i> , d) <i>Galerina sp.</i> , e) <i>Gymnopus dryophilus</i> , f) <i>Gymnopus spp.</i> , g) <i>Hebeloma sp.</i> , h) <i>Hericium erinaceus</i> , i) <i>Hygophoropsis aurantiaca</i> .....	34
Lámina 5. a) <i>Hygophorus russula</i> , b) <i>Hygophorus spp.</i> , c) <i>Laccaria amethystina</i> , d) <i>Laccaria bicolor</i> , e) <i>Laccaria laccata</i> , f) <i>Lactarius rufus</i> , g) <i>Lactarius sp.</i> , h) <i>Lactarius zonarius</i> , i) <i>Lepiota sp. 2</i> .....	35
Lámina 6. a) <i>Lepiota sp.2</i> , b) <i>Lycoperdon echinatum</i> , c) <i>Lyophyllum decastes</i> , d) <i>Macowanites sp.</i> , e) <i>Marasmius androsaceus</i> , f) <i>Marasmius sp.1</i> , g) <i>Marasmius sp.2</i> , h) <i>Mycena sp.</i> , i) <i>Panaeolus semiovatus</i> .....	36
Lámina 7. a) <i>Panaeolus sphintricus</i> , b) <i>Polyporus arcularius</i> , c) <i>Psathyrella sp.</i> , d) <i>Psathyrella subtrata</i> , e) <i>Psilocybe coprophila</i> , f) <i>Ramaria sp.</i> , g) <i>Russula virescens</i> , h) <i>Russula brevipes</i> , i) <i>Russula emetica</i> .....	37
Lámina 8. a) <i>Russula foetens</i> , b) <i>Russula olivácea</i> , c) <i>Russula rosea</i> , d) <i>Suillus brevipes</i> , e) <i>Suillus ganulatus</i> , f) <i>Suillus sp.</i> , g) <i>Suillus spraguei</i> , h) <i>Suillus tomentosus</i> , i) <i>Tricholoma sp.</i> .....	38
Lámina 9. a) <i>Vascellum pratense</i> , b) <i>Vascellum sp.</i> , c) <i>Xerocomus durangensis</i> .....	39

## RESUMEN

Los resultados del trabajo de campo y de laboratorio de este estudio muestran que hay 39 géneros y 76 especies de macromicetos en los cinco tipos de vegetación muestreados en San Juanito, Chihuahua durante la temporada de lluvia del año 2013. En total fueron cuantificados 1330 esporomas en las dos repeticiones realizadas. El género *Amanita* fue el más diverso con 11 especies, seguido por el *Russula* con 6 y *Suillus* con 5; con menos diversidad se encontraron los géneros *Boletus*, *Coprinus*, *Cortinarius*, *Laccaria*, *Lactarius* y *Marasmius* con 3 especies cada uno. El Bosque de *Pinus* tuvo la mayor densidad de esporomas con 688, el Bosque de *Pinus-Juniperus* con 355, Bosque Mixto con 169, seguido del Bosque Incendiado con 77 y Pastizal inducido con 41 esporomas. En cuanto a la diversidad de macromicetos, el Bosque de *Pinus* y el Bosque de *Pinus-Juniperus* tuvieron 40 especies de macromicetos, el Bosque Mixto con 24, el Bosque Incendiado con 11 y Pastizal Inducido con 9 especies. El tipo de vegetación más idóneo para la producción de especies de macromicetos es el Bosque de *Pinus*, seguido del Bosque de *Pinus-Juniperus*, dichos ecosistemas poseen un alto índice de biodiversidad (6.3) y de similitud de especies de macromicetos silvestres (19%), por otro lado, los tipos de vegetación Bosque Incendiado y Pastizal Inducido muestran un gado de disturbio reflejado en la poca productividad y baja diversidad de especies de macromicetos (Índice de Margalef de 2.3 y 1.9 respectivamente). El modelo de regresión lineal realizado con la variable independiente “peso fresco” y las variables dependientes (número de especies de macromicetos encontrados por parcela, peso seco total registrado por parcela (g), número de esporomas encontradas por parcela, elevación sobre el nivel del mar, pendiente del terreno, luz en el ambiente por parcela, humedad del suelo, número de árboles presentes por parcela, volumen de los arboles dentro la parcela) nos indica con un 84.85% de confiabilidad la predicción de la productividad de hongos en cinco tipos de vegetación de San Juanito, Chihuahua durante el periodo de lluvias de verano. Se realizó un modelo de Random Forest con 10,000 árboles predictores y cinco variables físicas independientes (exposición, luz, pendiente del terreno, humedad del suelo y elevación sobre nivel del mar), el cual nos indica que el 26.91% de la densidad total se encuentra determinada por la exposición del terreno, seguido de luz (18.48%).

## ABSTRACT

A study of macrofungi production in five different vegetation types in San Juanito at the Sierra Tarahumara was carried out. According to the results on field and laboratory, we recorded 39 genera and 76 species of macrofungi in the vegetation types sampled during the 2013 rainy season in San Juanito, Chihuahua. There were quantified 1330 esporomas in two repetitions. *Amanita* was the most diverse genus, accounting for 11 species, followed by *Rusula* (6), and *Suillus* (5). Other genera such as *Boletus*, *Coprinus*, *Cortinarius*, *Laccaria*, *Lactarius* and *Marasmius* have 3 species each one. *Pinus* forest showed the highest diversity with 688 esporomas, followed by *Pinus-Juniperus* forest (355), Mixed forest (169), Burning forest (77) and Induced gassland (41). Also, *Pinus* forest and *Pinus-Juniperus* forest had the highest macrofungi diversity (40 species), followed by Mixed forest (24), Burning forest (11) and Induced Gassland (9). *Pinus* forest and *Pinus-Juniperus* are the most suitable vegetation type for macrofungi production, since both of them have a high biodiversity (6.3) and similarity (19%) indexes concerning to wild macrofungi species. On the other hand, Burning forest and Induced Gassland are disturbed and have low productivity and low macrofungi diversity (Margalef Index = 2.3 and 1.9, respectively). The regression model performed with the “fresh wight” independent variable and the dependent ones (number of macrofungi species found in each plot, total dry weight (g), number of esporomas by plot, altitude, slope, environmental light by plot, soil moisture, number of trees per plot, tree volumen into the plot) indicate that with 85% confidence about the prediction of macrofungi production in the five different vegetation types during the rainy season in San Juanito, Chihuahua. A Random Forest Model was carried out by counting 10,000 predictor trees and five physical independent variables (exposure, light, slope, soil moisture and altitude), the model indicates that almost 27% of total density is determined by the field exposure, followed by environmental light (18.5%).

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

México es considerado uno de los doce países llamados mega diversos, los cuales albergan casi el 70% de la diversidad biológica mundial, esta diversidad se debe a la convergencia de dos regiones biogeográficas, la Neártica y la Neotropical, en donde existe una gran variedad biológica y de climas que promueven el desarrollo de las especies (Challenger y Soberon, 2008). Se le conoce como diversidad a la condición de la variedad de formas de vida, en donde se consideran dos elementos: número de especies y distribución de estas en la comunidad, así mismo los complejos ecológicos de los que forma parte, esto incluye: diversidad dentro de las especies, entre especies y de ecosistemas (Moreno, 2001). Se ha estimado una diversidad de 200,000 especies de hongos para México de las cuales solo el 4% son conocidas y 300 especies son consumidas tradicionalmente por grupos étnicos (Estrada *et al.*, 2009; Guzmán, 1998). Debido a su alta diversidad, los hongos ocupan el segundo lugar en número de especies, después de los insectos (Guzmán, 1995).

La basta diversidad de bosques y selvas naturales de México lo coloca en un importante lugar a nivel mundial, estos ecosistemas dominantes cubren 32.75% de la superficie del país y son los responsables de una gran variedad de bienes y servicios ambientales imprescindibles (Daily, 1997). Por mencionar algunos de estos servicios ambientales, se encuentra la regulación del ciclo, la calidad y cantidad de agua, la reducción de los ciclos de inundaciones y sequías, la generación y protección de los suelos, la regulación del clima, el recargo de los mantos acuíferos, además proporcionan hábitat para la fauna silvestre, proveen de estabilidad al paisaje evitando los deslaves y la obstrucción de los ríos, entre otros muchos (Daily, 1997).

Es común relacionar estos ecosistemas forestales complejos que brindan múltiples bienes y servicios, únicamente con la producción de madera, leña, forraje y agua; pasando desapercibidos otros importantes bienes como los productos forestales no maderables entre los que encontramos a los hongos silvestres comestibles y las plantas medicinales (Arteaga y Moreno, 2006).

Los hongos pertenecen al Reino Fungi y han estado presentes en el planeta desde hace al menos 400 millones de años en el Devónico, se cree que existen 1 500 000 especies en el planeta de las cuales sólo se conoce cerca de un 4.5% (Estrada *et al.*, 2009).

Los ecosistemas forestales templados de México presentan las condiciones climáticas (templado-frío) y edáficas aptas para la producción de hongos silvestres comestibles (Arteaga y Moreno, 2006).

Los hongos tienen un importante papel en el funcionamiento de todos los ecosistemas, son los encargados de la degradación de la materia orgánica, otros muchos forman asociaciones micorrízicas simbióticas con las raíces de las plantas, siendo estas imprescindibles para la supervivencia de los ecosistemas forestales (Guzmán, 1995).

Muchas especies de hongos silvestres tienen la característica ecológica de establecer relaciones de simbiosis micorrízica con los árboles; este tipo de relación se establece con muchas especies de plantas forestales que dependen en gran parte de esta simbiosis para su crecimiento y desarrollo, las micorrizas juegan además un importante papel en el sector de la producción forestal, mejorando la supervivencia de los individuos en el campo (Morcillo y Sánchez, 2000; Vaquera *et al.*, 2006).

Los primeros trabajos experimentales relacionados con la fisiología de las ectomicorrizas se realizaron en la primera mitad del siglo XX, los cuales demostraron que las plantas micorrizadas contienen mayores cantidades de nutrientes por unidad de masa, mayor captación de agua, mayor tolerancia a plagas y enfermedades, mayor crecimiento vegetativo, entre otros beneficios (Pera y Parladé, 2005).

En vivero e invernadero se inoculan plantas para asegurar que tendrán a los hongos adecuados en su sistema radicular y así al realizar las plantaciones en el campo poder asegurar y optimizar los recursos invertidos en el manejo forestal (Falcón *et al.*, 2013). El conocimiento de las características biológicas y fisiológicas del micelio de los hongos, así como la especificidad que presentan con determinados hospedantes se vuelven aspectos fundamentales al momento de elegir las especies idóneas para las inoculaciones controladas en viveros (Sánchez *et al.*, 2000).

Los hongos además sirven para mejorar la condición de nutrición del suelo y los esporomas que se producen en el bosque son alimento tanto para la fauna silvestre y para las personas que viven en las comunidades rurales. Así mismo, los hongos son utilizados como una forma de control biológico de plagas y enfermedades forestales (Mariaca *et al.*, 2000).

Algunos hongos son utilizados para el biocontrol de patógenos fúngicos del suelo, como es el caso del *Trichoderma spp.* que su actividad resulta en una combinación de micoparasitismo y producción de metabolitos que controla la presencia de algunos patógenos edáficos como *Phytophthora nicotianae*, *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia solani* y *Pythium spp.* (Stefanova *et al.*, 1999).

Los hongos comestibles poseen además otros valores positivos, como su alto valor nutricional y excelente sabor, su alto contenido de agua (de 80 a 90%) y proteínas (de 2 a 4 %), son además bajos en lípidos (0.2 a 1%) y moderados en carbohidratos (del 2 al 13%), poseen también minerales, incluidos el potasio y el fosfato. La mayoría de los hongos comestibles contienen una mayor cantidad de proteínas, sales minerales y vitaminas que cualquier verdura común, y contienen menor cantidad de grasas que la carne de origen animal (Kendrick, 2002).

La FAO (2000) menciona que el 80% de los países en desarrollo utilizan los productos forestales no maderables, entre ellos los hongos, para satisfacer sus necesidades nutricionales, económicas y de salud. El valor nutritivo de los hongos comestibles es excelente, superando el de los productos lácteos, frijol, papa, maíz y calabaza (Gaitán *et al.*, 2006). Por otra parte, los hongos comestibles son alimentos sumamente apreciados a nivel mundial por sus propiedades organolépticas como el sabor, olor, textura y sensaciones (Venturini *et al.*, 2011).

En el año 2005 fue acuñado el término “seta útil” para describir todas las setas utilizadas por el hombre que podrían tener cierta importancia económica, esta amplia definición abarca las setas comestibles, setas tóxicas, aquellos con propiedades medicinales, setas que pueden ser utilizados en la silvicultura, la industria, la biotecnología, la biorremediación, la restauración, reforestación, etc. (Garibay *et al.* 2009).

A nivel mundial los hongos silvestres comestibles han sido recolectados y consumidos por la gente durante miles de años (Boa, 2005). En el México antiguo, los hongos jugaron un papel importante, quedando como testimonio figuras de piedra y barro, pinturas y jeroglíficos presentes en gran parte de las culturas mesoamericanas (Mariaca *et al.*, 2000). Los españoles manifestaron un gran interés por describir este consumo, debido a la importancia ritual que les asignaban los grupos étnicos, quedando de manifiesto en muchas narraciones y crónicas escrita durante el siglo XVI y XVII (Mariaca *et al.*, 2000).

Los aztecas nombraban a los hongos comestibles como NANACATL lo cual significa “carne”, así mismo nombraron algunos lugares como Nanacatepec (el cerro de los hongos) mostrando la importancia en su vida cotidiana; otro aspecto importante es la gran variedad de vernáculos utilizados en América Latina en donde se han registrado más de dos mil nombres comunes para los hongos silvestres comestibles (Garibay *et al.* 2009).

Los dos primeros registros científicos de hongos comestibles en México fueron, el de Patovillard y Harriot, en 1896, y el de Nieto Roaro, en 1934. Los primeros registraron la presencia de *Agaricus campestris* en la península de Baja California, sin mencionar datos de su comestibilidad, y el segundo publicó un estudio sobre los hongos comestibles y venenosos del Valle de México y sus alrededores (Mariaca *et al.*, 2000).

La arraigada cultura prehispánica en México por el consumo de hongos se sigue presentando actualmente en las comunidades indígenas y mestizas de las zonas rurales. La cosecha de los hongos en los bosques templados y tropicales se realiza principalmente en temporada de lluvias, y la venta de especies silvestres comestibles se lleva a cabo de manera informal por los habitantes de las zonas rurales boscosas del país (Garza *et al.*, 2012).

De los países Latinoamericanos, México es el mayor productor de hongos silvestres comestibles, lo cual lo coloca en el lugar número 18 como productor a nivel mundial, dichas operaciones comerciales superan los 73 millones de dólares y generan alrededor de 15 mil empleos directos e indirectos (Martínez *et al.*, 2000).

México es un país pionero en la producción de setas, produciendo aproximadamente 4 mil toneladas, lo cual es equivalente al 60% de la producción total de América Latina. Estados como Oaxaca destacan por su gran tradición etnomicológica y entogénica, ésta última realizada por grupos étnicos durante sus ceremonias religiosas y espirituales desde la prehistoria y aún en la actualidad. En Oaxaca se consumen aproximadamente 20 especies de macromicetos, 7 de ellas enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2006 (Gutiérrez *et al.*, 2006). Según estudios realizados, en México se consumen tradicionalmente más de 275 especies de macromicetos silvestres (Garibay *et al.* 2009).

En la actualidad el cultivo de los hongos comestibles es una industria en expansión en países desarrollados como China y otros más del medio oriente, cerca de 35 especies de hongos son cultivadas comercialmente, incluyendo todos aquellos con importancia medicinal, 20 o más especies de hongos comestibles son cultivados a escala industrial (Sadler, 2003). La producción total de *Cantharellus spp.* alcanza las 200,000 toneladas por año, con un valor económico que excede los 1.6 billones de dólares (Martínez *et al.*, 1998).

Otro ejemplo, es la industria de miles de millones de dólares que se obtiene del comercio del matsutake americano (*Tricholoma magnivelare*) en la región Pacífico Noroeste de América del Norte, para el año 1990 se calcula que hubo una producción de casi 49,000 kg en dicha zona, con un beneficio de 603,000 dólares (Louma *et al.*, 2006). Actualmente el mercado de hongos comestibles constituye una industria en potencia en países desarrollados como Estados Unidos de América, Chile, Suiza, España, Italia y Alemania, en donde se ha convertido en una producción multimillonaria de rápido crecimiento (Alvarado y Benítez, 2009). Por otra parte, en países como España, ha ido en aumento la demanda recreacional de cosecha de hongos silvestres comestibles en los últimos 10 años, como parte importante del mico turismo (De Frutos *et al.*, 2009).

La colección y uso de hongos comestibles se ha convertido en una industria en crecimiento puesto que los beneficios obtenidos de su venta pueden llegar a ser tan importantes como los adquiridos con la producción de la madera. A pesar de ser centenares las especies de hongos que se consumen, son pocos aquellos que representan importancia económica a nivel mundial (e.g. *Boletus edulis*, *B. pinophilus*, *B. aereus*, *Amanita caesarea*, *Lactarius deliciosus*, *Morchella esculenta*, *Tuber melanosporum*, *T. magnatum*) el resto de las especies se recolectan y consumen a nivel local,

ayudando de esta manera a la economía de las comunidades rurales del país (Sánchez y Morcillo, 2000).

En los últimos años la recolección de hongos silvestres comestibles se ha convertido en una actividad que mueve miles de toneladas cada año de productos comercializados, es por esto que cada vez se le da mayor importancia a la gestión forestal, buscando incentivar y mantener la producción de setas con el objetivo de lograr un uso múltiple y sustentable de los bosques (Morcillo, 2000).

Sin embargo, los productos alimenticios requieren de sistemas de comercialización eficientes que permitan pasar del productor al consumidor manteniendo una alta calidad y precio. La complejidad de los sistemas de comercialización de los alimentos se asocia principalmente al desarrollo económico y social del lugar; en un sistema eficiente y equilibrado, los consumidores obtienen el valor más alto de los alimentos al menor precio posible, los agricultores obtienen el máximo rendimiento posible de la venta de alimentos y los agentes del mercado obtienen el mayor beneficio posible (Martínez *et al.*, 2007). En muchos países como México, el sistema de producción de macromicetos es bien conocido y establecido, no obstante el sistema de comercialización ha sido poco estudiado y aplicado (Martínez *et al.*, 2004).

El sistema de producción- comercio de macromicetos debe incluir actividades tales como el financiamiento, la recolección, selección, clasificación, almacenamiento, procesamiento, enlatado, marcaje y por supuesto, la distribución en el mercado. Además es importante cuidar la calidad de los esporomas, lo cual se convierte a menudo en una limitante comercial seria, pues los hongos son por lo general maltratados al momento de la recolección, algunos se encuentran rotos, sucios, dañados por larvas o insectos, lo cual los somete a un rápido deterioro después de la cosecha (Trigos y Suárez, 2010). Una gran cantidad de hongos son desperdiciados después de la cosecha, pero antes de la comercialización, pues los estándares de calidad comercial no son cumplidos y las tecnologías para afrontar estos problemas son deficientes (Martínez *et al.*, 1998).

Un ejemplo de esto es el estudio realizado en Soria, España por Ortega y Martínez (2008), el cual confirma que de la producción bruta de *Boletus edulis* (5.37 kg/ha), el 24% fue recolectada, 26% resultó mal lograda y el 15% se registró como producción madura.

En los países en desarrollo, el aumento en la producción de los alimentos normalmente no va acompañado de una mayor eficiencia en el sistema de comercialización, este es el caso de los hongos comestibles en México, donde los consumidores pueden obtener productos de baja calidad a precios altos (Martínez *et al.*, 2005). Por estas razones es que se debe de fortalecer el sistema de producción, pero sobre todo el sistema de comercialización de hongos silvestres comestibles en México que permita obtener los mayores beneficios posibles de estos recursos forestales no maderables, cuidando la permanencia del bosque y el desarrollo económico de las comunidades rurales presentes.

Debido a la disminución de disponibilidad de recursos naturales, se han emitido normas y leyes que regulan el aprovechamiento sustentable y su conservación. Algunos ejemplos de estas son la NOM-059-SEMARNAT-2010, la cual establece la lista de las especies en peligro y las categorías de riesgo establecidas; otra de estas normas es la NOM-010-SEMARNAT-1996, la cual establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de hongos.

Es importante mencionar que la colecta excesiva de hongos puede afectar la estabilidad del bosque, así como la productividad del mismo y las cadenas alimenticias de algunas especies de fauna micófila, es por eso que dicho aprovechamiento debe realizarse con una previa capacitación y dentro de un marco legislativo vigente que permita el manejo sustentable y la conservación de las especies de hongos, y del ecosistema forestal (Garza *et al.*, 2012).

La mayoría de los ecosistemas forestales en México se rigen por manejo forestal comunitario, el cual lleva a cabo el aprovechamiento de sus recursos por medio de miembros elegidos mediante asambleas. El manejo forestal comunitario tiene las características de establecer sus reglas internas locales, así mismo se crean derechos y obligaciones individuales y colectivas respetadas por todos, líneas de mando y formas de elección definidas. Para realizar el manejo de los ecosistemas deben realizarse inventarios de los recursos del bosque, con sus tasas de utilización, ubicación y periodos para cada recurso, deben conocerse los ciclos de vida de las especies, el potencial de extracción, la tasa de crecimiento y los mecanismos más eficientes de producción (Challenger y Soberon, 2008).

Para poder realizar un sistema de manejo del ecosistema forestal y sus recursos, es necesario conocer la historia natural del bosque, esto facilitará entender el comportamiento y la distribución de las especies, así como sus requerimientos ecológicos. Existen importantes relaciones de distribución entre los hongos presentes en Estados Unidos y los de México (Guzmán, 1971), el autor llevó a cabo el estudio de 220 especies de Ascomicetes y Basidiomicetes, en donde comparó los dos tipos de vegetación predominantes de Estados Unidos (Bosque caducifolio y Bosque de coníferas), con los tres principales tipos de vegetación en México (Bosque caducifolio, Bosque tropical y Bosque de coníferas); su conclusión es que existen cuatro distintas formas de relaciones en la presencia de hongos respecto a las características de la vegetación: 1) El bosque de coníferas en el noroeste de Estados Unidos con el bosque de coníferas del norte de México; 2) El bosque caducifolio de la parte oriental de Estados Unidos con el bosque caducifolio de México, principalmente la zona del Golfo de México; 3) El bosque caducifolio de la parte oriental de Estados Unidos con el bosque tropical de México, y 4) ) El bosque caducifolio de la parte oriental de Estados Unidos con el bosque de coníferas en el centro de México. Este estudio nos permite conocer la biogeografía de los hongos silvestres del estado de Chihuahua, los cuales se encuentran presentes en el bosque de coníferas al norte de México, pudiendo observar gran similitud en la composición de especies con los bosques de coníferas del noroeste de Estados Unidos.

El municipio de Bocoyna en el estado de Chihuahua cuenta con una superficie de bosque de pino de 217,803.88 ha, de bosque de pino encino 7,017.60 ha., bosque de encino pino de 6,174.87 ha., bosque de encino de 6,174.87, de matorral subtropical de 194.54 ha, de pastizales 1,587.26 ha., zonas agrícolas de 23,039.45 ha., cuerpos de agua de 132.70 ha., y asentamientos humanos de 270.95 (UMAFOR, 2010).

En Bocoyna, Chihuahua el manejo forestal implementado es el sistema silvícola proveniente del Método Mexicano de Ordenación de Montes (MMOM), este sistema está basado en cortas de selección y cortas de aclareo, por ello se le considera como un método selectivo, tanto para árboles individuales como para grupos de éstos.

Este Programa de Manejo Forestal se aplica para un 56.39% de la superficie total de la UMAFOR y un 13.83% de la superficie total de la UMAFOR, San Juanito. Este método está siendo aplicado a

ecosistemas de bosques de coníferas, bosques de coníferas y latifoliadas, y bosques de latifoliadas, donde las principales especies aprovechadas son del género *Pinus* con un volumen aproximado por año de 160,000 m<sup>3</sup> lo que representa el 84.36% de los aprovechamientos totales, en menor proporción se aprovecha el encino (*Quercus sp.*) con un 13.16% y el Tásate (*Juniperus sp.*) con 1.16%.

El municipio con mayor producción maderable en el aprovechamiento del bosque de coníferas es Bocoyna con un promedio superior a los 95,000 m<sup>3</sup>. Este método permite lograr una buena repoblación ya que la masa forestal es tratada mediante la eliminación de árboles mal conformados y otros que han llegado al turno, o bien aquellos que tienen diámetros delgados pero que se tornan en alta competencia entre los individuos de la masa forestal. Se aplican cortas de aclareos para propiciar a la formación de la masa forestal con todas las edades y alturas en el rodal, desde la regeneración hasta el turno técnico definido.

De acuerdo con la información contenida en los Programas de Manejo Forestal de los predios de la región, se han determinado ciclos de corta que varían entre 10 y 15 años (UMAFOR, 2010). Probablemente la primera tala de bosques a gran escala ocurrió a principios del periodo colonial, entre los siglos dieciséis y diecisiete, cuando los conquistadores españoles forzaron a los grupos indígenas a abandonar las mejores tierras agrícolas y éstos tuvieron que establecerse en terrenos forestales. Las enormes cantidades de leña y madera que se necesitaban para la explotación minera durante todo el periodo colonial contribuyó también a la eliminación de grandes superficies de bosques (González, 1992).

Actualmente son numerosos los problemas que amenazan la calidad y permanencia de los bosques y selvas de México, las principales causas de pérdida de estos ecosistemas son la deforestación y la degradación de la cobertura. Cabe hacer una distinción entre los conceptos deforestación y degradación, debe entenderse por “deforestación” a la eliminación total de la vegetación o su reemplazo por usos no forestales de la tierra, y por otra parte la “degradación” consiste en la gradual reducción de la biomasa, cambios en la composición de especies y el deterioro correlativo del suelo. En el estudio realizado para la UMAFOR de San Juanito, al comparar las superficies del uso de suelo y vegetación del año 1997 y 2005 se obtuvo que en ocho años la superficie forestal disminuyó en

89,722.1 hectáreas, mientras que en los bosques de coníferas y latifoliadas se mostró la mayor pérdida de superficie con 70,998.3 ha.

La superficie forestal perdida, principalmente incrementó las áreas de pastizales y los bosques de latifoliadas, atribuyéndose como principales causales a los incendios forestales, el clandestinaje y los efectos de la sequía. Los anteriores resultados arrojan una tasa de deforestación del 1.30% anual. Al respecto, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) señala para México una tasa de deforestación, entre los años de 1993 al 2000, del 1.07% lo que es considerada como muy fuerte. Esto indica que la tasa de deforestación calculada para la UMAFOR San Juanito, se ubica en un nivel de fuerte a muy fuerte.

Las principales causas de la deforestación presente en San Juanito son los incendios forestales con un 50%, el clandestinaje en la tala y saqueo de especies con un 30% y por la sequía con un 20% (UMAFOR, 2010).

Los bosques templados de la Alta Sierra Tarahumara tienen una gran diversidad de especies de hongos silvestres y ha sido estudiada por algunos investigadores (Díaz *et al.*, 2009; Quiñonez y Garza, 2013; Guzmán *et al.*, 1993). Muchas de los especies de hongos se producen de manera abundante y se aprovechan los comestibles por las etnias nativas así como por los lugareños que aprendieron de ellos cuales especies son buenas para consumo humano. Se han realizado algunos estudios de inventario de especies así como ecológicos y etnomicológico pero se requiere aún generar información acerca de las condiciones de conservación y manejo de los bosques y la producción de especies de hongos comestibles que se les asocian. Lo anterior a fin de poder determinar qué características (e.g. vegetación, clima, suelo, manejo etc.) ayudan a la producción de esporomas y poder ayudar al manejo sustentable de las especies en esta región.

La población de México presenta un alto nivel de marginación y pobreza; sin embargo, la pobreza no puede considerarse como un problema unidimensional sino absolutamente mixto, pudiendo presentarse casos de pobreza moderada hasta casos de pobreza extrema. La primera de ellas se refiere a una condición relativa que no permite satisfacer ciertas necesidades básicas, mientras que la segunda es una condición absoluta donde no es factible proveerse de una alimentación suficiente para

un adecuado desempeño, volviendo a las personas más vulnerables a las deficiencias y enfermedades (Levy, 2004).

La producción de hongos comestibles silvestres representa una alternativa viable para disminuir la pobreza de las comunidades rurales forestales, siendo un factor importante para el desarrollo social y económico de las poblaciones marginadas. Los bosques templados de México cubren aproximadamente el 30.4% de la superficie forestal del país y 21.6 millones de hectáreas poseen un alto potencial comercial y una gran diversidad de especies de hongos (Garza *et al.*, 2012).

Tomando en cuenta lo anterior, el presente estudio busca conocer la diversidad de las especies de hongos silvestres y su densidad, teniendo como objetivo principal determinar mediante modelos predictivos el potencial de producción del área boscosa en donde se encuentran los esporomas. Así mismo, se analizarán las condiciones de la vegetación asociada con los hongos y algunas variables físicas para determinar las condiciones del bosque. Pretendiendo con esto difundir el valor potencial y la importancia del uso, consumo y comercialización (esto es, en el caso de los comestibles) de este valioso recurso forestal no maderable en el estado de Chihuahua, México.

## **HIPÓTESIS**

**H1:** Cinco tipos de vegetación de San Juanito en el Estado de Chihuahua presentan una alta capacidad de producción de hongos silvestres.

**H0:** Cinco tipos de vegetación de San Juanito en el Estado de Chihuahua no presentan una alta capacidad de producción de hongos silvestres.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

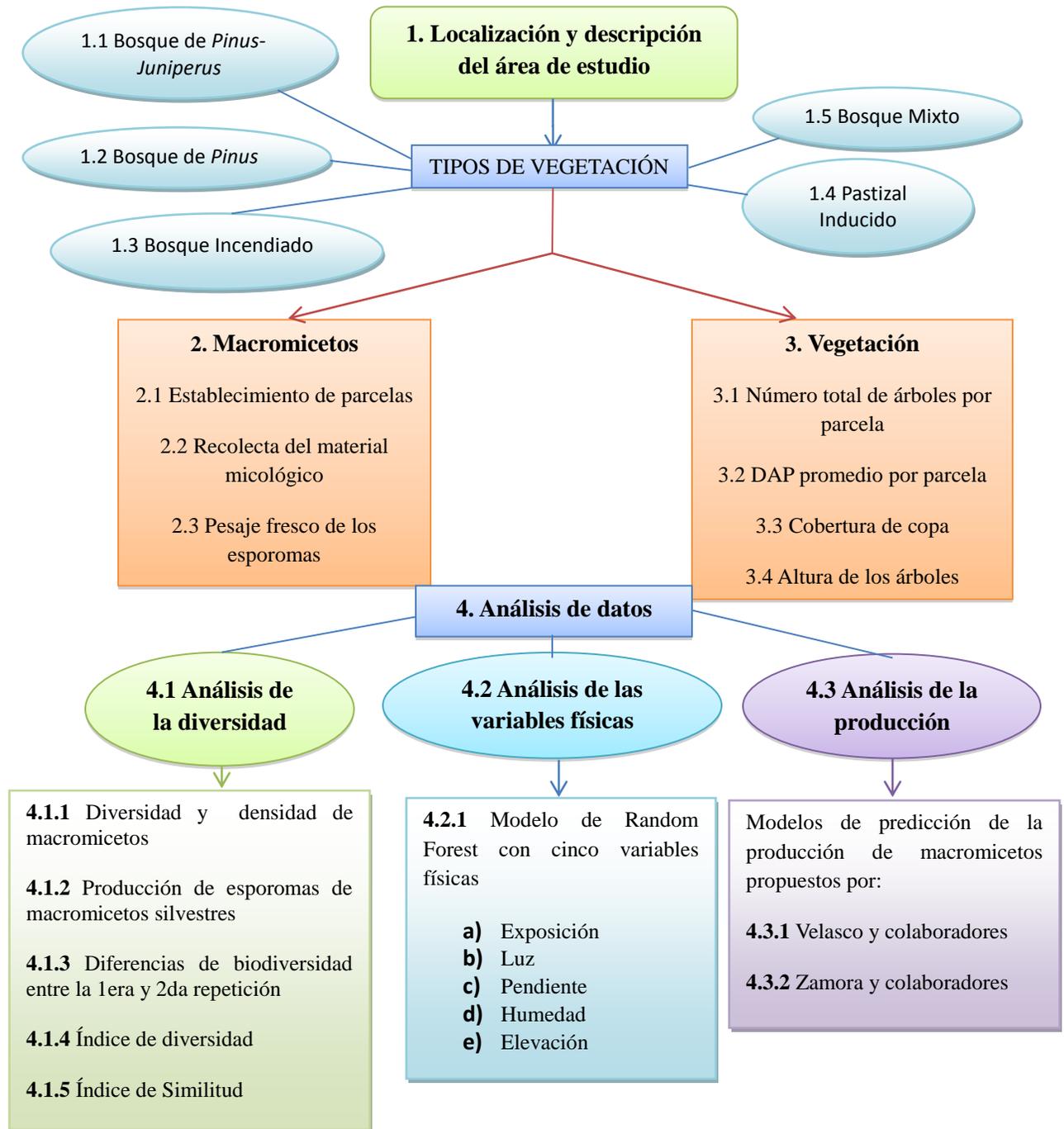
Desarrollar un modelo predictivo para estimar la producción de hongos silvestres en cinco tipos de vegetación de San Juanito, en el Estado de Chihuahua.

### **Objetivos específicos**

- Determinar la diversidad y densidad de las especies de hongos silvestres en cinco tipos de vegetación de San Juanito, en el Estado de Chihuahua.
- Analizar la capacidad productiva de las especies de hongos silvestres en cinco tipos de vegetación de San Juanito, en el Estado de Chihuahua.
- Determinar si existen relación entre la producción de hongos silvestres con características de la vegetación y algunas variables físicas de cinco tipos de vegetación de San Juanito, en el Estado de Chihuahua.

# CAPÍTULO II

## MATERIALES Y METODOS



## **2.1 Localización y descripción del área de estudio**

### **a) Población**

La población de San Juanito se encuentra ubicada en el municipio de Bocoyna, en el estado de Chihuahua, México; situada en el oeste del estado sobre la Sierra Madre Occidental. Cuenta con aproximadamente de 9938 personas, de las cuales 4745 son hombres y 5193 mujeres (INEGI, 2005).

### **b) Clima**

Según la UMAFOR (2010), el clima predominante de la región es el “Cb'(w2)x'” correspondiente a tipo semi-frío sub-húmedo con lluvias en verano y humedad alta a media y en menor proporción clima semi cálido, templado húmedo. Las temperaturas medias anuales oscilan entre 12 y 18°C, con precipitaciones anuales entre los 500 y 800 mm., con un régimen de distribución de lluvias durante el verano.

### **c) Flora y Fauna**

El estudio florístico y faunístico del Estudio Regional realizado para la UMAFOR, menciona que existe una superficie de 419,593.54 ha correspondiente a bosques de pino, una superficie de 187,830.91 ha correspondiente a los de pino-encino. La caracterización florística llevó a cabo la identificación de 776 taxones, de las cuales 17 especies se encuentran dentro en la lista de la NOM-059-SEMARNAT-2001 bajo alguna categoría de amenaza. En cuanto a la fauna, se determinó la presencia de 395 vertebrados para ésta región, de los cuales se encuentran: 68 mamíferos, 241 aves, 14 anfibios, 46 reptiles y 23 peces; de éstas especies identificadas se obtuvo que 9 mamíferos, 30 aves, 5 anfibios, 18 reptiles y 12 peces, se encuentran en alguna categoría de amenaza de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

### **d) Diversidad micológica**

Respecto a la diversidad de hongos silvestres, existe un estudio realizado en la Sierra Tarahumara, el cual demuestra que la mayoría de las especies se encuentra en los bosques de encino con más 60 especies, seguidos por los de pino con 51 y finalmente los bosques mixtos de pino-encino con 39 (Garza *et al.*, 2005).

### **e) Hidrología**

En cuanto a los factores abióticos de la región, confluyen cuatro importantes zonas hidrológicas: “Sonora Sur” RH9; “Sinaloa” RH10; “Bravo-Conchos” RH24 y “Cuencas Cerradas del Norte” RH34 (UMFSJ, 2010).

### **f) Edafología**

Según las Cartas Edafológicas Chihuahua y San Juanito (INEGI), se han identificado un total de 97 unidades de suelo, de los cuales 32 pertenecen al tipo Regosol eútrico, siendo el tipo de suelo más abundante con una superficie de 492,583 hectáreas; como componente secundarios de suelo existen los tipos Litosoles, Feozem y Cambisoles. Así mismo se identifica la presencia de erosión en una superficie total de 153,817.06 hectáreas (UMFSJ, 2010).

### **g) Manejo forestal**

Dicho estudio regional indica que un 83% de la superficie de San Juanito se encuentra destinada al uso forestal, así mismo se estima una tasa de deforestación es de 1.3% durante el periodo correspondiente de 1997 al 2007, señalando que los principales problemas ambientales son derivados de los siguientes factores: incendios forestales, plagas y/o enfermedades de los árboles y la tala ilegal (UMFSJ, 2010).

### **h) Geología**

El sistema geológico presente en San Juanito proviene de la Era Cenozoica, de los periodos Terciario y Cuaternario, de las épocas del oligoceno (23.8 a 33.7 millones de años), mioceno (23.8 a 5.3 millones de años) a la época más reciente (1.8 millones de años al presente). La clase de rocas más abundantes con el 85.4 % de la superficie la representan las rocas Ígneas extrusivas, originarias a partir de material fundido en el interior de la corteza terrestre, el cual está sometido a temperaturas y presión muy elevadas. En menor proporción se presentan rocas tipo Riolita y Toba ácida (UMFSJ, 2010).

Para analizar las características físicas del área de estudio (uso de suelo y vegetación, cuerpos de agua, tipos de suelo, zonas de muestreo) fueron realizados algunos mapas con el programa DIVA-GIS, utilizando capas vectoriales escala 1:10,000 obtenidas de la página oficial de la CONABIO. Se utilizó el siguiente material de apoyo para la captura de información de campo: Geoposicionador, báscula, aparato potenciómetro, guías de identificación, libreta de campo, cámara fotográfica, palita,

canasta, bolsas de papel encerado, forcípula, clinómetro, cinta métrica, rafia para delimitar parcelas, secadora eléctrica de frutos, cajas Petri, hielera, mechero, alcohol 96°, encendedor, etc.

## **2.2 Muestreo de macromicetos**

### **a) Establecimiento de parcelas**

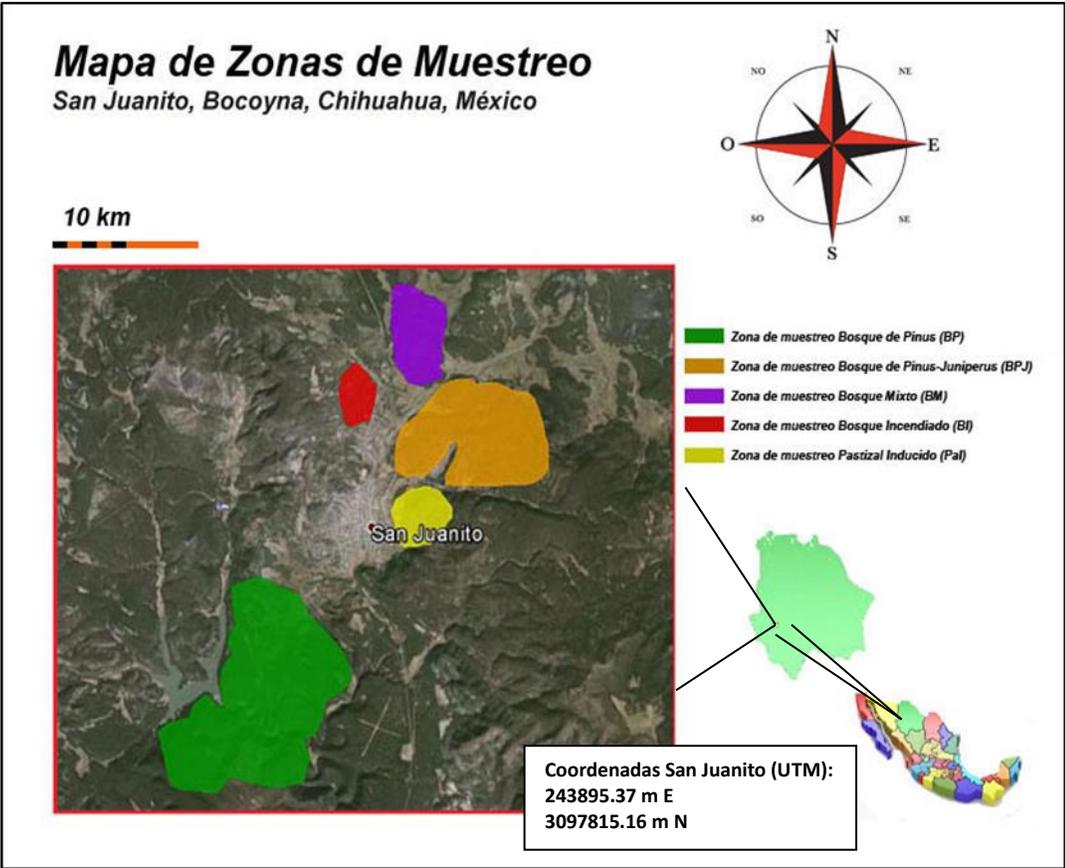
El muestreo de campo se llevó a cabo durante cuatro semanas correspondientes a las épocas de lluvia en el municipio de San Juanito, Chihuahua, las cuales comprendieron del día 22 de Julio al 17 de Agosto del año 2013. Se realizó un muestreo aleatorio estratificado por tipos de vegetación, identificándose cinco principales condiciones de muestreo: **1) Comunidad de Pino-Tascate** (*Pinus-Juniperus*), **2) Comunidad de Pino** (*Pinus*), **3) Bosque incendiado** (Bosque de *Pinus-Juniperus* antes de incendiarse) , **4) Pastizales inducidos** y **5) Bosque Mixto** (*Pinus-Quercus-Juniperus-Arbutus*) (Figura 1 y 2). Se establecieron 10 parcelas rectangulares permanentes de 5 x 35 m. (175 m<sup>2</sup>) por cada tipo de vegetación (Martínez, 2008) (Figura 3). Con excepción de las áreas incendiadas y el pastizal inducido, en donde sólo fueron ubicadas 5 parcelas para cada uno (dado que la superficie de dichas áreas es menor). Se obtuvieron como resultado 40 parcelas totales (7,000 m<sup>2</sup>) distribuidos en los alrededores de San Juanito, Chihuahua.

### **b) Colecta del material micológico**

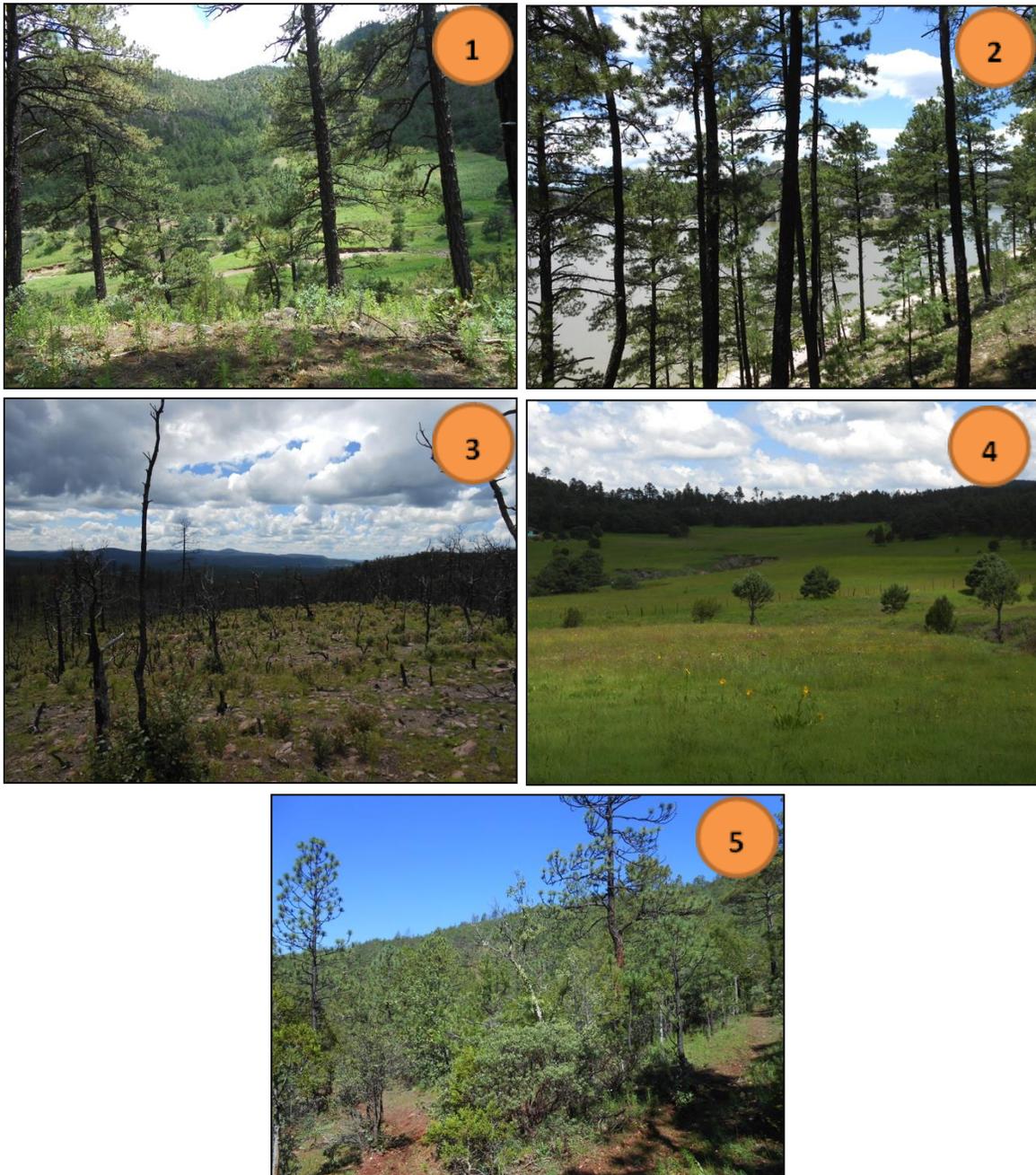
Posterior al establecimiento de las parcelas, fueron colectados los esporomas de macromicetos encontrados dentro del área de muestreo y pre identificar las especies mediante guías de campo (Metzler, y Metzler, 1992; Pacioni, 1982) (Figura 4).

### **c) Peso fresco de los esporomas**

Al finalizar la recolecta del material micológico, se llevó acabo el pesaje de los esporomas frescos con la ayuda de una báscula de mano (*Electronic- Kitchen Scale*) (Figura 5). Posteriormente fueron etiquetados y colocados en bolsas de papel encerado para su futura deshidratación, conservación y su posterior tratamiento (Figura 6).



**Figura 1.** Mapa de ubicación de las zonas de muestreo en San Juanito, Chihuahua



**Figura 2.** Tipos de vegetación muestreadas en San Juanito, Chihuahua: 1) Bosque de *Pinus- Juniperus*, 2) Bosque de *Pinus*, 3) Bosque Incendiado, 4) Pastizal Inducido y 5) Bosque Mixto (*Pinus-Quercus-Juniperus-Arbutus*)



**Figura 3.** Establecimiento de parcelas



**Figura 4.** Colecta del material micológico



**Figura 5.** Peso fresco de los esporomas



**Figura 6.** Deshidratación de esporomas

### 2.3 Análisis de la vegetación

La producción de los macromicetos comestibles se encuentra directamente relacionada con la estructura de la vegetación, por lo cual fue necesario llevar a cabo las mediciones de algunos parámetros que permitieran realizar el análisis del modelo predictivo dichos parámetros de la vegetación son los siguientes (Velasco *et al.*, 2010):

#### a) Número total de árboles por parcela:

Fueron cuantificadas todas las especies de árboles localizadas dentro de la parcela de muestreo.

#### b) Diámetro normal (DAP):

Se obtuvieron los diámetros de pecho (1.30 m) con la ayuda de una forcípula, considerando solo aquellos árboles con diámetros mayores a 10 cm. (Figura 7).

#### c) Cobertura de la copa:

Para la determinación de la cobertura promedio por parcela se midieron las coberturas de cada árbol midiendo los diámetros mayores (rama más larga) y menores (rama más corta), se utilizó la siguiente fórmula para calcular el área del círculo:

$$A = \frac{\pi}{4} * d^2$$

Dónde:

A= Área cubierta o espacio ocupado por especie (m<sup>2</sup>)

d= Diámetro promedio obtenido para cada árbol (m)

$\pi = 3.1416$

#### d) Altura de los árboles

Con la ayuda de un altímetro se midió la altura de todos los árboles que se encontraban dentro de la parcela.

## **2.4 Análisis de datos**

### **2.4.1 Diversidad de macromicetos**

#### **2.4.1.1 Diversidad y densidad de macromicetos**

Para conocer su densidad en cada parcela fueron cuantificados los esporomas presentes, estos fueron fotografiados en campo y se les registraron sus características macroscópicas para posteriormente llevarlos al laboratorio y deshidratarlos para su identificación microscópica utilizando la literatura especializada.

#### **2.4.1.2 Producción de esporomas de macromicetos silvestres**

A continuación, se llevó a cabo la deshidratación de los esporomas mediante una secadora eléctrica de ventiladores durante 4 a 6 horas, otros especímenes fueron deshidratados exponiéndolos al sol. Al ser finalmente deshidratados fueron pesados nuevamente, etiquetados y guardados en sobres para su posterior uso en el laboratorio para la identificación de las especies, la cual se llevó a cabo siguiendo los procedimientos descrito por (García y Garza, 2001) con la ayuda de un microscopio compuesto con la observación de esporas con la finalidad de dar certeza a la identificación taxonómica de las especies, y la elaboración de un catálogo de referencia para identificación de hongos silvestres.

#### **2.4.1.3 Diferencias en la producción de macromicetos en un mismo periodo de lluvias**

Fueron realizadas dos repeticiones de muestreo durante una misma temporada de lluvias, la primera de ellas se llevó a cabo durante las dos primeras semanas del trabajo, mientras que la segunda repetición se llevó a cabo entre la tercera y cuarta semana, con la finalidad de comparar el comportamiento de los macromicetos a lo largo de la temporada de lluvia en distintos tipos de vegetación y distintas condiciones ambientales. Para conocer si existen o no diferencias significativas en la diversidad de especies y densidad de esporomas entre los dos muestreos realizados y los tipos de vegetación, se efectuó un ANOVA factorial con el programa STATISTICA (Release 7).

#### **2.4.1.4 Índice de diversidad**

Para cada tipo de vegetación se realizó el análisis de la biodiversidad mediante el Índice de Margalef, buscando determinar los valores de diversidad de macromicetos para cada condición, este índice es representado de la siguiente manera (Moreno, 2001):

$$I = (s-1) / \ln N$$

$I$  = Índice de biodiversidad

$s$  = Número de especies presentes

$N$  = es el número total de individuos encontrados (pertenecientes a todas las especies).

$\ln$  = Logaritmo neperiano de un número.

#### **2.4.1.5 Índice de similitud**

Así mismo, para cada tipo de vegetación se realizó el Índice de Similitud de Jaccard con datos cualitativos, el cual expresa el grado en que dos comunidades son semejantes por la composición de especies (macromicetos) presentes en ellas, este índice se representa de la siguiente manera:

$$IJ = C / A+B+C$$

$IJ$  = Índice de similitud de Jaccard

$A$  = Número de especies presentes en la comunidad A

$B$  = Número de especies presentes en la comunidad B

$C$  = Número de especies presentes en ambos sitios

## 2.4.2 Variables físicas

### 2.4.2.1 Modelo de Random Forest

Se obtuvieron las variables de coordenadas geográficas de la parcela, fecha del muestreo, elevación sobre el nivel del mar, exposición y pendiente del terreno; con la ayuda de un potenciómetro se obtuvo la luminosidad del ambiente, el potencial de hidrógeno (pH) y la humedad del suelo. Con estos datos se realizó un modelo de Random Forest con la consola Rattle del programa estadístico R Studio, el cual utiliza 10,000 árboles predictores y cinco variables físicas independientes (exposición, luz, pendiente, humedad y elevación); con el fin de conocer cuál de estas variables influye más en la densidad de esporomas de macromicetos en los distintos tipos de vegetación muestreada. Random Forest tiene las ventajas de ser uno de los más certeros algoritmos disponible, puede correr eficientemente en grandes bases de datos, manejar cientos de variables entrantes sin excluir ninguna, dar estimados de qué variables son importantes en la clasificación, tener un método eficaz para estimar datos perdidos y mantener la exactitud cuando una gran proporción de los datos está perdida, así como ofrecer un método experimental para detectar las interacciones de las variables, entre otras muchas funciones.



**Figura 7.** Medición de DAP



**Figura 8.** Medición de la humedad de suelo

### 2.4.3 Producción

#### 2.4.3.1 Modelo predictivo de producción (Velasco et al., 2010)

Con el programa STATISTICA (Release 7) y las variables anteriormente determinadas, se desarrolló una estimación de la producción de macromicetos a través del modelo que se expresa de la siguiente manera (Velasco *et al.*, 2010):

$$Y = y_1 + x_1 + x_2 + x_3 - x_4 * (py_1) (px_1) (px_2) (px_3) (px_4)$$

Dónde:

$Y$  = Predicción de producción de esporomas (g)

$y_1$  = Producción de hongos comestibles por parcela, en peso seco (g)

$x_1$  = Número de árboles en la parcela

$x_2$  = Diámetro normal promedio de los árboles de la parcela (cm)

$x_3$  = Altura promedio de los árboles de la parcela (m)

$x_4$  = Cobertura promedio de los árboles de la parcela (m<sup>2</sup>)

$py_1, px_1, px_2, px_3, px_4$  = Valor de  $p$  correspondiente a la prueba de  $t$  para cada parámetro estimado.

Así mismo se consultaron otros modelos como el mencionado a continuación.

#### 2.4.3.2 Modelo predictivo (Zamora et al., 2009)

Este modelo de predicción fue igualmente analizado en el programa STATISTICA el cual utiliza variables distintas y se expresa de la siguiente manera:

$$Y = BX_0 + BX_1 + BX_2 + BX_3 + BX_4 + BX_5 + BX_6 + E$$

Dónde:

$Y$  = Variable de interés (peso fresco de los hongos)

$Bx_0$  = Numero de esporomas encontradas por parcela

$Bx_1$  = Especies encontradas por parcela

$Bx_2$  = Elevación media

$Bx_3$  = DAP de los arboles dentro la parcela (m)

$Bx_4$ = Cobertura de los arboles dentro la parcela (área de copa)

$Bx_5$ = Volumen de los arboles dentro la parcela

$Bx_6$ = Área muestreada por parcela ( $m^2$ )

$E$ = Variables aleatorias normales e independientes con media 0 y varianza desconocida, pero constante.

Posteriormente se realizó una modificación de modelo, la cual consistió en tomar en cuenta un mayor número de variables físicas y de la vegetación, el cual quedó expresado de la siguiente manera:

$$Y= Bx_1+ Bx_2+ Bx_3+... Bx_9$$

Dónde:

$Y$ = Variable de interés (peso fresco de los hongos)

$Bx_1$ = Número de especies de macromicetos encontrados por parcela

$Bx_2$ = Peso seco total registrado por parcela (g)

$Bx_3$ = Numero de esporomas encontradas por parcela

$Bx_4$ = Elevación sobre el nivel del mar

$Bx_5$ = Pendiente del terreno (en grados)

$Bx_6$ = Luz en el ambiente por parcela

$Bx_7$ = Humedad del suelo (en porcentaje)

$Bx_8$ = Numero de árboles presentes por parcela

$Bx_9$ = Volumen de los arboles dentro la parcela ( $m^3$ )

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS

#### 3. Análisis de datos

##### 3.1 Análisis de diversidad

###### 3.1.1 Diversidad y densidad de macromicetos

Los macromicetos estudiados se ubican en las siguientes dos divisiones: Basidiomycetes y Ascomycetes. De los Ascomycetes se presentaron solo dos familias (Hypocreaceae y Cudoniaceae), 2 géneros (*Hypomyces* y *Spathularia*) y solo dos especies (*Hypomyces lactifluorum* y *Spathularia flavida*). Los Basidiomycetes fueron más abundantes con 21 familias (Agaricaceae, Amanitaceae, Boletaceae, Diplocystidiaceae, Entolomataceae, Gomphaceae, Hericiaceae, Hydnangiaceae, Hygophoraceae, Hygophoropsidaceae, Hymenogastraceae, Lycoperdaceae, Marasmiaceae, Mycenaceae, Physalacriaceae, Polyporaceae, Psathyrellaceae, Russulaceae, Strophariaceae, Suillaceae y Tricholomataceae), 37 géneros y 74 especies. Se revisó el Index fungorum donde se enlistaron los nombres taxonómicos más actuales de las especies de macromicetos (Tabla 1). Fueron encontrados en total 39 géneros y 76 especies de macromicetos de los cuales fueron cuantificados 1330 esporomas durante las dos repeticiones realizadas en cinco tipos de vegetación en San Juanito, Chihuahua La única especie que se encontró en todos los tipos de vegetación fue *Astraeus hygometricus*. Las especies *Clitocybe gibba*, *Gymnopus sp.*, *Laccaria laccata* y *Suillus tomentosus* se encontraron en cuatro de los cinco tipos de vegetación (Tabla 2).

DIVISION	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
Ascomycota	Hypocreaceae	<i>Hypomyces</i>	<i>Hypomyces lactifluorum</i> (Schwein.) Tul. & C. Tul.
	Cudoniaceae	<i>Spathularia</i>	<i>Spathularia flavida</i> Pers.
Basidiomycota	Agaricaceae	<i>Agaricus</i>	<i>Agaricus campestris</i> Cooke
	Amanitaceae	<i>Amanita</i>	<i>Amanita caesarea</i> (Scop.) Pers.
	Amanitaceae	<i>Amanita</i>	<i>Amanita mus. Flavoginata</i> (Velen.) Neville & Poumarat
	Amanitaceae	<i>Amanita</i>	<i>Amanita muscaria</i> (L.) Lam.
	Amanitaceae	<i>Amanita</i>	<i>Amanita phalloides</i> Secr.
	Amanitaceae	<i>Amanita</i>	<i>Amanita rubescens</i> Pers.
	Amanitaceae	<i>Amanita</i>	<i>Amanita smithiana</i> Bas
	Amanitaceae	<i>Amanita</i>	<i>Amanita sp. 2</i>
	Amanitaceae	<i>Amanita</i>	<i>Amanita sp. 4</i>
	Amanitaceae	<i>Amanita</i>	<i>Amanita sp.1</i>
	Amanitaceae	<i>Amanita</i>	<i>Amanita sp.3</i>
	Amanitaceae	<i>Amanita</i>	<i>Amanita virosa</i> Bertill.
	Physalacriaceae	<i>Armillaria</i>	<i>Armillaria mellea</i> (Vahl) P. Kumm.
	Diplocystidiaceae	<i>Astreus</i>	<i>Astraeus hygrometricus</i> (Pers.) Morgan
	Marasmiaceae	<i>Baeospora</i>	<i>Baeospora sp.</i>
	Boletaceae	<i>Boletus</i>	<i>Boletus edulis</i> Rostk.
	Boletaceae	<i>Boletus</i>	<i>Boletus pinicola</i> Rea
	Boletaceae	<i>Boletus</i>	<i>Boletus pinophilus</i> Pilát & Dermek
	Lycoperdaceae	<i>Bovista</i>	<i>Bovista plumbea</i> Pers.
	Tricholomataceae	<i>Clitocybe</i>	<i>Clitocybe gibba</i> (Pers.) P. Kumm.
	Entolomataceae	<i>Clitopilus</i>	<i>Clitopilus sp.</i>
	Agaricaceae	<i>Coprinus</i>	<i>Coprinus atramentarius</i> (Bull.) Fr.
	Agaricaceae	<i>Coprinus</i>	<i>Coprinus comatus</i> (O.F. Müll.) Pers.
	Agaricaceae	<i>Coprinus</i>	<i>Coprinus niveus</i> (Pers.) Fr.
	Hymenogastraceae	<i>Cortinarius</i>	<i>Cortinarius sp. 1</i>
	Hymenogastraceae	<i>Cortinarius</i>	<i>Cortinarius sp. 2</i>
	Hymenogastraceae	<i>Cortinarius</i>	<i>Cortinarius sp.3</i>
	Agaricaceae	<i>Cystoderma</i>	<i>Cystoderma amianthinum</i> (Scop.) Fayod
	Entolomataceae	<i>Entoloma</i>	<i>Entoloma sp.</i>
	Strophariaceae	<i>Galerina</i>	<i>Galerina sp</i>
	Tricholomataceae	<i>Gymnopus</i>	<i>Gymnopus dryophilus</i> (Bull.) Murrill
Tricholomataceae	<i>Gymnopus</i>	<i>Gymnopus sp.</i>	
Hymenogastraceae	<i>Hebeloma</i>	<i>Hebeloma sp.</i>	
Hericiaceae	<i>Heridium</i>	<i>Heridium erinaceus</i> (Bull.) Pers.	
Hygrophoropsidaceae	<i>Hygrophoropsis</i>	<i>Hygrophoropsis aurantiaca</i> (Wulfen) Maire	
Hygrophoraceae	<i>Hygrophorus</i>	<i>Hygrophorus russula</i> (Schaeff.) Kauffman	

**Tabla 1.** Taxonomía de las especies

DIVISION	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
Basidiomycota	Hygrophoraceae	<i>Hygrophorus</i>	<i>Hygrophorus sp.</i>
	Hydnangiaceae	<i>Laccaria</i>	<i>Laccaria amethisitina</i>
	Hydnangiaceae	<i>Laccaria</i>	<i>Laccaria bicolor</i> (Maire) P.D. Orton
	Hydnangiaceae	<i>Laccaria</i>	<i>Laccaria laccata</i> (Scop.) Cooke
	Russulaceae	<i>Lactarius</i>	<i>Lactarius rufus</i> (Scop.) Fr.
	Russulaceae	<i>Lactarius</i>	<i>Lactarius sp.</i>
	Russulaceae	<i>Lactarius</i>	<i>Lactarius zonarius</i> (Bull.) Fr.
	Agaricaceae	<i>Lepiota</i>	<i>Lepiota sp. 2</i>
	Agaricaceae	<i>Lepiota</i>	<i>Lepiota sp.1</i>
	Agaricaceae	<i>Lycoperdon</i>	<i>Lycoperdon echinatum</i> Schumach.
	Tricholomeaceae	<i>Lyophyllum</i>	<i>Lyophyllum decastes</i> (Fr.) Singer
	Russulaceae	<i>Macowanites</i>	<i>Macowanites sp.</i>
	Marasmiaceae	<i>Marasmius</i>	<i>Marasmius androsaceus</i> (L.) Fr.
	Marasmiaceae	<i>Marasmius</i>	<i>Marasmius sp.1</i>
	Marasmiaceae	<i>Marasmius</i>	<i>Marasmius sp.2</i>
	Mycenaceae	<i>Mycena</i>	<i>Mycena sp.</i>
	Psathyrellaceae	<i>Panaeolus</i>	<i>Panaeolus semiovatus</i> (Sowerby) S. Lundell & Nannf.
	Psathyrellaceae	<i>Panaeolus</i>	<i>Panaeolus sphintricus</i>
	Polyporaceae	<i>Polyporus</i>	<i>Polyporus arcularius</i> (Batsch) Fr.
	Psathyrellaceae	<i>Psathyrella</i>	<i>Psathyrella sp.</i>
	Psathyrellaceae	<i>Psathyrella</i>	<i>Psathyrella subtrata</i>
	Strophariaceae	<i>Psilocybe</i>	<i>Psilocybe coprophila</i> (Bull.) P. Kumm.
	Gomphaceae	<i>Ramaria</i>	<i>Ramaria sp.</i>
	Russulaceae	<i>Russula</i>	<i>Russula virescens</i> (Schaeff.) Fr.
	Russulaceae	<i>Russula</i>	<i>Russula brevipes</i> Peck
	Russulaceae	<i>Russula</i>	<i>Russula emetica</i> (Schaeff.) Pers.
	Russulaceae	<i>Russula</i>	<i>Russula foetens</i> Pers.
	Russulaceae	<i>Russula</i>	<i>Russula olivacea</i> (Schaeff.) Fr.
	Russulaceae	<i>Russula</i>	<i>Russula rosea</i> Kill.
	Suillaceae	<i>Suillus</i>	<i>Suillus brevipes</i> (Peck) Kuntze
	Suillaceae	<i>Suillus</i>	<i>Suillus granulatus</i> (L.) Roussel
	Suillaceae	<i>Suillus</i>	<i>Suillus sp.</i>
	Suillaceae	<i>Suillus</i>	<i>Suillus spraguei</i> (Berk. & M.A. Curtis) Kuntze
Suillaceae	<i>Suillus</i>	<i>Suillus tomentosus</i> (Kauffman) Singer	
Tricholomataceae	<i>Tricholoma</i>	<i>Tricholoma spp.</i>	
Agaricaceae	<i>Vascellum</i>	<i>Vascellum pratense</i> (Pers.) Kreisel	
Agaricaceae	<i>Vascellum</i>	<i>Vascellum sp.</i>	
Boletaceae	<i>Xerocomus</i>	<i>Xerocomus durangensis</i>	

**Tabla 1.** Taxonomía de las especies

ESPECIE	COMESTIBILIDAD	HÁBITO	TIPOS DE VEGETACION				
			BPJ	BP	BI	Pal	BM
<i>Agaricus campestris</i>	Comestible	Saprobio					
<i>Amanita caesarea</i>	Comestible	Micorrizico					
<i>Amanita mus. flavoginata</i>	No comestible	Micorrizico					
<i>Amanita muscaria</i>	No comestible	Micorrizico					
<i>Amanita phalloides</i>	No comestible	Micorrizico					
<i>Amanita rubescens</i>	Comestible	Micorrizico					
<i>Amanita smithiana</i>	No comestible	Micorrizico					
<i>Amanita sp. 1</i>	No comestible	Micorrizico					
<i>Amanita sp. 2</i>	No comestible	Micorrizico					
<i>Amanita sp. 3</i>	No comestible	Micorrizico					
<i>Amanita sp. 4</i>	No comestible	Micorrizico					
<i>Amanita virosa</i>	No comestible	Micorrizico					
<i>Armillaria mellea</i>	No comestible	Parásito					
<i>Astraeus hygrometricus</i>	No comestible	Saprobio					
<i>Baeospora sp.</i>	No comestible	Saprobio					
<i>Boletus edulis</i>	Comestible	Micorrizico					
<i>Boletus pinicola</i>	Comestible	Micorrizico					
<i>Boletus pinophilus</i>	Comestible	Micorrizico					
<i>Bovista plumbea</i>	Comestible	Saprobio					
<i>Clitocybe gibba</i>	Comestible	Micorrizico					
<i>Clitopilus sp.</i>	No comestible	Saprobio					
<i>Coprinus atramentarius</i>	Comestible	Coprófilo					
<i>Coprinus comatus</i>	Comestible	Coprófilo					
<i>Coprinus niveus</i>	No comestible	Saprobio					
<i>Cortinarius sp. 1</i>	No comestible	Micorrizico					
<i>Cortinarius sp. 2</i>	No comestible	Micorrizico					
<i>Cortinarius sp. 3</i>	No comestible	Micorrizico					
<i>Cystoderma amianthinum</i>	Comestible	Micorrizico					
<i>Entoloma sp.</i>	No comestible	Saprobio					
<i>Galerina sp.</i>	No comestible	Saprobio					
<i>Gymnopus dryophilus</i>	Comestible	Saprobio					
<i>Gymnopus sp.</i>	Comestible	Saprobio					
<i>Hebeloma sp.</i>	No comestible	Saprobio					
<i>Hericium erinaceus</i>	Comestible	Parásito					
<i>Hygrophoropsis aurantiaca</i>	No comestible	Saprobio					
<i>Hygrophorus russula</i>	Comestible	Micorrizico					
<i>Hygrophorus sp.</i>	Comestible	Micorrizico					
<i>Hypomyces lactifluorum</i>	Comestible	Parásito					
<i>Laccaria amethystina</i>	Comestible	Micorrizico					

**Tabla 2.** Comestibilidad, hábito y distribución de las especies en los diferentes tipos de vegetación

ESPECIE	COMESTIBILIDAD	HÁBITO	TIPOS DE VEGETACION				
			BPJ	BP	BI	Pal	BM
<i>Laccaria bicolor</i>	Comestible	Micorrizico					
<i>Laccaria laccata</i>	Comestible	Micorrizico					
<i>Lactarius rufus</i>	No comestible	Micorrizico					
<i>Lactarius spp.</i>	Comestible	Micorrizico					
<i>Lactarius zonarius</i>	No comestible	Micorrizico					
<i>Lepiota sp. 1</i>	No comestible	Saprobio					
<i>Lepiota sp. 2</i>	No comestible	Saprobio					
<i>Lycoperdon echinatum</i>	Comestible	Saprobio					
<i>Lyophyllum decastes</i>	Comestible	Saprobio					
<i>Macowanites sp.</i>	No comestible	Micorrizico					
<i>Marasmius androsaceus</i>	No comestible	Saprobio					
<i>Marasmius sp. 1</i>	No comestible	Saprobio					
<i>Marasmius sp. 2</i>	No comestible	Saprobio					
<i>Mycena sp.</i>	No comestible	Saprobio					
<i>Panaeolus semiovatus</i>	No comestible	Coprófilo					
<i>Panaeolus sphintricus</i>	No comestible	Coprófilo					
<i>Polyporus arcularius</i>	No comestible	Saprobio					
<i>Psathyrella sp.</i>	No comestible	Saprobio					
<i>Psathyrella subtrata</i>	No comestible	Saprobio					
<i>Psilocybe coprophila</i>	No comestible	Coprófilo					
<i>Ramaria sp.</i>	Comestible	Saprobio					
<i>Russula virescens</i>	Comestible	Micorrizico					
<i>Russula brevipes</i>	Comestible	Micorrizico					
<i>Russula emetica</i>	No comestible	Micorrizico					
<i>Russula foetens</i>	No comestible	Micorrizico					
<i>Russula olivacea</i>	Comestible	Micorrizico					
<i>Russula rosea</i>	No comestible	Micorrizico					
<i>Spathularia flavida</i>	No comestible	Saprobio					
<i>Suillus brevipes</i>	Comestible	Micorrizico					
<i>Suillus granulatus</i>	Comestible	Micorrizico					
<i>Suillus sp.</i>	Comestible	Micorrizico					
<i>Suillus spraguei</i>	Comestible	Micorrizico					
<i>Suillus tomentosus</i>	No comestible	Micorrizico					
<i>Tricholoma sp.</i>	Comestible	Saprobio					
<i>Vascellum pratense</i>	No comestible	Saprobio					
<i>Vascellum sp.</i>	No comestible	Saprobio					
<i>Xerocomus durangensis</i>	Comestible	Micorrizico					

**Tabla 2.** Comestibilidad, hábito y distribución de las especies en los diferentes tipos de vegetación



**Lamina 1.** a) *Hypomyces lactiflorum*, b) *Spathularia flavida*, c), *Agaricus campestris*, d) *Amanita caesarea*, e) *Amanita muscaria flavoginata*, f) *Amanita muscaria*, g) *Amanita phalloides*, h) *Amanita rubescens*, i) *Amanita smithiana*



**Lámina 2.** a) *Amanita* sp. 1, b) *Amanita* sp.2, c) *Amanita* sp.3, d) *Amanita virosa*, e) *Armillaria mellea*, f) *Astraeus hygometricus*, g) *Baeospora* sp., h) *Boletus edulis*, i) *Boletus pinicola*



**Lámina 3.** a) *Boletus pinophilus*, b) *Bovista plúmbea*, c) *Clitocybe gibba*, d) *Clitopilus* sp., e) *Coprinus atramentarius*, f) *Coprinus comatus*, g) *Coprinus niveus*, h) *Cortinarius* sp. 1, i) *Cortinarius* sp. 2



**Lámina 4.** a) *Cortinarius* sp.3, b) *Cystoderma amianthinum*, c) *Entoloma* sp., d) *Galerina* sp., e) *Gymnopus dryophilus*, f) *Gymnopus* spp., g) *Hebeloma* sp., h) *Hericium erinaceus*, i) *Hygophoropsis aurantiaca*



**Lámina 5.** a) *Hygophorus russula*, b) *Hygophorus* spp., c) *Laccaria amethystina*, d) *Laccaria bicolor*, e) *Laccaria laccata*, f) *Lactarius rufus*, g) *Lactarius* sp., h) *Lactarius zonarius*, i) *Lepiota* sp. 2



**Lámina 6.** a) *Lepiota* sp.2, b) *Lycoperdon echinatum*, c) *Lyophyllum decastes*,  
d) *Macowanites* sp., e) *Marasmius androsaceus*, f) *Marasmius* sp.1,  
g) *Marasmius* sp.2, h) *Mycena* sp., i) *Panaeolus semiovatus*



**Lámina 7.** a) *Panaeolus sphintricus*, b) *Polyporus arcularius*, c) *Psathyrella* sp., d) *Psathyrella subtrata*, e) *Psilocybe coprophila*, f) *Ramaria* sp., g) *Russula virescens*, h) *Russula brevipes*, i) *Russula emetica*



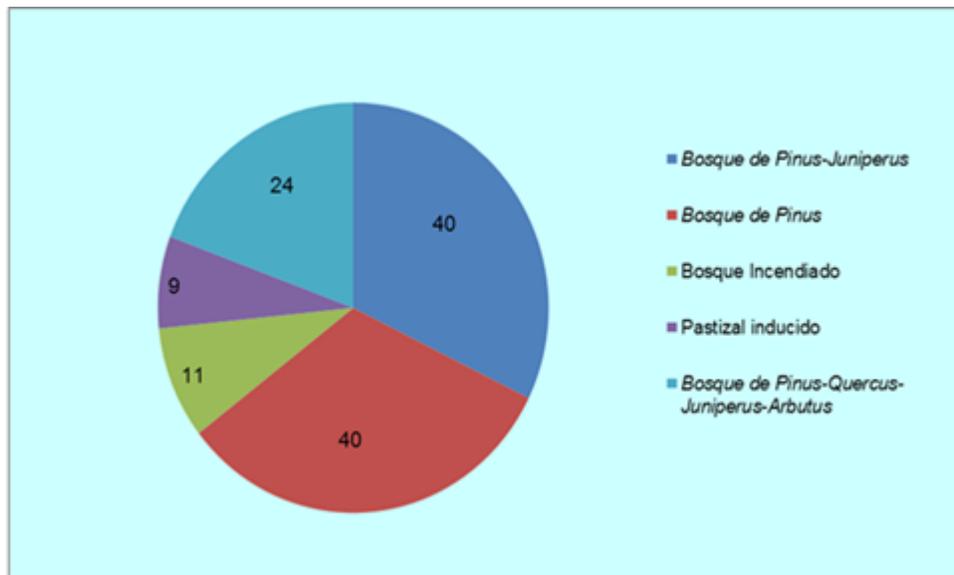
**Lámina 8.** a) *Russula foetens*, b) *Russula olivácea*, c) *Russula rosea*, d) *Suillus brevipes*, e) *Suillus ganulatus*, f) *Suillus* sp., g) *Suillus spraguei*, h) *Suillus tomentosus*, i) *Tricholoma* sp.



**Lámina 9.** a) *Vascellum pratense*, b) *Vascellum sp.*, c) *Xerocomus durangensis*

**a) Diversidad de especies por tipos de vegetación**

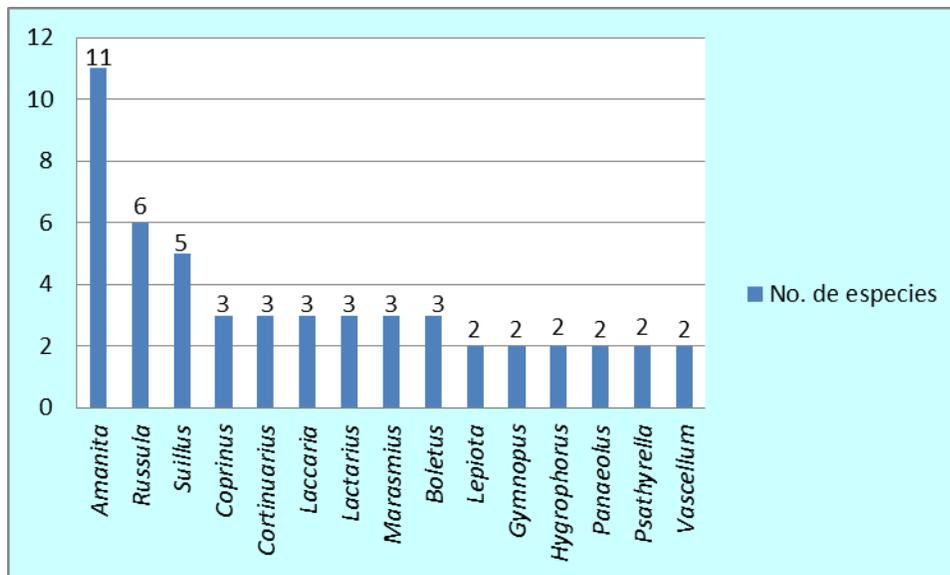
En el Bosque de *Pinus-Juniperus* fueron encontradas 40 especies de macromicetos, al igual que en el Bosque de *Pinus*. En el Bosque Incendiado fueron encontradas once especies, en el Pastizal Inducido nueve especies y en el Bosque Mixto 24 especies (Figura 9).



**Figura 9.** Diversidad de especies de macromicetos por género

### b) Diversidad de especies por género

Se encontraron 39 géneros, de los cuales el género *Amanita* fue el más abundante con 11 especies encontradas, seguido del género *Russula* con 6 especies y *Suillus* con 5 especies; con menos diversidad se encuentran los géneros *Boletus*, *Coprinus*, *Cortinarius*, *Laccaria*, *Lactarius* y *Marasmius* con 3 especies cada uno (Figura 10).



**Figura 10.** Diversidad de especies de macromicetos por género

### **c) Diversidad de especies por su comestibilidad y hábito**

En los cinco tipos de vegetación, fueron encontradas 33 especies de macromicetos comestibles, de las cuales 21 especies son micorrícicas, 8 saprobias, 2 parásitas y 2 coprófilas (Figura 11). Y fueron encontradas 43 especies de macromicetos no comestibles, de las cuales 19 especies micorrícicas, 20 saprobias, una parásita y 3 coprófilas (Figura 12).

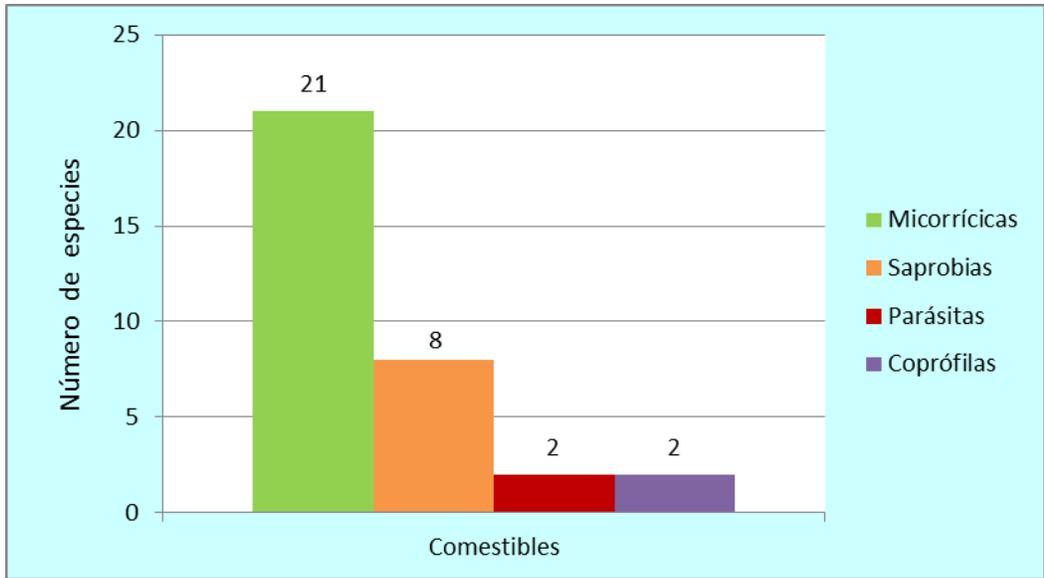
En el caso del Bosque de *Pinus-Juniperus* fueron encontradas 20 especies comestibles, de las cuales 14 especies son micorrícicas, cuatro saprobias, una parásita y una coprófilas (Figura 13). Y fueron encontradas 20 especies no comestibles, de las cuales 8 especies son micorrícicas, 10 saprobias, una parásita y una coprófila (Figura 14).

En el Bosque de *Pinus* fueron encontradas 20 especies comestibles, de las cuales 13 especies son micorrícicas, 5 saprobias, una parásita y una coprófila (Figura 15). Y fueron encontradas 20 especies no comestibles (Figura 16).

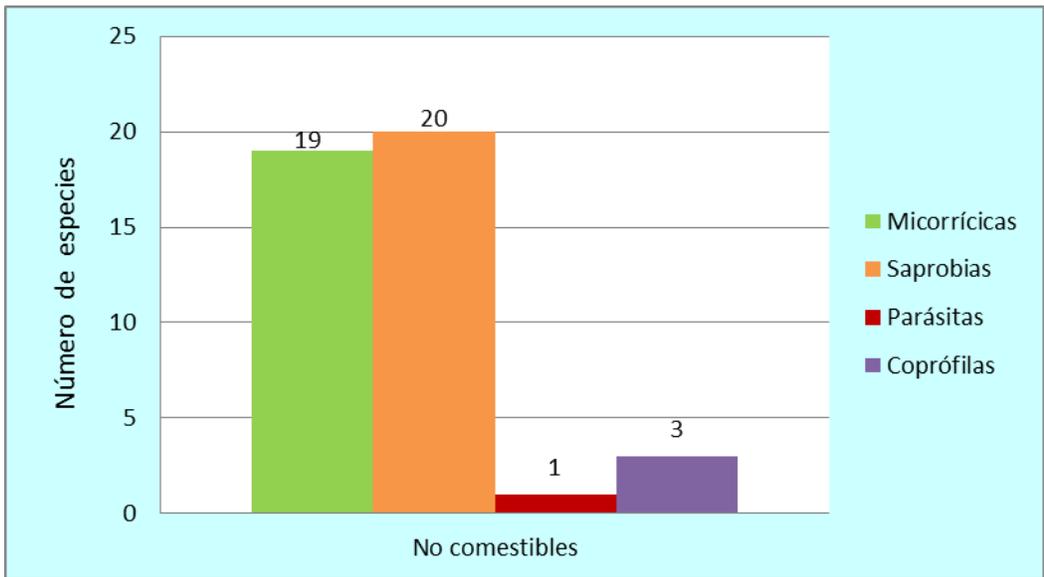
En el Bosque incendiado fueron encontradas 3 especies comestibles de las cuales dos son micorrícicas y una saprobia (Figura 17). Y fueron encontradas 8 especies no comestibles, de las cuales 8 especies son micorrícicas, cuatro saprobias, dos coprófilas y no fueron encontradas especies parásitas (Figura 18).

En el Pastizal Inducido fueron encontradas 2 especies comestibles, de las cuales una especie es micorrícica y la otra saprobia (Figura 19). Y fueron encontradas 7 especies no comestibles, de las cuales una especie es micorrícica, cinco son saprobias y una es coprófila (Figura 20).

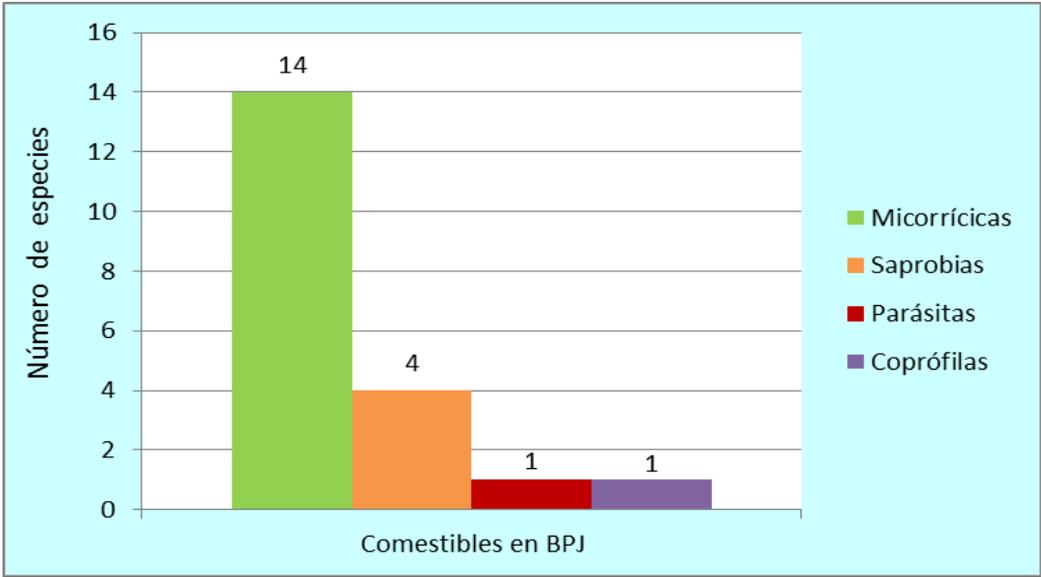
En el Bosque Mixto fueron encontradas 13 especies comestibles, de las cuales nueve especies son micorrícicas, dos saprobias, dos parásitas y no se encontraron especies coprófilas (Figura 21). Y fueron encontradas 11 especies no comestibles, de las cuales siete especies son micorrícicas, tres son saprobias, una especie parásita y no se encontraron especies coprófilas (Figura 22).



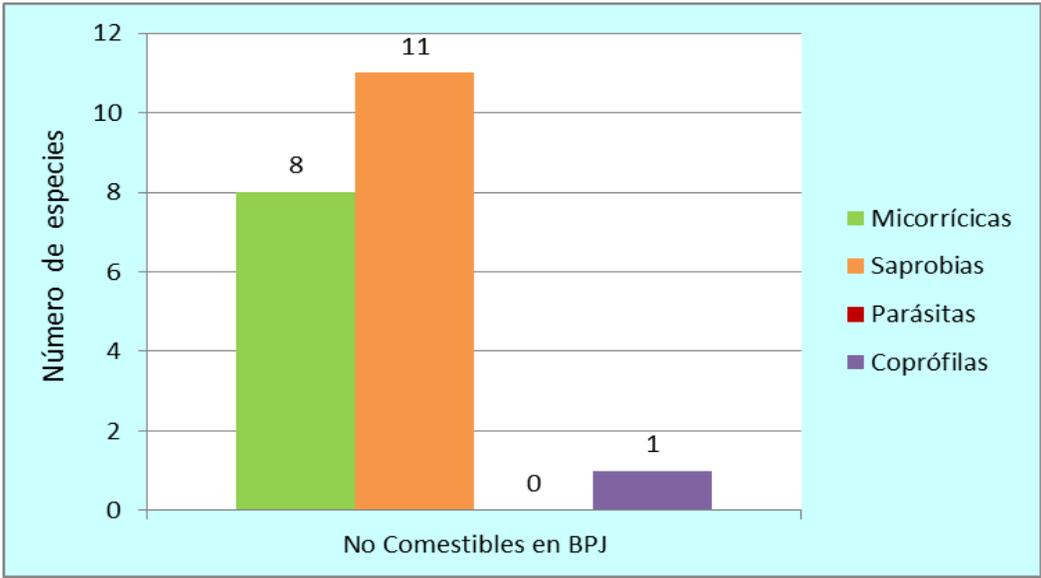
**Figura 11.** Hábito de las especies comestibles en los cinco tipos de vegetación



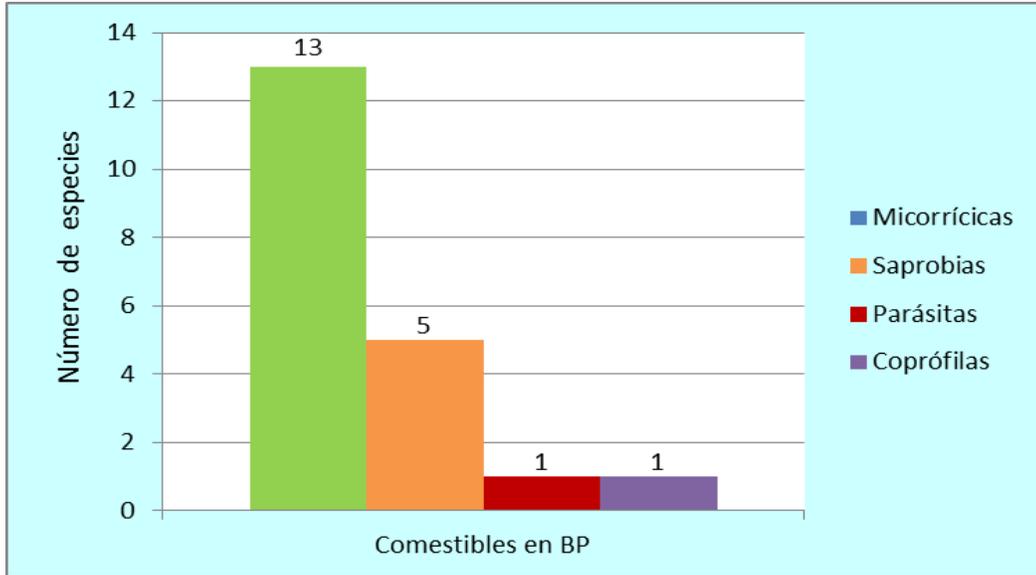
**Figura 12.** Hábito de las especies no comestibles en los cinco tipos de vegetación



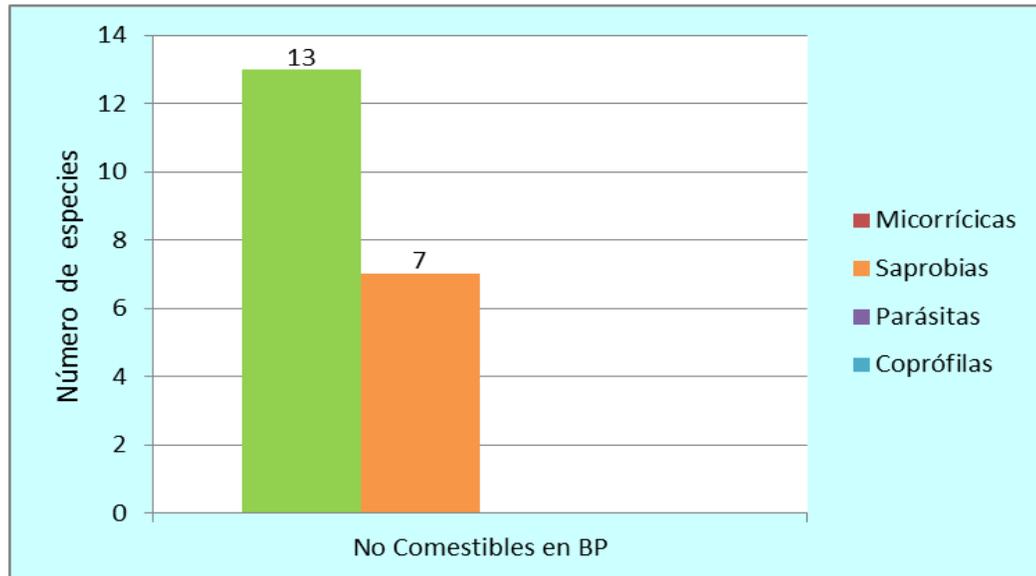
**Figura 13.** Hábito de las especies comestibles en el Bosque de Pinus- Juniperus



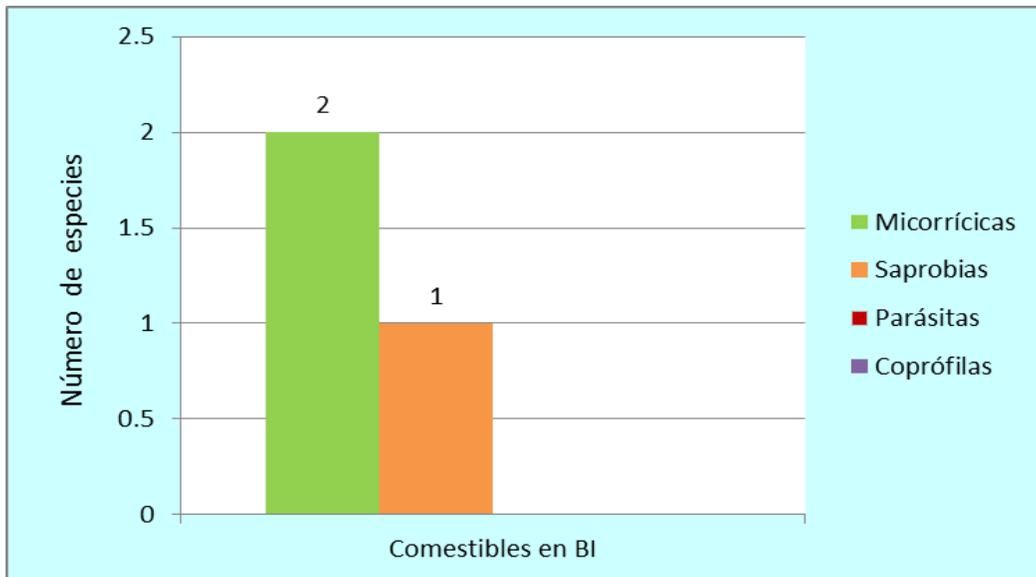
**Figura 14.** Hábito de las especies no comestibles en el Bosque de Pinus- Juniperus



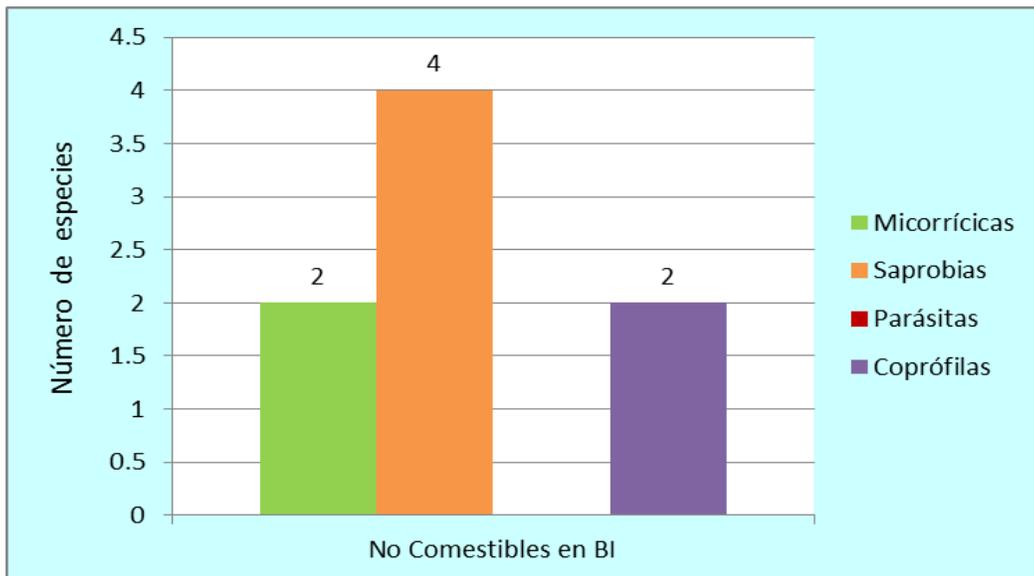
**Figura 15.** Hábito de las especies comestibles en el Bosque de Pinus



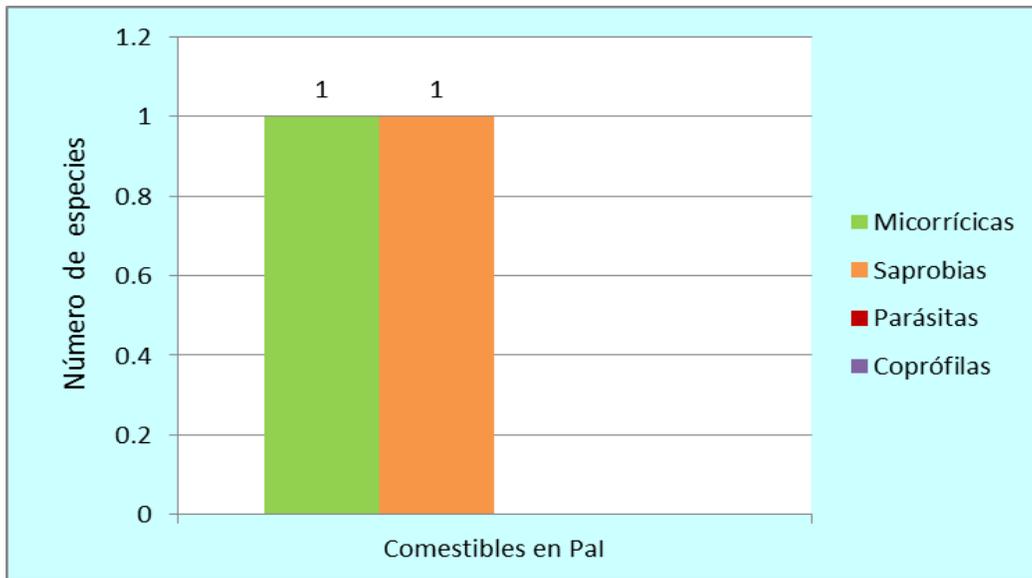
**Figura16.** Hábito de las especies no comestibles en el Bosque de Pinus



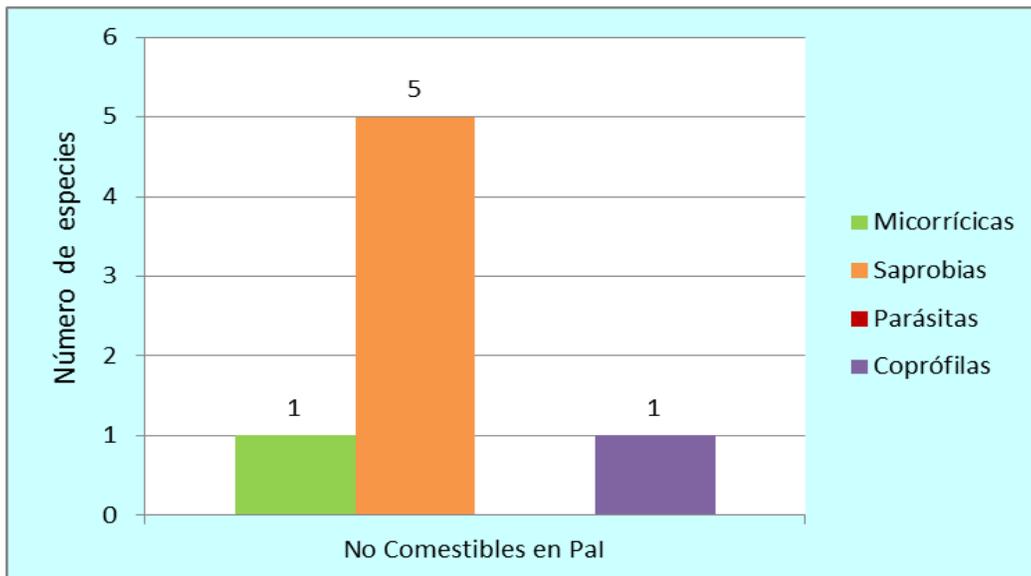
**Figura 17.** Hábito de las especies comestibles en el Bosque Incendiado



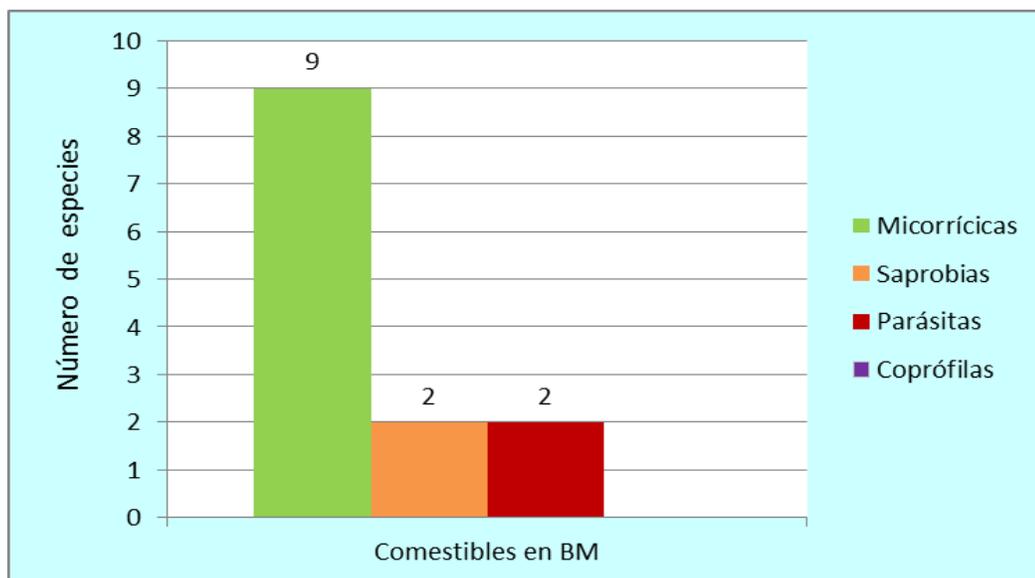
**Figura 18.** Hábito de las especies no comestibles en el Bosque Incendiado



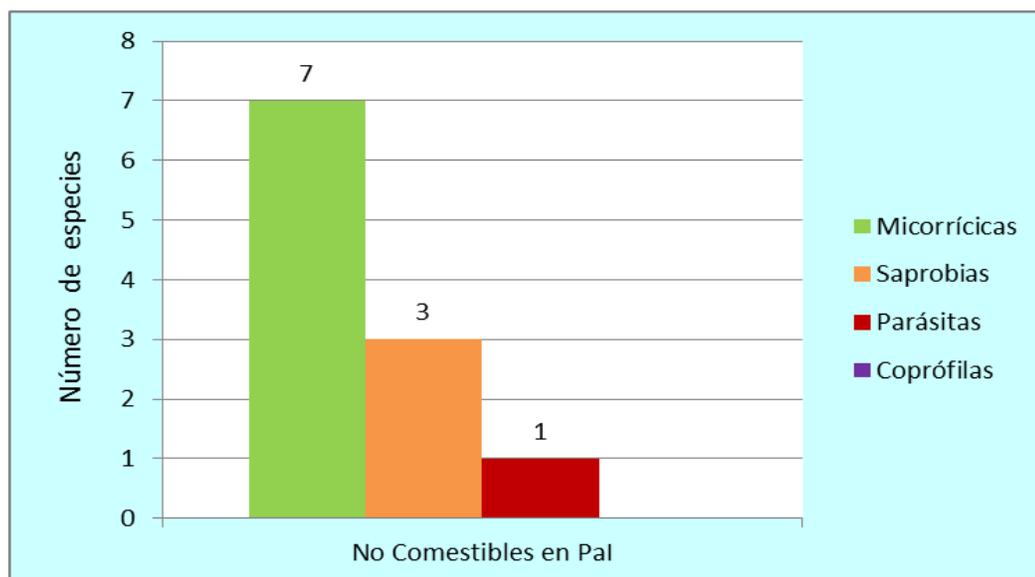
**Figura 19.** Hábito de las especie comestibles en el Pastizal Inducido



**Figura 20.** Hábito de las especie no comestibles en el Pastizal Inducido



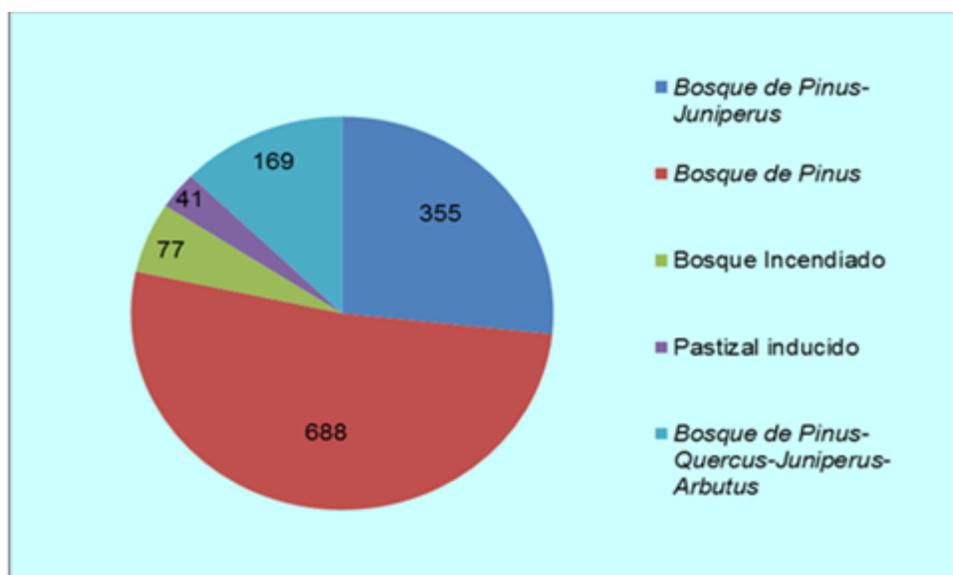
**Figura 21.** Hábito de las especie comestibles en el Bosque Mixto



**Figura 22.** Hábito de las especie no comestibles en el Bosque Mixto

#### d) Densidad de esporomas por tipos de vegetación

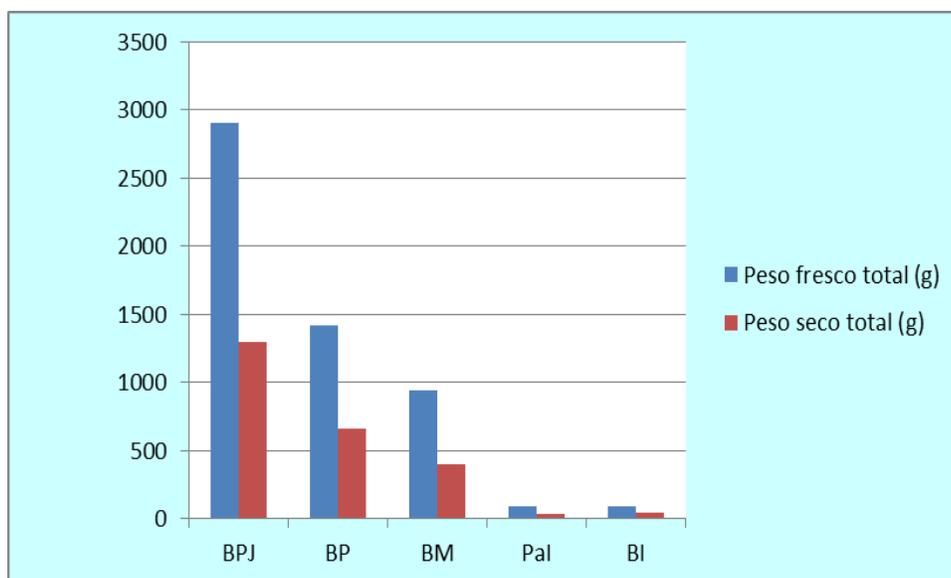
Los resultados de la densidad de esporomas por tipo de vegetación muestran que el Bosque de *Pinus* posee el mayor número de individuos de macromicetos con 688 esporomas, lo cual representa el 52% de la densidad total, seguido por el Bosque de *Pinus-Juniperus* con 355 individuos (26%), el Bosque Mixto con 169 esporomas (13%), el Bosque incendiado con 77 individuos (6%) y el Pastizal inducido con 41 esporomas (3%) durante las dos repeticiones (Figura 23).



**Figura 23.** Densidad de esporomas por tipo de vegetación

### 3.1.2 Producción de esporomas por tipos de vegetación

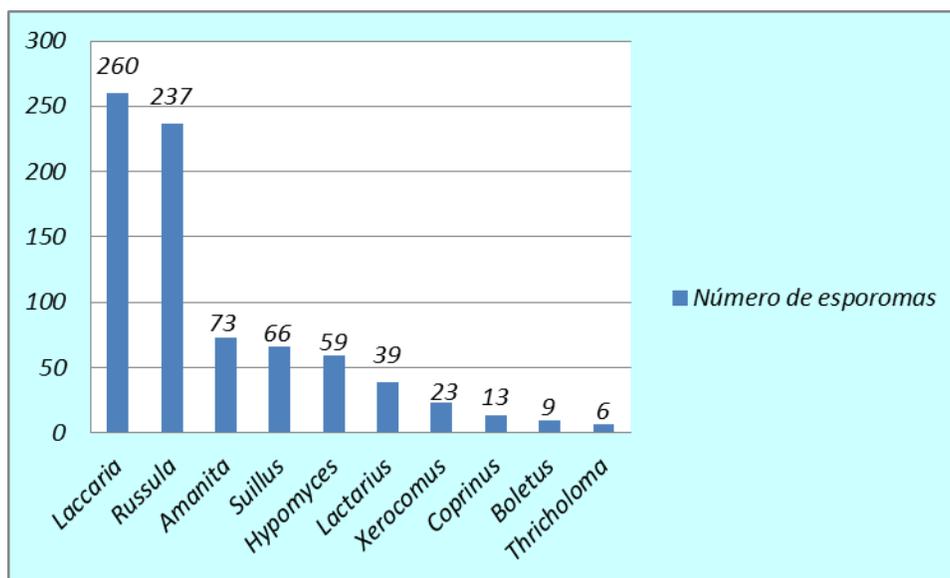
De los cinco tipos de vegetación muestreados durante el periodo antes mencionado, el Bosque de *Pinus-Juniperus* (BPJ) obtuvo la mayor producción de esporomas con un total de 2907.8 g de peso fresco y 1300.2 g. de peso seco, seguido del Bosque de *Pinus* (BP) con un total de 1422.6 g de peso fresco y 658.3 g de peso seco, el tercer lugar se encuentra el Bosque Mixto (BM) con 946 g de peso fresco y 398.8 g de peso seco, seguido del Bosque Incendiado (BI) con una producción de peso fresco de 88.5 g y 42.7 g de peso seco, y finalmente el tipo de vegetación menos productivo de macromicetos fue el Pastizal Inducido (PaI) con una producción de peso fresco de 92 g y 36.5 de peso seco (Figura 24).



**Figura 24.** Producción de esporomas en los cinco tipos de vegetación

### a) Densidad de esporomas por géneros comestibles

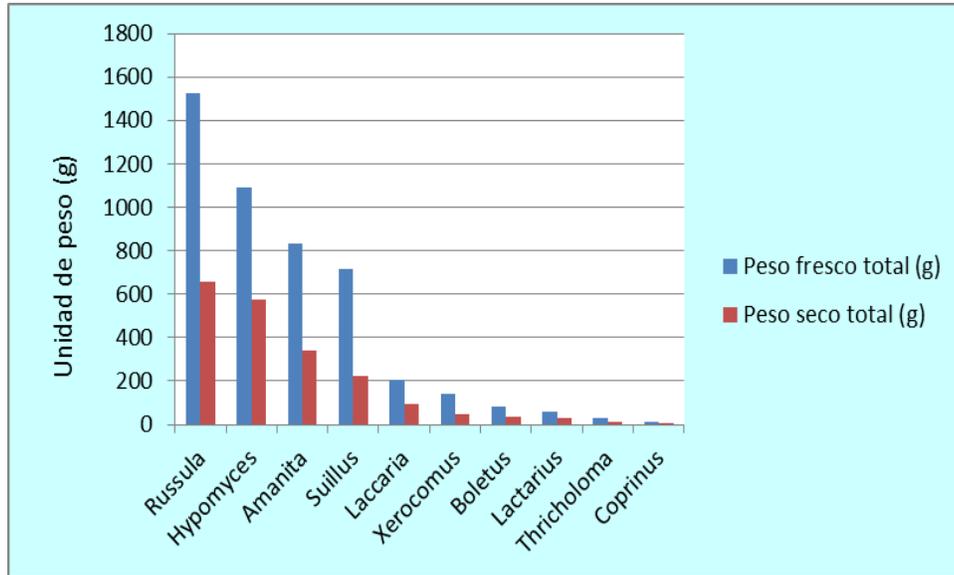
Fueron considerados los primeros diez géneros comestibles con mayor densidad de esporomas con mayor importancia productiva siendo los siguientes; *Laccaria*, *Russula*, *Amanita*, *Suillus*, *Hypomyces*, *Lactarius*, *Xerocomus*, *Coprinus*, *Boletus* y *Tricholoma* (Figura 25).



**Figura 25.** Densidad total de esporomas por géneros comestibles

### b) Producción total (g) de esporomas por géneros comestibles

Sin embargo, el orden de importancia cambia cuando se trata de la producción total de la biomasa, quedando de la siguiente manera; en primer lugar el género *Russula* con una producción en peso seco de 659.5 g y 1526.4 g en peso fresco, *Hypomyces* con 576 g de peso seco y 1091 g de peso fresco, *Amanita* con 342 g de peso seco y 834.5 g de peso fresco, *Suillus* con 221.3 g de peso seco y 718.8 g de peso fresco, *Laccaria* con 93.6 g de peso seco y 203 g de peso fresco, *Xerocomus* con 48 g de peso seco y 139.2 de peso fresco, *Boletus* con 35 g de peso seco y 80 g de peso fresco, *Lactarius* con 27.2 g de peso seco y 62 de peso fresco, *Tricholoma* con 11.5 g de peso seco y 28 g de peso fresco, y finalmente *Coprinus* con 6.7 g de peso seco y 10.5 g de peso fresco (Figura 26).



**Figura 26.** Producción total (g) de esporomas por géneros comestibles

### 3.1.3 Diferencias entre los muestreos

#### a) Diversidad de especies

El ANOVA factorial realizado para conocer si existen o no diferencias significativas en la diversidad de especies y densidad de esporomas entre los dos muestreos realizados y los tipos de vegetación (Figura 27 y 28), demuestra que no existe diferencia significativa en la diversidad de especies entre los dos muestreos realizados ( $p=0.953$ ) (Figura 29). Sin embargo, existe una diferencia significativa ( $p=0.000$ ) en la diversidad de especies por tipos de vegetación (Figura 30).

#### b) Densidad de esporomas

Este caso fue similar al anterior, según el ANOVA factorial, no se encontraron diferencias significativas en la densidad de esporoma entre los dos muestreos realizados ( $p=0.958$ ) (Figura 31), pero se encontró que si existe una diferencia significativa ( $p=0.000$ ) en la densidad de esporomas por tipos de vegetación (Figura 32).

STATISTICA - [Workbook2\* - Univariate]

Insert Format Statistics Graphs Tools Data Workbook Window Help

Univariate Tests of Significance for Diversidad (Spread  
Sigma-restricted parameterization  
Effective hypothesis decomposition

Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	564.0071	1	564.0071	211.0128	0.000000
No. de muestreo	0.0071	1	0.0071	0.0027	0.958919
Tipo de veg	170.2000	4	42.5500	15.9193	0.000000
No. de muestreo*Tipo de veg	4.6000	4	1.1500	0.4303	0.786307
Error	187.1000	70	2.6729		

**Figura 27.** ANOVA de la diversidad de las especies por número de muestreo y tipos de vegetación

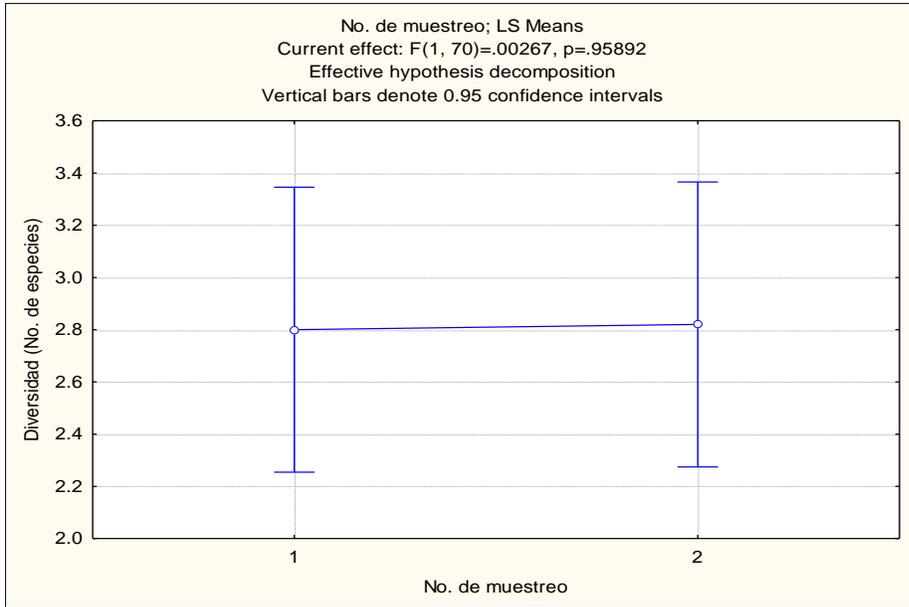
STATISTICA - [Workbook2\* - Univariate]

Insert Format Statistics Graphs Tools Data Workbook Window Help

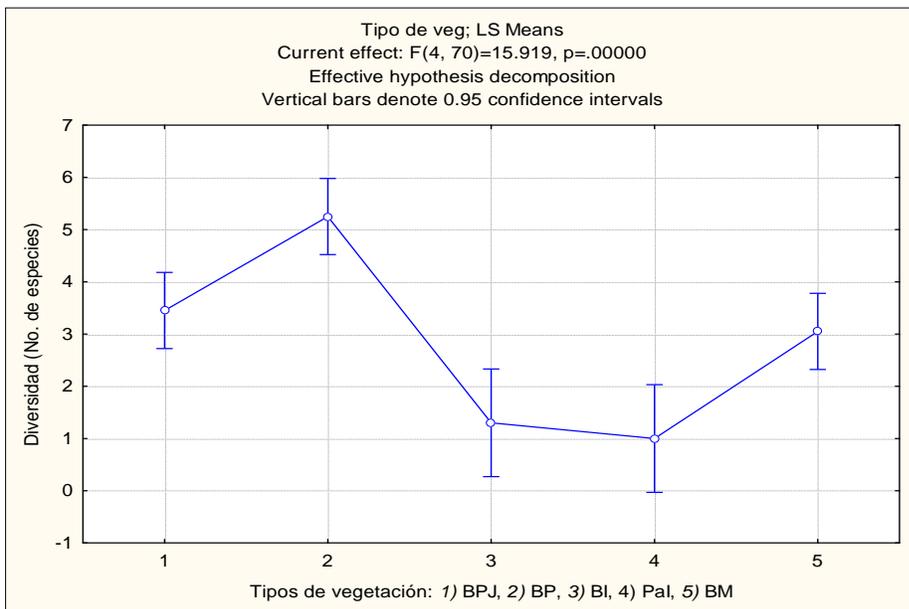
Univariate Tests of Significance for Densidad (Spread  
Sigma-restricted parameterization  
Effective hypothesis decomposition

Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	14955.78	1	14955.78	58.40113	0.000000
<b>No. de muestreo</b>	0.86	1	0.86	0.00337	<b>0.953839</b>
Tipo de veg	10044.04	4	2511.01	9.80529	0.000002
No. de muestreo*Tipo de veg	1192.54	4	298.13	1.16419	0.334093
Error	17926.10	70	256.09		

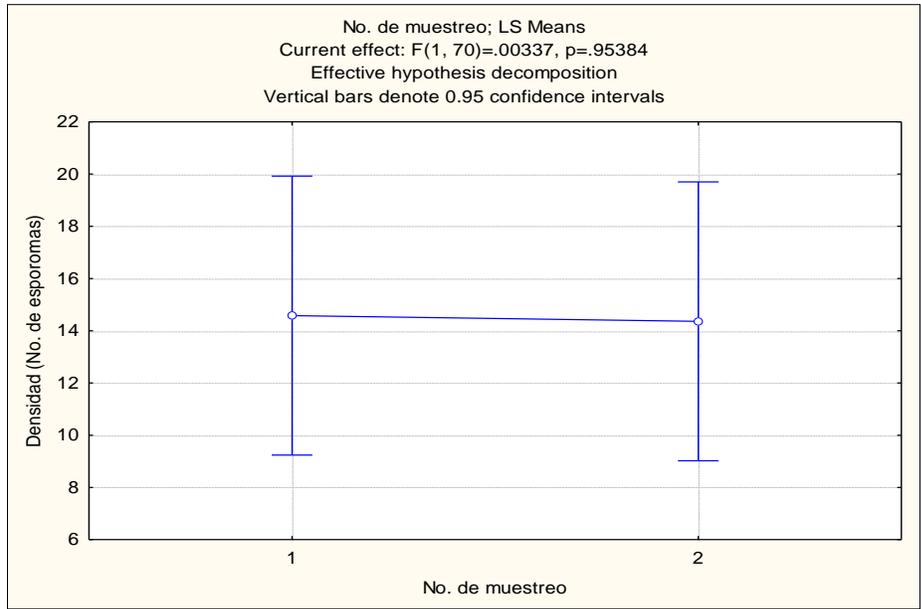
**Figura 28.** ANOVA de la densidad de esporomas por número de muestreo y tipos de vegetación



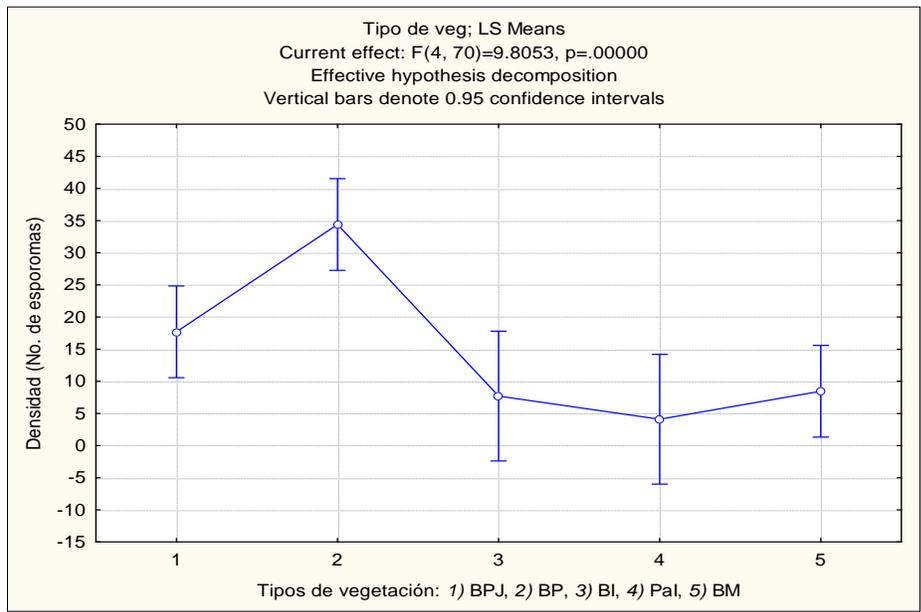
**Figura 29.** ANOVA de la diversidad de especies por número de muestreo



**Figura 30.** ANOVA de la diversidad de especies por tipos de vegetación



**Figura 31.** ANOVA de la densidad de esporomas por número de muestreo



**Figura 32.** ANOVA de la densidad de esporomas por tipos de vegetación

### 3.1.4 Índice de diversidad

Según este Índice, los valores inferiores a 2.0 son considerados como relacionados con zonas de baja biodiversidad pudiendo referirse a ecosistemas perturbados, mientras que los valores superiores a 5.0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad.

En el caso de este estudio, el BPJ y BP presentaron un alto nivel de biodiversidad de macromicetos silvestres (6.3), a diferencia de los ecosistemas de BI y PaI que presentaron valores de diversidad de macromicetos bajos (2.3 y 1.9 respectivamente), lo cual puede ser considerado como un indicador biológico de perturbaciones o modificaciones en la vegetación. Los resultados obtenidos del Índice de biodiversidad de Margalef realizado para cada tipo de vegetación son los siguientes (Cuadro 1):

<b>Tipo de vegetación</b>	<b>Índice de Margalef</b>
BPJ	6.3
BP	6.3
BI	2.3
PaI	1.9
BM	4.7

**Cuadro 1.** Resultados de Índice de diversidad de Margalef por tipo de vegetación

### 3.1.5 Índice de similitud

Los resultados obtenidos con el índice de Jaccard, demuestran que las comunidades vegetales con mayor similitud en cuanto a composición de especies de macromicetos, son el BPJ y el BP, con un 19% de similitud en la composición de sus especies. Así mismo el BP y BM presentaron una alto índice de similitud del 18%. Por otra parte podemos observar que la mayor disimilitud de comunidades vegetales se encuentra en el Bosque Incendiado y el Pastizal Inducido, y el Bosque Incendiado y el Bosque Mixto, con un valor de similitud baja de 0.05. Los resultados obtenidos del Índice de Similitud de Jaccard para conocer la composición de las especies de macromicetos en cada tipo de vegetación, son los siguientes (Cuadro 2):

<b>Tipos de vegetación</b>	<b>Índice de similitud de Jaccard</b>	<b>Tipos de vegetación</b>	<b>Índice de similitud de Jaccard</b>
BPJ-BP	0.19	BP-PaI	0.05
BPJ-BI	0.10	BP-BM	0.19
BPJ-PaI	0.13	BI-PaI	0.09
BPJ-BM	0.18	BI-BM	0.05
BP-BI	0.07	PaI-BM	0.10

**Cuadro 2.** Resultados de Índice de similitud de Jaccard por tipo de vegetación

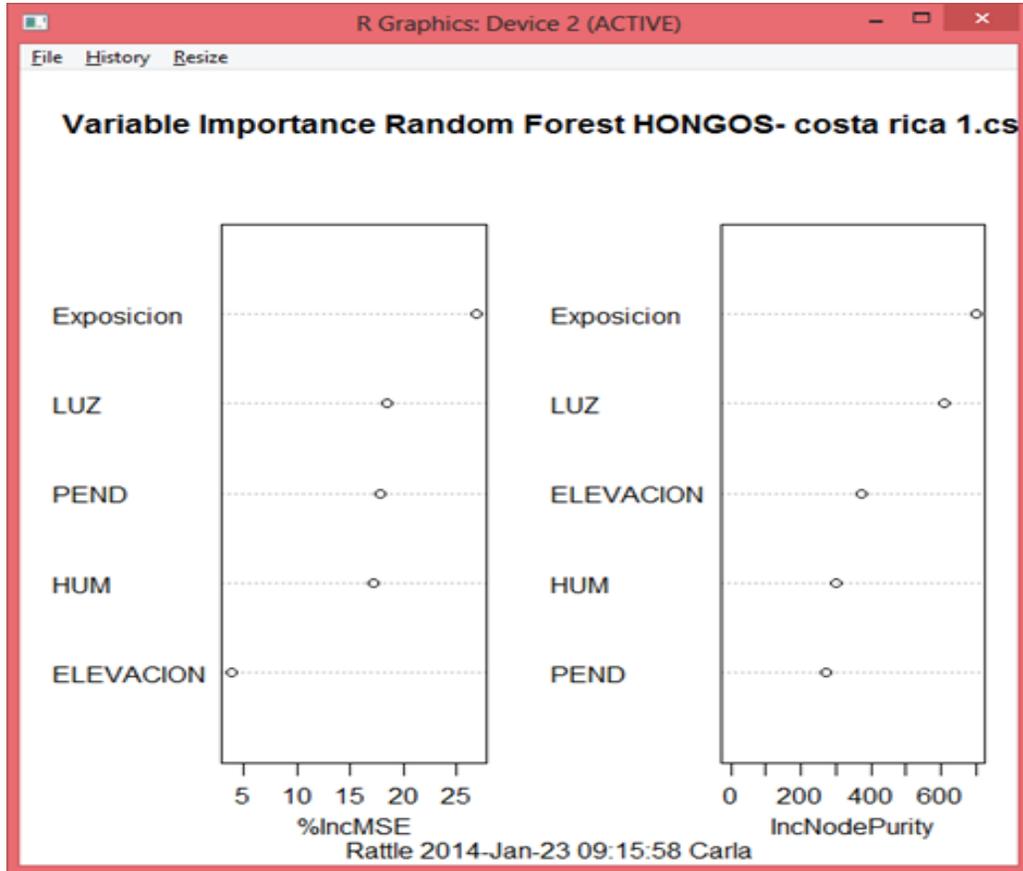
## 3.2 Análisis de las variables físicas

### 3.2.1 Modelo de Random Forest

Como se mencionó anteriormente, se realizó un Modelo Random Forest con cinco variables físicas por cada tipo de vegetación, las cuales fueron: exposición y pendiente del terreno, luminosidad, humedad del suelo y elevación sobre el nivel del mar, esto con el fin de conocer cuáles de estas variables físicas son las más influyentes en la densidad de esporomas. En cada tipo de vegetación se pudieron observar diferentes condiciones (Cuadro 3). Los resultados obtenidos con el análisis de este modelo nos indican que la densidad de los esporomas se encuentra determinada en un 26.91% por la exposición del terreno, seguido por la luz en un 18.48%, la pendiente en un 17.92%, la humedad en un 17.20% y finalmente la elevación del terreno en un 3.89% (Figura 33). Sin embargo, se pudo observar que las condiciones ambientales para que se presente una mayor densidad de esporomas varían según el tipo de vegetación; en el caso de *BPJ* la mayor densidad se presentó a una altitud de 2555 msnm, con exposición este y una pendiente del terreno de 21°, con una luminosidad de 1900, humedad del suelo de 3.5% y un pH de 7.5. En el *BP* la mayor densidad se presentó a una altura de 2459 msnm, con exposición cenital (pendiente de terreno de 0°), con una luminosidad de 1000, humedad de suelo de 3.5% y un pH de 7.5. En el *BI* la mayor densidad se encontró a una altitud de 2500, con una exposición oeste y una pendiente de terreno de 7°, con una luminosidad de 3000, humedad de suelo de 5.5% y un pH de 7.5. Para el *PaI*, las mejores condiciones para la densidad de esporomas se presentó a una altura de 2415 msnm, con una exposición cenital, luminosidad de 3000, humedad de suelo de 7% y un pH de 7.5. Finalmente, para el caso de *BM*, las mejores condiciones se presentaron a 2461 msnm, con una exposición norte y una pendiente de terreno de 20°, con una luminosidad de 2000, una humedad de suelo de 8% y un pH de 7.5.

<b>Variables físicas del Bosque de <i>Pinus-Juniperus</i></b>					
<b>Parcelas</b>	<b>Exposicion</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Luminosidad</b>	<b>Humedad</b>	<b>Elevación</b>
1	oeste	8°	400-500	4-3	2460
2	sureste	35°	1300-1000	5.5-3	2527
3	suroeste	6°	900-3000	5.5-6	2478
4	suroeste	33°	550-3000	5-3	2522
5	oeste	10°	2000-850	5-4.5	2480
6	sureste	15°	3000	7.5-11	2487
7	sur	38°	400-900	4.5	2465
8	este	2°	1800-2000	2-2.5	2539
9	noroeste	8°	600-1500	2.5	2550
10	este	21°	1900-1800	3.5-2.5	2555
<b>Variables físicas del Bosque de <i>Pinus</i></b>					
<b>Parcelas</b>	<b>Exposicion</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Luminocidad</b>	<b>Humedad</b>	<b>Elevación</b>
1	cenital	0°	1000-800	2.5-3.5	2459
2	oeste	7°	700	1.5	2387
3	oeste	2°	1900-1000	2.5-2	2468
4	noroeste	40°	300-850	3-5	2396
5	sureste	38°	2500-3000	6-8	2380
6	norte	3°	1900	2-1.5	2380
7	cenital	0°	1400-3000	2.5-2	2449
8	cenital	0°	1600-1800	2.5-3	2431
9	noroeste	5°	2200-3000	6-2.5	2438
10	norte	30°	1600-3000	3.5-2.5	2401
<b>Variables físicas del Bosque Incendiado</b>					
<b>Parcelas</b>	<b>Exposicion</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Luminocidad</b>	<b>Humedad</b>	<b>Elevación</b>
1	este	18°	2500-200	4.5	2432
2	este	8°	2700-3000	9	2586
3	noroeste	25°	3000	2.5-8.5	2590
4	oeste	7°	3000-1300	5.5-4	2500
5	cenital	0°	3000	5.5-7	2479
<b>Variables físicas del Pastizal Indicido</b>					
<b>Parcelas</b>	<b>Exposicion</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Luminocidad</b>	<b>Humedad</b>	<b>Elevación</b>
1	cenital	0°	850-3000	5.5-9	2401
2	cenital	0°	650-3000	7	2415
3	norte	3°	>3000	5-8.5	2395
4	este	3°	>3000	8.5-9	2444
5	cenital	0°	>3000	10-11	2479
<b>Variables físicas del Bosque Mixto</b>					
<b>Parcelas</b>	<b>Exposicion</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Luminocidad</b>	<b>Humedad</b>	<b>Elevación</b>
1	sur	32°	500-3000	5-8	2467
2	sur	30°	3000-800	2-1.5	2407
3	este	8°	800-950	3.5-2	2366
4	sur	28°	3000-1900	8.5-2.5	2342
5	sur	28°	400-3000	6-7.5	2315
6	noreste	15°	650-1500	6.5-5	2323
7	oeste	40°	>3000	4-1.5	2399
8	norte	45°	650-2000	3	2398
9	norte	60°	1600-800	5-3	2443
10	norte	20°	2000-900	3-8	2461

**Cuadro 3.** Variables físicas de los tipos de vegetación



**Figura 33.** Modelo de Random Forest, relación de densidad de macromicetos y cinco variables físicas

### 3.3 Análisis de la producción

#### 3.3.1 Modelo predictivo de producción (Velasco *et al.*, 2010).

El modelo predictivo obtuvo una  $R^2$  ajustada de 0.0228, lo cual nos indica que este modelo no es representativo para el tipo de vegetación muestreada en San Juanito, Chihuahua a diferencia del realizado en Tlaxcala, México.

#### 3.3.2 Modelo predictivo de producción (Zamora *et al.*, 2009).

Este modelo obtuvo una  $R^2$  ajustada de .096, por lo cual no representa un nivel alto de confiabilidad para los datos analizados, y se llevó a cabo una modificación del modelo obteniendo una  $R^2$  ajustada representativa de 0.8485. Lo cual nos indica que el 84.85% de la variabilidad del peso fresco (variable dependiente) puede ser explicada mediante las variables independientes utilizadas en el modelo de regresión (número de especies de macromicetos encontrados por parcela, peso seco total registrado por parcela (g), número de esporomas encontradas por parcela, elevación sobre el nivel del mar, pendiente del terreno, luz en el ambiente por parcela, humedad del suelo, número de árboles presentes por parcela, volumen de los arboles dentro la parcela) (Figura 34).

Regression Summary for Dependent Variable: Peso fresco (mode R= .92281026 R <sup>2</sup> = .85157878 Adjusted R <sup>2</sup> = .84561809 F(10,249)=142.87 p<0.0000 Std.Error of estimate: 13.101						
N=260	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(249)	p-level
Intercept			100.0381	100.6147	0.99427	0.321057
Veg	-0.024822	0.035799	-0.8312	1.1988	-0.69337	0.488724
Spp	0.023572	0.025457	0.0661	0.0714	0.92597	0.355360
Peso seco	<b>0.906774</b>	<b>0.026155</b>	<b>1.6843</b>	<b>0.0486</b>	<b>34.66938</b>	<b>0.000000</b>
Abundancia	0.025872	0.026187	0.1142	0.1156	0.98797	0.324125
Elevacion	-0.010454	0.035160	-0.0055	0.0186	-0.29734	0.766455
Pendiente	-0.031301	0.029877	-0.0681	0.0650	-1.04766	0.295810
Luz	-0.021787	0.028256	-0.0008	0.0010	-0.77108	0.441392
Hum	-0.000267	0.030701	-0.0044	0.5065	-0.00870	0.993065
No arboles	-0.016247	0.029441	-0.1775	0.3217	-0.55186	0.581537
<b>Volumen arboles</b>	-0.018953	0.026058	-5.2656	7.2395	-0.72734	<b>0.467703</b>

**Figura 34.** Modelo de regresión lineal, relación de peso fresco con algunas variables independientes

## DISCUSION

Según el modelo predictivo realizado (Velasco *et al.*, 2010), las expresiones predictivas generadas confirman la existencia de una relación entre las características de la vegetación y la producción de esporomas, en particular el número total de árboles presentes por parcela, diámetro normal, diámetro de copa y cobertura de los árboles; éste último parámetro también anteriormente reportado por Arteaga y Moreno (2006), dichos autores obtuvieron una relación positiva entre el porcentaje de cobertura de los árboles y la producción de esporomas comestibles en dos rodales de *Pinus sp.* y de *Abies religiosa* ( $R^2$  de 0.91 y 0.70, respectivamente).

Estudios realizados (De la Varga *et al.*, 2011), demuestra que la disponibilidad de la mayoría de las especies de hongos ectomicorrizicos comestibles dependen de su fructificación, y ésta a su vez depende de las características del hábitat y las condiciones climáticas

Por otra parte, el estudio realizado por Pilz y Molina (2005), confirma que la edad del arbolado, la composición y la estructura de la comunidad vegetal tienen una gran influencia sobre la producción de esporomas silvestres, y son elementos que limitan o promueven la densidad y la distribución espacial de los esporomas.

Otro estudio realizado en el centro de España (Fernández *et al.*, 2006), confirma que existe un aumento en la riqueza de las comunidades de hongos conforme aumenta la clase de edad de los árboles, así mismo encontraron que este aumento estaba relacionado al incremento de las especies micorrízicas y saprobias. Por otro lado se pudo observar que la presencia de las especies lignícolas y parásitas fue muy baja, debido probablemente por el manejo forestal.

Otro estudio realizado en España (Ortega *et al.*, 2010), confirma que los esporomas de *Boletus edulis* y *Lactarius deliciosus*, crecen más rápido en bosques con clases de edad menores a los 30 años, así mismo pudieron observar que los esporomas eran 50% más chicos en bosques con clases de edad de 31 a 70 años y mayores a los 70 años.

En cuanto al peso promedio de los esporomas también se pudieron encontrar diferencias significativas entre las clases de edad de los árboles, habiendo mayor producción de esporomas de *Boletus edulis* y *Lactarius deliciosus* en los árboles menores de 30 años (Ortega *et al.*, 2010).

Sin embargo, otro estudio realizado en el norte de España (Martínez *et al.*, 2011), demuestra que la mayor producción de esporomas de *Boletus edulis* se presentó en una clase de edad del arbolado de 51 a 70 años, con un total de 70kg/ha. Y para el caso de *Lactarius deliciosus* la mayor producción de esporomas se presentó en una clase de edad de arbolado de 16 a 30 años con 18 kg/ha.

Por otra parte, existen diferentes especies de hongos ectomicorrícicos los cuales muestran preferencias por distintas condiciones edáficas relacionadas con la humedad, profundidad, presencia de hojarasca, y naturaleza del substrato (Ugalde, 2013).

De Diego (1979), menciona que existe una fuerte influencia ejercida por el clima sobre los macromicetos. La humedad y la temperatura son los factores climáticos más influyentes para el desarrollo de los hongos, dado que se precisa una humedad relativa ambiental superior al 70% para que las esporas germinen y otros factores como la luz, el anhídrido carbónico y el oxígeno son imprescindibles para el desarrollo del esporoma.

## CONCLUSIONES

El estudio realizado en cinco tipos de vegetación en San Juanito, Chihuahua, concluye que el tipo de vegetación más idóneo para la producción de especies de macromicetos es el Bosque de *Pinus*, seguido del Bosque de *Pinus-Juniperus*, dichos ecosistemas poseen un alto índice de biodiversidad y de similitud de especies de macromicetos silvestres. Es importante mencionar que un gran número de las especies de macromicetos encontradas son comestibles y/o micorrícicas, por lo que su valor ecológico, social, y económico es mayor. Por otro lado, los tipos de vegetación Bosque Incendiado y Pastizal Inducido muestran un grado de disturbio que se ve reflejado en la poca productividad y baja diversidad de especies de macromicetos (Índice de Margalef de 2.3 y 1.9 respectivamente). El modelo de regresión lineal realizado con la variable independiente “peso fresco” y las variables dependientes (tipos de vegetación muestreada, número de especies de macromicetos encontrados por parcela, peso seco total registrado por parcela (g), número de esporomas encontradas por parcela, elevación sobre el nivel del mar, pendiente del terreno, luz en el ambiente por parcela, humedad del suelo, número de árboles presentes por parcela, volumen de los arboles dentro la parcela) nos indica con un 84.85% de confiabilidad la predicción de la productividad de hongos en cinco tipos de vegetación de San Juanito, Chihuahua durante el periodo de lluvias de verano. Así mismo, el modelo de Random Forest realizado con 10,000 árboles predictores y cinco variables físicas independientes (exposición, luz, pendiente del terreno, humedad del suelo y elevación sobre nivel del mar), nos indica que el 26.91% de la densidad total de macromicetos se encuentra determinada por la exposición del terreno, seguido de la luminosidad (18.48%). El Bosque de San Juanito se encuentra en condiciones favorables para llevar a cabo un sistema de producción y comercio de hongos comestibles que mejoren la calidad de vida de los habitantes de estas zonas rurales, así mismo dichas prácticas buscarán perpetuar la funcionalidad del bosque. Es importante que al conocimiento etnomicológico se le sumen los conocimientos ecológicos, que permitan la identificación, recolección, consumo, producción y comercio de las especies. El manejo forestal debe adoptar una filosofía que conlleve el uso múltiple de los ecosistemas, el uso sostenible de los recursos forestales maderables y no maderables y la integración de la sociedad de las comunidades rurales forestales en la gestión ambiental.

## LITERATURA CITADA

- Alvarado, C. G. y G. Benítez.** 2009. El enfoque de agroecosistemas como una forma de intervención científica en la recolección de hongos silvestres comestibles. 10(3): 531-539. Universidad Autónoma de Yucatán, México.
- Arteaga, M. B. y Z. C. Moreno.** 2006. Los hongos comestibles silvestres de Santa Catarina del Monte, Estado de México. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 12(2): 125-131.
- Boa, E.** 2005. Los hongos silvestres comestibles. Perspectiva global de su uso e importancia para la población. Productos Forestales No Madereros. Vol. 17. FAO. Roma, Italia.
- Challenger, A., y J. Soberon,** 2008. Los ecosistemas terrestres. En Capital natural de México, Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO. México. (1): 87-108.
- Daily, G. C.** 1997. Nature's Services. Societal Dependence on Natural Ecosystems. Island Press. Washington, DC.
- De Diego, C. F.** 1979. Setas (Hongos). Editorial Mundi-Prensa. México.
- De Frutos, P., P. F. Martínez, Ortega, M. P. y S. Esteban.** 2009. Estimating the social benefits of recreation harvesting of edible wild mushrooms using travel cost methods. Investigación Agraria: Sistemas y recursos forestales. Soria, España. 18(3):235-246.
- De La Varga, H., B. Águeda, Martínez, P. F., J. Parladé y Pera, J.** 2011. Quantification of extraradical soil mycelium and ectomycorrhizal *Boletus edulis* in a Scots pine forest with variable sporocarp productivity. Mycorrhiza. Springer. España.
- Díaz, M. R., R. Valenzuela, Marmolejo, J. G. y A. E. Acosta.** 2009. Taxonomía y sistemática. Hongos degradadores de la madera en el estado de Chihuahua, México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 80 (1).
- Estrada, M. A., G. Guzmán, Cibrián, T. D. y P. R. Ortega.** 2009. Contribución al conocimiento etnomicológico de los hongos comestibles silvestres de mercados regionales y comunidades de la Sierra Nevada, México. INTECIENCIA. 34 (1): 29-31

- Falcón, O. E., M. C. N. Riera, Rodríguez, L. O.** 2013. Efecto de la inoculación de hongos micorrizógenos sobre la producción de posturas forestales en dos tipos de suelo. *Cultivos Tropicales*. 34 (3): 32-39. Cuba.
- FAO.** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2000. Valoración económica de los productos forestales no maderables en unidades de producción familiar de la microcuenca del río supte, Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco.
- Fernández, T. L. M., T. Agreda y Olano, J. M.** 2006. Stand age and sampling year effect on the fungal fruit body community in *Pinus pinaster* forests in central of Spain. *Canadian Journal of Botany*. 84 (8): 1249-1258
- Gaitán, H. R., D. Salmones., Pérez, M. R. y G. Mata.** 2006. Manual práctico de cultivo de setas: Aislamiento, siembra y producción. Instituto de Ecología, A.C. Veracruz, México. 1-5
- García, J., y F. Garza.** 2001. Conocimiento de los hongos de la Familia Boletaceae de México, *Revista Ciencia UANL* Vol. 4 (3): 336-343.
- Garibay, O. R., J. Córdoba, Cifuentes, J., R. Valenzuela, Torres, E. A., y A. Kong.** 2009. Integating wild mushrooms use into a model of sustainable management for indigenous community forests. *Forest Ecology and Management* 258 Pag: 122–131.
- Garibay, O. R., R. M. Martínez y Cifuentes, J.** 2009. Disponibilidad de esporomas de hongos comestibles en los bosques de pino-encino de Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 80: 521-534.
- Garza, O. F., C. González, Carrillo, P. A., L. O. Garza y Quiñonez, M. M.** 2012. Economía en el manejo sustentable de los recursos naturales. Cap. 4: La economía micológica en bosques templados y plantaciones: Un enfoque educativo-productivo para el Desarrollo socioeconómico rural, el manejo sustentable y la conservación de los hongos silvestres comestibles de México. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. Cuerpo académico: Manejo de recursos naturales y sustentabilidad. 77-111.
- González, P. C.** 1992. Capital extranjero en la selva de Chiapas. México, Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Investigaciones Económicas.
- Gutiérrez, I. F., M. M. Zamora, Velasco, B. E., R. Quero, Jiménez, J., R. S. Maya y Martínez, V. J. I.** 2006. Distribución actual y potencial de veinte especies de hongos silvestres comestibles en los bosques de coníferas del estado de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. México, D.F.

- Guzmán, G.** 1971. Some distributional relationships between Mexican and United States mycofloras. *Mycologia*. Published by: Mycological Society of America. 65 (6): 1319-1330
- Guzmán, G.** 1995. La diversidad de hongos en México. Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz. *C ENCIAS*. 39: 52-57
- Guzmán, G.** 1998. Análisis cualitativo y cuantitativo de la diversidad de los hongos en México. La Diversidad Biológica de Iberoamérica *Acta Zoológica Mexicana*. CYTED-D/Instituto de Ecología/Secretaría de Desarrollo Social. Xalapa, Veracruz, México. 2: 111-175.
- Guzmán, G., Mata D., Salmones D., Soto-Velazco C., y Guzmán-Dávalos.** 1993. El cultivo de los hongos comestibles. Con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmas y residuos agro-industriales. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI).** Censo de población de San Juanito, Chihuahua realizado en el 2005.
- Kendrick, B.** 2002. *The Fifth Kingdom*, 3rd edition. Focus Publ., Newburyport, MA.
- Levy, S.** 2004. Ensayos sobre el desarrollo económico y social de México. *Economía*. Fondo de Cultura Económica. Primera edición. México, D.F.
- Luoma, D. L., J. L. Eberhart, Abbott, R., A. Moore, Amaranthus, M. P., y D. Pilz.** 2006. Effects of mushroom harvest technique on subsequent American matsutake production. *Forest Ecology and Management*. Oregon State University, Department of Forest Science, Corvallis. Oregon, U.S.A. 236 (1): 65-75
- Mariaca, M. R., P. L. C. Silva y Castaños, M. C.** 2000. Proceso de recolección y comercialización de hongos comestibles silvestres en el Valle de Toluca, México. Universidad Autónoma del Estado de México. *Ciencia Ergo Sum*. (8): 30- 40
- Martínez, P. F.** 2008. Producción de carpóforos de macromicetes epigeos en masas ordenadas de *Pinus sylvestris* L. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Departamento de Silvopascicultura. Tesis Doctoral.
- Martínez, C. D., M. Sobal, Aguilar, A., M. Navarro, Bonilla, M., y Larqué, S. A.** 1998. Canning technology as an alternative for Management and conservation of wild edible Mushrooms in México. College of Postgraduates in Agricultural Sciences, Campus Puebla, Mushroom Biotechnology. Puebla, Mexico. *Micología Neotropical Aplicada* 11: 35-51.

- Martínez, C. D., S. A. Larqué, Aliphath, M., Aguilar, A., M. Bonilla y W. Martínez, 2000.** La biotecnología de hongos comestibles en la seguridad y soberanía alimentaria de México. II Foro Nacional sobre Seguridad y Soberanía Alimentaria. Academia Mexicana de Ciencias-CONACYT, México, D. F. 193-207. ISBN 968-7428-11-2.
- Martínez, C. D., M. Sobal, P. Morales, Martínez, W., M. Martínez y Mayett, Y. 2004.** Los hongos comestibles: propiedades nutricionales, medicinales y su contribución a la alimentación mexicana. *El Shiitake*. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de Mexico.
- Martínez, C. D., D. Nava, Sobal, M. y Y. Mayett. 2005.** Marketing channels for wild and cultivated edible mushrooms in developing countries: the case of Mexico. 17(2): 9-20.
- Martínez C. D., P. Morales, Sobal, M., M. Bonilla y Martínez, W. 2007.** México ante la globalización en el siglo XXI: El sistema de producción-consumo de los hongos comestibles. Capítulo 6.1, 20 pp. In: El Cultivo de Setas *Pleurotus sp.* en México. ECOSUR-CONACYT, México, D.F. ISBN 978-970-9712-40-7.
- Martínez, P. F., T. Ágreda, Águeda, B., M. P. Ortega y Fernández, T. L. M. 2011.** Edible sporocarp production by age classes in a Scots pine stand in Northern Spain. Mycorrhiza. Springer. España.
- Metzler, S. y V. Metzler. 1992.** Texas Mushrooms. A field guide. University of Texas Press.
- Morcillo, S. M. D. 2000.** Experiencias en el cultivo e introducción en bosque de setas silvestres con valor comercial. Micología forestal y Aplicada. Jornadas sobre la madera y el sector forestal. 153:158
- Morcillo, M. y M. Sánchez. 2000.** Ectomicorrizas: Aplicaciones en restauración del paisaje y cultivo de Hongos comestibles. Micología forestal y Aplicada. Rbla. 08800. Barcelona, España.
- Moreno, C. E. 2001.** Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y Tesis SEA. CYTED, ORCYT/ UNESCO.
- Nieto, I. J. y A. C. Chegwin. 2010.** Influencia del sustrato utilizado para el crecimiento de hongos comestibles sobre sus características nutraceuticas. Revista colombiana de Biotecnología. Universidad Nacional de Colombia. 12(1): 169-178.

**Norma Oficial Mexicana NOM-010-SEMARNAT-1996.** Establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento transporte y almacenamiento de hongos.

**Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.** Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.

**Ortega, M. P. y P. F. Martínez.** 2008. A sampling method for estimating sporocarps production of wild edible mushrooms of social and economic interest. *Investigación Agraria: Sistemas y recursos forestales*. Soria, España. 17(3): 228-237.

**Ortega, M. P., B. Águeda, Fernández, T. L. M. y P. F. Martínez.** 2010. Tree ages influences on the development of edible ectomycorrhizal fungi sporocarps in *Pinus sylvestris* stands. *Mycorrhiza*. Springer. España.

**Pacioni, G.** 1982. Guía de hongos. *Funghi*. Arnoldo Mondadori Editore S.p. A. Ediciones Gijalbo S.A. Barcelona.

**Pera, J. y J. Parladé.** 2005. Inoculación controlada con hongos ectomicorrícicos en la producción de planta destinada a repoblaciones forestales: estado actual en España. Departamento de protección vegetal. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA). Centre de Cabrils, ctra. de Cabrils s/n. 08348 Cabrils. Barcelona. *Invest Agar: Sist Recur For*. 14(3), 419-433

**Pilz, D. y R. Molina.** 2005. Inoculación controlada con hongos ectomicorrícicos en la producción de planta destinada a repoblaciones forestales: estado actual en España. 14(3): 419-433

**Quiñonez, M. M y Garza, O. F.** 2003. Taxonomía, ecología y distribución de los hongos macromicetos de Bosque Modelo, Chihuahua. *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*. 2(1): 63-69.

**Sadler, M.** 2003. Nutritional properties of edible fungi. *Nutritional Bulletin*. 28(3): 305-308.

**Sánchez, M. y M. Morcillo.** 2000. Creación de un jardín micológico. *Micología Forestal y Aplicada*. Barcelona, España.

**Sánchez, F., M. Honrubia y Torres, P.** 2000. Características culturales de algunos hongos ectomicorrícicos en cultivo puro. Departamento de Biología Vegetal (Botánica), Facultad de Biología de la Universidad de Murcia. España. (17): 127-134

- Stefanova, M., A. Leiva, Larrinaga, L. y M. F. Coronado.** 1999. Actividad metabólica de cepas de *Trichoderma sp.* para el control de hongos fitopatógenos del suelo. Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad de Zulia. Departamento de Microbiología, Laboratorio de Bacteriología, Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Maracaibo, Venezuela.
- Trigos, Á. y J. M. Suárez.** 2010. Hacia un desarrollo sostenible del sistema de Producción-Consumo de los hongos comestibles y medicinales en Latinoamérica: Avances y perspectivas del siglo XXI. Capítulo 5. Los hongos como alimentos funcionales y complementos alimenticios. México.
- Ugalde, D.L.C. Y. H.** 2013. Relaciones ecológicas de los macromicetos en diferentes tipos de vegetación presentes en la estación científica “Bosque Escuela”, Iturbide, Nuevo León. Tesis requisito para obtener el grado de Maestría en Ciencias Forestales, Universidad de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales. Nuevo León, México.
- Unidad de Manejo Forestal de San Juanito, A. C. (UMAFOR-UMFSJ).** Clave 08-05. 2010. Estudio Regional de los municipios de Bocoyna, Carichí, Guerrero, Maguarichi, Guachochi, Uruachi, Urique, Nonoava, Cusihuirachi, San Francisco de Borja y Cuauhtémoc. Publicado por CONAFOR, SEMARNAT, Pro Árbol y Gobierno del Estado de Chihuahua.
- Vaquera, H. H., J. L. G. Rodríguez, Pérez, M. J., V. M. A. Cetina y Aldrete, A.** 2006. Caracterización del hongo silvestre ectomicorrízico *Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker et Couch en cultivo y en simbiosis con eucalipto y pino. Revista Agociencia 40: 665-676.
- Velasco, B. E., M. C. M. Zamora, Nieto, P. P. C., J. I.V. M. Martínez y Montoya, A.** 2010. Modelos predictivos de la producción de hongos silvestres comestibles en bosques de coníferas, Tlaxcala, México. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Laboratorio de Sistemática. CICB, Maestría en Ciencias Biológicas. Ixtacuixtla, Tlaxcala. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. Vol. 1. Núm. 1.
- Venturini, M. E., J. E. Reyes, Rivera, C. S., R. Oria, y Blanco, D.** 2011. Microbiological quality and safety of fresh cultivated and wild mushrooms commercialized in Spain. Food microbiology. (8):1492-8
- Zamora, M. M. C., Velasco, B. E., González, H. A., Nieto de Pascual, P. C., Moreno, S. F., Romero, S. M. E. y Flores, G. A.** 2009. Modelos predictivos para la producción de Productos Forestales No Maderables. Hongos. INIFAP. Manual Técnico num.1. CENID-COMEF. <http://www.scribd.com/doc/188463109/7/Generacion-del-modelo-predictivo>