



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS CÓRDOBA

**MAESTRIA EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN
AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE**

**REVALORACIÓN DE LOS HONGOS SILVESTRES
COMESTIBLES DEL BOSQUE MESÓFILO DE
MONTAÑA Y SU IMPORTANCIA EN EL
DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE**

NOEMA ROMÁN ANDRADE

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

MAESTRA EN CIENCIAS

CÓRDOBA, VERACRUZ, MÉXICO

JULIO, 2015

LA PRESENTE TESIS TITULADA, REVALORACIÓN DE LOS HONGOS SILVESTRES COMESTIBLES DEL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA Y SU IMPORTANCIA EN EL DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE, REALIZADA POR LA ALUMNA NOEMA ROMÁN ANDRADE, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR INDICADO, HA SIDO APROBADA POR EL MISMO Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRA EN CIENCIAS
EN INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. JOEL VELASCO VELASCO

DIRECTOR DE



TESIS

DR. JESUS PÉREZ MORENO

ASESORA



DRA. ALEIDA S. HERNÁNDEZ CÁZARES

ASESORA



M.C. NATALIA REAL LUNA

Amatlán, Veracruz, México, Julio 2015

REVALORACIÓN DE LOS HONGOS SILVESTRES COMESTIBLES DEL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA Y SU IMPORTANCIA EN EL DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE

Noema Román Andrade

Colegio de Postgraduados, 2014

RESUMEN

Los hongos comestibles silvestres (HCS) son un recurso forestal no maderable de enorme importancia potencial en la conservación de las regiones forestales, por su importancia nutrimental, económica, social y cultural. Sin embargo, en el caso específico de los bosques mesófilos de montaña de México, existe una escasa valoración de este importante recurso alimentario. El presente trabajo pretende contribuir a la generación de información tendiente a la revaloración de la importancia de los hongos comestibles silvestres de los bosques mesófilos de montaña del Centro de Veracruz y su potencial en el desarrollo forestal sustentable de dicho tipo de vegetación. Se recolectaron especies de HCS en los mercados y áreas naturales de la región de estudio y se seleccionaron 7 especies de gran importancia económica, social y cultural: *Amanita basii*, *A. jacksonii*, *Cantharellus odoratus*, *Hypomyces lactifluorum*, *Lactarius indigo*, *Russula delica* y *Ramaria fennica* para efectuar su análisis bromatológico y nutrimental. El análisis proximal incluyó la determinación de humedad, cenizas, grasas, proteínas, fibra cruda, carbohidratos y aporte calórico; y el análisis nutrimental incluyó la determinación de vitaminas (tiamina, riboflavina, niacina y vitamina C) y minerales (Fe, K, Ca, Na, P y Se), siguiendo las metodologías publicadas por la Norma Oficial Mexicana. Se encontró que las especies de HSC evaluadas son buena fuente de proteínas, carbohidratos y poseen un bajo contenido de grasas, confirmando que el contenido nutricional es similar a otros alimentos como vegetales y carnes. Adicionalmente, algunas especies constituyen una buena fuente del complejo de vitamina B y C, al compararlas con los vegetales, y se encontró que poseen considerables cantidades de algunos minerales. Finalmente, se demostró el potencial de dichos HSC como un componente de innovación alimentaria, al elaborar platillos tradicionales y gourmet. El presente trabajo demuestra que las especies de HSC estudiadas procedentes del bosque mesófilo de montaña, son un alimento funcional con un alto contenido nutrimental y con un enorme potencial para la conservación y el desarrollo forestal sustentable de los bosques mesófilos de montaña.

PALABRAS CLAVE: valor nutricional, análisis proximal, vitaminas, minerales, innovación alimentaria.

REEVALUATION OF EDIBLE WILD MUSHROOMS FROM THE MOIST MONTANE CLOUDY FORESTS AND THEIR IMPORTANCE IN THE SUSTAINABLE FOREST DEVELOPMENT

Noema Román Andrade

Colegio de Postgraduados, 2014

ABSTRACT

The edible wild mushrooms are a non-timber forest resource with great potential relevance in the conservation of forests, due to their economic, social, cultural and nutritious importance. However, in the specific case of the moist montane cloudy forests, there is a scarce valuation of this important food resource. Therefore, the present work aims to contribute to the generation of information related with the revaluation of the importance of the edible wild mushrooms of moist montane cloudy forests from the Central part of Veracruz state and their potential in the sustainable forest development of this type of vegetation. Different species of edible wild mushrooms were harvested and bought in natural areas and markets of the region, respectively. Seven species (*Amanita basii*, *Amanita jacksonii*, *Cantharellus odoratus*, *Hypomyces lactifluorum*, *Lactarius indigo*, *Russula delica* and *Ramaria fennica*) were selected for their proximal and nutritional analysis, due to their great economic, social and cultural importance. The proximal analysis included the determination of water contents, ashes, fats, proteins, crude fiber, carbohydrates and caloric value; and the nutritional analysis included the determination of vitamins (thiamine, riboflavin, niacin and vitamin C) and minerals (Fe, K, Ca, Na, P y Se), according to the Mexican Official Norms. It was found that the evaluated species of edible wild mushrooms are an important source of proteins, carbohydrates and that they have a low fat content, confirming their importance compared with other foods as vegetables or meat. In addition, some of the studied species are a good source of vitamin B and C, when compared with other vegetables; other evaluated mushrooms were an excellent source of some minerals. Finally, the potential of edible wild mushrooms as a component of food innovation, by preparing traditional and gourmet dishes containing these wild mushrooms as main ingredients was demonstrated. The present work demonstrates that the evaluated species of edible wild mushrooms from the moist montane cloudy forests are a functional food with good nutrient contents and that these edible wild mushrooms have a great potential in the conservation and sustainable development of the moist montane cloudy forests.

KEY WORDS: nutritional value, proximal analysis, vitamins, minerals, food innovation.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT), por el otorgamiento de la beca que me permitió realizar los estudios de la Maestría en Ciencias.

Al Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, por la oportunidad que me brindo al permitirme participar como primera generación del nuevo postgrado que estaban ofreciendo.

Al Dr. Joel Velasco Velasco, quien hizo éste camino aprendiendo al par mío y orientándome, apoyándome con las herramientas y consejos necesarios para el desarrollo de la investigación.

Al Dr. Jesús Pérez Moreno, por compartir de sus conocimientos y animando en todo momento cuando me encontraba en circunstancias poco alentadoras, por su apoyo incondicional y consejos brindados, así como el apoyo económico brindado a la investigación.

A la Dra. Aleida S. Hernández Cázares, por su apoyo y comentarios acertados en el proyecto.

A la M.C. Natalia Luna Real, por compartir sus conocimientos químicos y permitirme el acceso a laboratorios cuando fue necesario.

Agradezco a las personas que me brindaron todo su apoyo en colectas, búsqueda de hongo en mercados: Dra. Magdalena Martínez Reyes y Horacio Alvarado Lara, quienes me apoyaron en trabajos de laboratorio, acompañándome sin importar que fuera día de descanso, cuando debían estar con sus familias, a las familias de cada uno de ellos por su comprensión y permitirme compartir también con ellos.

Esta tesis formó parte del proyecto CONACyT 2014-
Proyectos de Desarrollo Científico para atender Problemas
Nacionales-246674 “*Biotecnologías de los hongos
comestibles ectomicorrízicos y su impacto en la mitigación
del cambio climático y desarrollo forestal sustentable*”
dirigido por el Dr. Jesús Pérez-Moreno.

DEDICATORIAS

A mi padre y a mi madre (QEPD), quienes siempre han apoyado las decisiones que he tomado en la vida y enseñado que las oportunidades deben tomarse cuando se presentan, puesto que ellas pasan por algo.

A mis hermanos y hermana, quienes me han dado el apoyo moral cuando lo he necesitado, así como su comprensión, porque a pesar de estar cerca no estaba tan disponible y compartiendo como siempre lo hemos hecho.

A mi familia, quienes han estado pendientes y apoyándome incondicionalmente cuando los necesito.

A mis compañeros de maestría, quienes compartieron de sus conocimientos y me apoyaron cuando necesité de ellos, y por compartir experiencias personales que nos unieron de manera especial.

Y principalmente a DIOS, quien ilumino los caminos difíciles y aclaró mi mente cuando estaba a punto de darme por vencida, dándome el valor para seguir adelante.

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II.OBJETIVOS E HIPOTESIS	3
2.1 Objetivo General	3
2.2Objetivos particulares	3
2.3 Hipótesis	3
III.REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 Bosque mesófilo de montaña (BMM)	4
3.2 Importancia de los productos forestales no maderables	5
3.3 Hongos silvestres comestibles.....	5
3.3.1 Recolección de hongos silvestres comestibles.....	6
3.3.2 Caracterización e identificación de los hongos.....	6
3.3.3 Clasificación de los hongos	13
3.4 Propiedades nutricionales y funcionales.....	18
3.4.1 Propiedades nutricionales	19
3.4.2 Minerales	23
3.4.3. Vitaminas	25
3.4.4 Propiedades funcionales	27
3.5. Literatura citada.....	28
IV. LOS HONGOS SILVESTRES COMESTIBLES DEL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA: UN RECURSO FORESTAL NO MADERABLE ALTAMENTE NUTRITIVO	33
4.1 Resumen.....	33
4.2 Introducción	34
4.3 Materiales y Métodos	35
4.3.1 Región de estudio.....	35
4.3.2 Análisis proximal, vitaminas y minerales.	36
4.4 Resultados y discusión.....	37
4.4.1 Especies de mayor abundancia y preferencia.	37
4.4.2 Composición nutrimental	38
4.4.3 Vitaminas	41
4.4.4 Composición de minerales.....	43
4.5 Conclusiones	46
4.6 Literatura citada.....	47

V. RECETARIO DE HONGOS SILVESTRES COMESTIBLES DEL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA: PLATILLOS TRADICIONALES Y GOURMET 51

5.1 Recetas con <i>Amanita jacksonii</i>	51
“Hongos al vapor” (6 pax “personas a la mesa”)	51
“Hamburguesas vegetarianas” (6 pax).....	52
5.2 Recetas con <i>Amanita basii</i>	53
“Hongos al ajillo” (6 pax)	53
“Empanadas fritas” (10 a 12 piezas).....	54
5.3 Recetas con <i>Lactarius indigo</i>	55
Costillas en salsa verde con “hongo azul” (4 pax)	55
Pechuga de pollo rellena en salsa de vino blanco, queso y “hongo azul” (4 pax).....	56
5.4 Recetas con <i>Hypomyces lactifluorum</i>	57
Tescmole de pollo y bolitas de masa con hongo “trompa de cochino” (4 pax)	58
Pasta a la parmesana con “trompa de cochino” (4 pax)	59
5.5 Recetas con <i>Cantharellus odoratus</i>	60
“Hongos de encino” salteados con chile de cera (4 pax)	60
“Hongos de encino” en mezcla de salsas (6 pax)	61
5.6 Recetas con <i>Ramaria fennica</i>	62
“Hongo escobeta” con huevo (4 pax)	62
Emparedado rústico de “hongo escobetilla” (4 pax)	63
5.7 Recetas con <i>Russula delica</i>	64
“Hongos blancos” asados (6 pax)	64
Ensalada fresca con “hongo blanco” (4 pax).....	65
IV. CONCLUSIONES GENERALES.....	66
ANEXO 1	67
Comparación del contenido de humedad, cenizas, grasas, proteínas fibras, carbohidratos y aporte calórico nutrimental de diversos hongos silvestres.	67
ANEXO 2	71
Comparación del contenido de algunos minerales en diversos hongos comestibles.	71
ANEXO 3	74
Comparación del contenido de algunas vitaminas en diversos hongos comestibles.	74

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de Basidiomicetos.	15
Cuadro 2. Clasificación de ascomicetos.	18
Cuadro 3. Contenido nutrimental de especies de hongos comestibles de recolección.....	19
Cuadro 4. Especies de hongos comestibles silvestres de mayor abundancia y preferencia en las regiones con bosque mesófilo de montaña en el centro del estado de Veracruz, México.....	38
Cuadro 5. Composición proximal de las especies de hongos comestibles silvestres de mayor abundancia y preferencia en las regiones con bosque mesófilo de montaña en el centro del estado de Veracruz, México.	42
Cuadro 6. Contenido de vitaminas de las especies de hongos comestibles silvestres de mayor abundancia y preferencia en las regiones con bosque mesófilo de montaña en el centro del estado de Veracruz, México.	44
Cuadro 7. Contenido de minerales de las especies de hongos comestibles silvestres de mayor abundancia y preferencia en las regiones con bosque mesófilo de montaña en el centro del estado de Veracruz, México.	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología del píleo.....	9
Figura 2. Ornamentaciones del sombrero.	9
Figura 3. Bordes del sombrero..	10
Figura 4. Himenóforo interno.....	10
Figura 5. Himenóforo externo.	11
Figura 6. Tipos de himenóforos.....	11
Figura 7. Tipos de láminas.	11
Figura 8. Formas de pie o estípites.....	12
Figura 9. Superficie del pie	12
Figura 10. Formas de las esporas.....	13
Figura 11. El bosque mesófilo de montaña y sus hongos comestibles silvestres.....	39
Figura 12. Hongos al vapor.	51
Figura 13. Hamburguesas vegetarianas.	52
Figura 14. Hongos al ajillo.	54
Figura 15. Empanadas fritas.	55
Figura 16. Costillas en salsa verde con hongo azul.	56
Figura 17. Pechuga de pollo rellena en salsa de vino blanco, queso y hongo azul.	57

Figura 18. Tescmole de Pollo y bolitas de masa con “trompa de cochino”.....	58
Figura 19. Pasta a la Parmesana con “trompa de cochino”.....	59
Figura 20. Hongos de encino salteados con chile de cera.....	60
Figura 21. Hongos de encino en mezcla de salsas.....	61
Figura 22. “Hongo escobeta” con huevo.....	62
Figura 23. Emparedado rústico de “hongo escobeta”.....	63
Figura 24. “Hongos blancos” asados.....	64
Figura 25. Ensalada fresca con “hongo blanco”.....	65

I. INTRODUCCIÓN

Los hongos comestibles tienen sus registros en México desde 1933 (Martínez-Carrera *et al.*, 2000) en las cercanías de Texcoco, aunque en el país el consumo de hongos comestibles es ancestral, y data al menos de épocas prehispánicas (Pérez-Moreno, 2010). El país es en la actualidad un importante reservorio genético a nivel internacional de hongos comestibles, medicinales y enteógenos. En México, el desarrollo de la producción de hongos comestibles ha originado beneficios importantes de tipo económico, situándose como el país latinoamericano con mayor producción, convirtiéndose en un país exportador de hongos comestibles a Europa y Asia, principalmente.

Los hongos tienen gran importancia ecológica, lo cual resulta contrastante con su relativamente pequeño tamaño; además, constituyen un elemento crucial desde el punto de vista ecológico, económico, social y cultural en la conservación y sustentabilidad forestal, considerando que México se ha clasificado entre los países mega diversos; por si solo el país posee 10% de las especies conocidas de plantas y animales, y junto con otros 12 países el 80% de la biodiversidad del planeta (Mittermeier y Goettsch, 1992; CONABIO, 2010). Existe en el país un profundo conocimiento tradicional de los hongos silvestres comestibles, los cuales tradicionalmente se han utilizado en la dieta cotidiana de miles de personas. Sin embargo, es hasta mediados de la década de los 1980's cuando inicia la investigación formal en el país relacionada con la producción comercial de especies de hongos comestibles silvestres mexicanos. Sin embargo, la mayor parte de la investigación en términos generales se ha centrado en especies templadas, mientras que la investigación formal básica, y principalmente aplicada, de los hongos comestibles silvestres del bosque mesófilo de montaña de México ha sido relativamente escasa.

En la actualidad el consumo de hongos en algunas comunidades rurales ha disminuido (Ruan-Soto *et al.*, 2009), a pesar de su enorme importancia nutricional y como alimentos funcionales. Si bien los constantes cambios en las preferencias alimenticias, demandan alimentos con altas propiedades nutrimentales, bajos en grasas, sin colesterol y con excelentes propiedades funcionales. Los hongos comestibles cumplen con todas las características antes mencionadas, por lo que la generación de información científica relacionada con las especies de importancia

cultural, económica y social en el bosque mesófilo de montaña es una excelente oportunidad para revalorar su consumo. Esta investigación se enmarca además en la utilización sostenible de productos forestales no maderables tendientes a la conservación de los bosques, tendencia importante a nivel internacional, mismo que ha recibido escasa atención en México.

II. OBJETIVOS E HIPOTESIS

2.1 Objetivo General

Revalorizar el uso de los hongos silvestres comestibles del bosque mesófilo de montaña mediante la evaluación de su contenido bromatológico, nutricional, así como su potencial como un recurso forestal no maderable de importancia en el desarrollo forestal sustentable.

2.2 Objetivos particulares

- Seleccionar e identificar las especies de hongos silvestres comestibles de importancia económica, social y cultural, mediante la recolección en mercados y áreas naturales del bosque mesófilo de montaña de la zona centro del estado de Veracruz.
- Efectuar un análisis proximal (incluyendo determinación de humedad, cenizas, grasas, proteína, fibra cruda, carbohidratos y aporte calórico) y nutricional (incluyendo determinación de las vitaminas, tiamina, riboflavina, niacina y vitamina C, y de los minerales Fe, K, Ca, Na, P y Se) de las especies de hongos silvestres comestibles del bosque mesófilo de montaña del Centro del estado de Veracruz.
- Describir y proponer recetas tradicionales y gourmet, respectivamente, que incluyan hongos comestibles silvestres del bosque mesófilo de montaña.

2.3 Hipótesis

En el bosque mesófilo de montaña, existen especies de hongos silvestres comestibles con alto valor nutricional y con potencial de uso en el manejo forestal sustentable de dicho tipo de vegetación.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Bosque mesófilo de montaña (BMM)

El bosque mesófilo de montaña se caracteriza principalmente por la presencia constante de nubes a nivel de la vegetación, importancia ecológica de este ecosistema, por lo que se le conoce con el nombre de “bosque de niebla”, “bosque nebuloso”, “bosque nublado” o “selva nublada”. Dicho tipo de vegetación se ubica en altitudes entre 800 y 2,400 msnm, con lluvias abundantes y vientos húmedos, con temperatura media anual entre 12 y 23 °C, aunque en invierno la temperatura puede descender debajo de los 0 °C (CONABIO, 2010).

En México, este bosque se identifica por la presencia de árboles caducifolios de clima templado como encinos (*Quercus*), hayas (*Fagus*) y pinos (*Pinus*), mientras el sotobosque se conforma por especies tropicales perennifolias como arbustos de las familias Acanthaceae, Rubiaceae y Myrsinaceae. A pesar de que el país cuenta con menos de 1% de su territorio de BMM, es el ecosistema en el que se encuentra la mayor diversidad de especies de flora y fauna en relación a su área (Challenger, 2008); encontrándose helechos arborescentes, abundancia de epífitas como bromelias o tencho, helechos, orquídeas y musgo, fauna representativa como el quetzal y el pavón (ambos en peligro de extinción), el hocofaisán que se encuentra en amenaza y varias especies de colibríes.

Por otro lado, los BMM son una fuente importante de productos forestales no maderables con diversos fines, donde también se puede encontrar variedades silvestres de muchas especies de plantas cultivadas como papa, tomate y frijol. Los BMM son reconocidos también como sistemas prioritarios para la conservación, ya que son importantes en el mantenimiento de los ciclos hidrológicos (Hamilton *et al.*, 1995) dado que capturan la precipitación horizontal de las nubes impulsadas por el viento, lo que resulta en un incremento de agua al sistema.

Es importante mencionar que la explosión demográfica, la tala clandestina, el cultivo del café, la ganadería y la agricultura de temporal muchas veces seminómada, han causado en las últimas décadas la disminución drástica de su extensión. En 1971 ocupaba un área de 1, 716, 110 ha, 0.86% de la superficie del país, y en 1991 sólo se registraron 142,371 ha que representaron tan solo el 0.07% del territorio mexicano. Situación preocupante ya que durante estos 20 años, el

área ocupada por el BMM se redujo a una décima parte (8.3%) a una tasa promedio de 78,687 ha por año (Ortega *et al.*, 1996), por lo que es necesario la promoción social de su importancia ecológica, económica y ambiental, así como la generación de información científica relacionada con uno de los ecosistemas más vulnerables del planeta.

3.2 Importancia de los productos forestales no maderables

Los productos forestales no maderables son particularmente importantes para aquellas comunidades con un nivel de vida cercano al de subsistencia y sin o con poco acceso a los mercados. El bosque produce una amplia variedad de plantas y animales utilizados en la vida tradicional y campesina (FAO, 1995). Desde alimentos que complementan la dieta o generan pequeños ingresos de efectivo incluyendo: hongos, nueces, raíces, hojas y animales para caza; plantas medicinales y especies utilizadas tanto en forma doméstica o para venderse en los mercados locales; materiales para utensilios domésticos y para la construcción incluyendo: maderas para muebles, viviendas y materiales para techos y pisos; combustible para cocinar y para empresas de pequeña escala; extracción comercial de chicle y resinas en áreas limitadas de México; hasta los principales productos forestales no maderables: la palmilla (se utiliza para la extracción de jugos y obtención de espumantes en la industria gaseosa), candelilla (de la que se obtiene una cera, para la industria de cosméticos), orégano (utilizada como condimento alimenticio principalmente), lechuguilla (se utiliza como materia prima para fabricar diversos productos), palma camedor (con fin ornamental), barbasco (planta herbácea de uso farmacéutico), hongo blanco de pino y resina de pino.

3.3 Hongos silvestres comestibles

Los hongos son organismos muy comunes en la naturaleza, puesto que viven en todos los ambientes (Guzmán *et al.*, 1993). Los hongos comestibles han sido apreciados tradicionalmente en nuestro país, por su sabor y aroma además de su valor económico y ecológico, tienen una composición química que los hace atractivos desde el punto de vista nutricional, en general contienen 90% de agua y 10% de materia seca, entre 27 y 48 % de proteína y cerca de 60% de carbohidratos y del 2 al 8% de lípidos (Sánchez, 2004).

3.3.1 Recolección de hongos silvestres comestibles

Para llevar a cabo una buena recolección de hongos es necesario seguir algunos pasos: tomar nota del sustrato, cuando sea posible anotar datos sobre la vegetación que rodea el espécimen (lugar de crecimiento), tomar fotografías de los hongos, tomar información de la especie encontrada o color del hongo (sombrero y estípite), presencia de volva, sitio de colecta y fecha, utilizar navaja para remover el hongo introduciendo la cuchilla unos cuantos centímetros debajo de la base del hongo para no cortar el estípite y la volva, cuando ésta está presente, ya que muchas especies mortales la contienen, además de un anillo en el pie y láminas blancas debajo del sombrero (García-Rollan, 1973).

Además de remover el hongo con una porción pequeña de sustrato en su base, y coleccionar la mayor cantidad posible cuidando la maduración de los hongos, para luego colocarlos en bolsas de papel o papel encerado (nunca en bolsas de plástico), y cerrar con cuidado para no dañar la muestra, finalmente colocar las bolsas dentro de una canasta ancha y poco profunda para evitar amontonar los hongos que se van colectando, y que sea adecuada para el traslado al laboratorio o área de trabajo (Cifuentes *et al.*, 1986; INBio, 2009); además es recomendable no mezclar las especies para evitar contaminaciones. De preferencia las colectas deben llevarse a cabo por las mañanas.

3.3.2 Caracterización e identificación de los hongos

Dada la variedad de hongos existentes en los bosques y la similitud entre algunas especies, es conveniente efectuar la identificación y caracterización de cada una de ellas siguiendo algunas metodologías específicas y de ser posible con la guía de un experto.

Caracterización. Los hongos en general poseen características muy particulares: a) son eucariotas, ya que poseen células delimitadas por una membrana plasmática, que contiene un núcleo en donde se encuentra el material genético; b) son diferentes a las plantas puesto que no elaboran su propio alimento mediante la fotosíntesis (INBio, 1996); c) además contienen quitina, carbohidrato que forma parte de las paredes celulares de los hongos.

Existen especies con diferentes formas (paraguas, esferas, copas), tamaños y colores. Cabe mencionar que dentro de sus características sensoriales en la mayoría de las especies se puede observar un olor específico por la que pueden ser identificados, sin embargo algunas no presentan olor o éste es casi imperceptible. Adicionalmente poseen una gran variedad de sabores, incluyendo algunos muy distintivos y fuertes. Los hongos poseen una estructura somática, constituido por hifas, y otra reproductiva denominada esporoma.

Los macromicetos están formados por filamentos con aspecto de hilos, denominados hifas (elementos compactados, son las que le dan las formas y colores característicos a cada especie). El entramado de todas las hifas que forma el cuerpo de un hongo es lo que llamamos micelio (que generalmente no se ve ya que está bajo la superficie del suelo), éste crece lenta y continuamente, y con las condiciones adecuadas, dará lugar al esporoma, que al inicio será ovoide o esférico y al desarrollarse formara un hongo que producirá esporas (García-Rollan, 2006). El micelio a pesar de su similitud con las raíces de las plantas, es en esencia una estructura muy diferente, dado que constituye el cuerpo, o fase somática, de los hongos, mientras la raíz es solo una parte de la planta.

En este sentido, la propagación de los hongos se lleva a cabo por medio de las esporas; la capa de células que las produce se encuentra en una zona denominada himenóforo (láminas, poros o dientes existentes en la parte inferior del denominado “sombrero” o píleo), en las láminas las esporas se forman en unas áreas exteriores de unas células llamadas basidios y a los hongos que las contienen se les llama basidiomicetos. En otros hongos las esporas se dan en el interior de células cilíndricas que se llaman ascas y se les denomina ascomicetos.

Es en los hongos maduros en los cuales las esporas caen en gran cantidad y éstas son transportadas por el viento, el agua o los insectos, y debido a su tamaño microscópico y bajo peso, algunas de ellas germinarán dando lugar a un filamento que se divide y ramifica repetidamente formando un micelio primario (fase provisional del hongo y haploide), y cuando se encuentran dos micelios primarios correspondientes a esporas de la misma especie que sean compatibles, se unen y forman un micelio secundario, denominado diploide, que será capaz de

crecer y posteriormente producirá nuevos hongos y de esa forma continuará el ciclo biológico (Audesirk *et al.*, 2003).

Los hongos al no contener clorofila como las plantas no pueden aprovechar las sales minerales de sustrato donde crecen para fabricar su propio alimento; es decir, son organismos heterótrofos, por lo tanto la mayor parte de sus alimentos la recibe de otras fuentes tales como la materia orgánica. Su translocación nutrimental, la efectúan a través de absorción de minerales en las paredes de sus células o degradación de la materia orgánica liberando exoenzimas.

Los hongos por su tipo de alimentación se pueden clasificar en 3 grupos: los saprófitos, que se nutren de la descomposición de la materia orgánica muerta e inerte, los parásitos, que viven a expensas de otros seres y los simbioses, que se asocian a otros seres vivos siendo beneficiados ambos organismos, siendo la simbiosis más frecuente la que desarrollan el micelio de los hongos con las raíces de las plantas, a la cual se le conoce como simbiosis micorrízica. Cabe mencionar que gran parte de los hongos son saprófitos (Audesirk *et al.*, 2003).

Existen dos grupos taxonómicos de los hongos comestibles: los basidiomicetos, en donde se encuentran las setas, los grupos de hongos y los boletos; y los ascomicetos que incluyen los hongos colmenilla y las trufas.

Identificación. Los métodos de identificación de macromicetos se llevan a cabo mediante las técnicas convencionales de micología, resumidas por ejemplo en Largent (1973) y Largent *et al.* (1977). Éstas consisten en el examen microscópico de caracteres tales como: tamaño, forma y color de las esporas, basidios, cistidios e hifas. De éste modo se identifica el género o especie fúngica. Adicionalmente, es posible efectuar observaciones microscópicas en los tubos filamentosos del micelio denominados hifas, los tipos de anastomosis, las paredes perforadas, o septos que dividen las hifas en células que contienen uno o dos núcleos, las fíbulas o “clamp-connections”. También se pueden obtener claves visuales de fotografías de las guías de campo además de las descripciones ya escritas, así como también usando un conocimiento local, basado en la evidencia empírica que se va dando de padres o abuelos a las siguientes generaciones (Boa, 2005; Grünert, 2003).

Estructura de los hongos. La forma y aspecto de los hongos no es suficiente en sí misma para una adecuada identificación, ya que muchas especies comparten aspecto y tonalidad, además de que su color tamaño y forma pueden variar con la edad las condiciones climáticas y otros factores (García-Rollán, 2006). Sin embargo, es importante su registro para una identificación.

El tamaño del sombrero varía durante el desarrollo del esporoma, muchas especies inician de forma esférica, luego se abren y aplanan y algunas veces hasta se hunden en el centro (Figura 1).

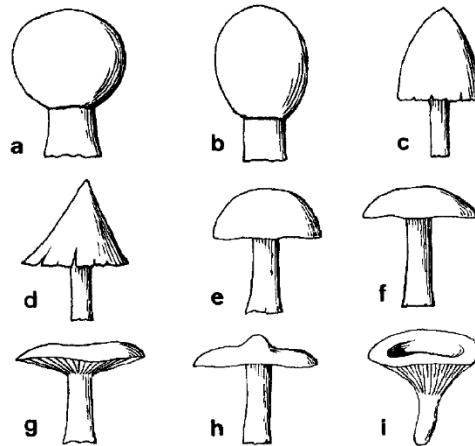


Figura 1. Morfología del píleo. a) globoso; b) ovoide; c) acampanado; d) cónico; e) hemisférico; f) convexo; g) aplanado; h) mamelonado; i) infundibuliforme o en forma de embudo (García-Rollán, 2006).

La superficie del sombrero, está cubierta por una fina capa de células, denominada cutícula, que puede ser lisa, brillante o mate, seca al tacto o suave y húmeda, en ella se pueden observar diversos detalles e incluso ornamentaciones (Figura 2), estar cubierta de pelos que le dan aspecto aterciopelado o tener escamillas o restos membranosos.

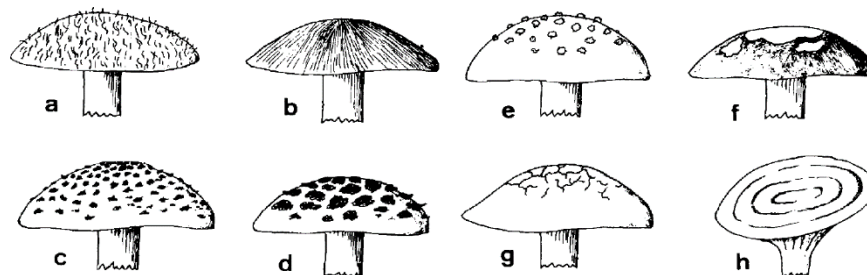


Figura 2. Ornamentaciones del sombrero. a) hirsuto; b) fibriloso; c) y d) escamoso; e) con verrugas; f) con restos membranosos; g) agrietado o cuarteado; y h) zonado (con áreas concéntricas) (García-Rollán, 2006).

El borde del sombrero puede presentar detalles de importancia para la identificación: puede ser fino o grueso, saliente, desflechado o liso, como se puede observar en la Figura 3.

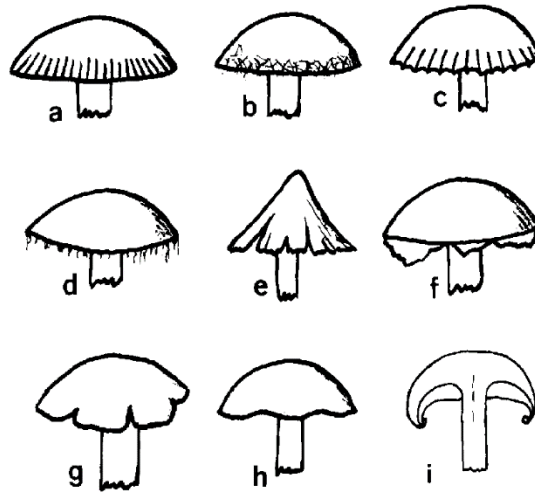


Figura 3. Bordes del sombrero. a) estriado; b) lanoso; c) aserrado; d) desflechado con restos de cortina; e) rajado; f) con jirones de anillo; g) lobulado; h) ondulado; i) involuto (García-Rollán, 2006).

Las especies de hongos se distinguen por la variedad de colores, que puede variar en tono e intensidad aún en la misma especie, determinadas por factores como el grado de madurez o condiciones ambientales. El color externo del sombrero no siempre coincide con el del contexto interno, por lo que se debe poner atención en ello.

El himenóforo antes mencionado, puede ser interno, formándose las esporas en el interior del esporoma, que saldrán al exterior al abrirse un orificio (Figura 4), o externo sobre el esporoma (Figura 5).

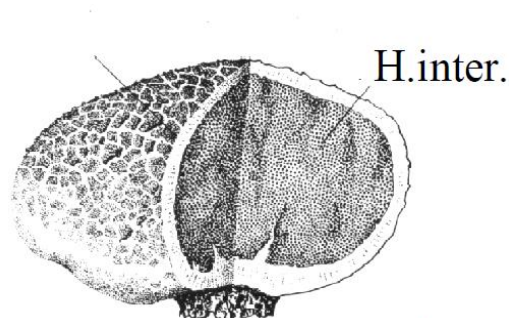


Figura 4. Himenóforo interno (Grünert, 2003).

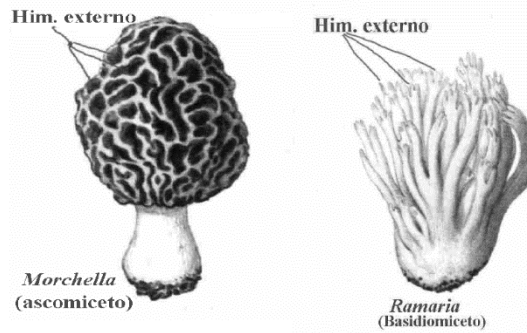


Figura 5. Himenóforo externo (Grünert, 2003).

En la mayoría de los basidiomicetos, con morfología de pie y sombrero, el himenóforo se encuentra externamente y bajo el sombrero, y puede ser de varios tipos, presentando poros, venas, dientes o láminas (Figura 6). Cuando existen láminas se deben observar algunos detalles ya que pueden ser todas las láminas iguales o distintas longitudes, distantes o apretadas, sencillas o bifurcadas como se puede observar en la Figura 7.

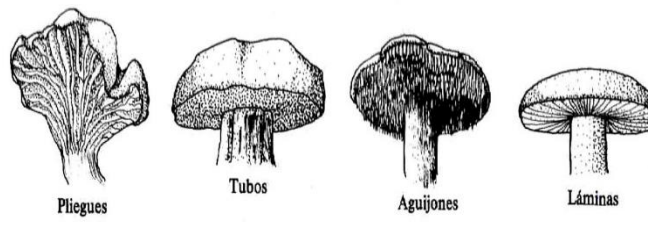


Figura 6. Tipos de himenóforos (Rodríguez *et al.*, 1999).

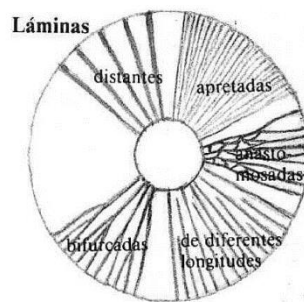


Figura 7. Tipos de láminas (Rodríguez *et al.*, 1999).

Es importante observar en las láminas el espesor, así como sus bordes que pueden ser arqueados, convexos, denticulados (filo aserado), rectos; en cuanto al color en algunas especies cambia con la edad y la maduración de las esporas, ya que esta maduración no se da de forma homogénea.

Otro aspecto importante es la relacion de las láminas con el pie, en cómo se únen, y la manera para poder observar éste carácter es cortando el hongo por mitad en sentido vertical, y al describirlas pueden ser separadas o distantes cuando están distanciadas del pie; libres cuando están cerca del pie pero sin tocarlo; adherentes cuando están en contacto y unidas al pie o estípite; escotadas cuando presentan una depresion antes de unirse al pie (Rodríguez *et al.*, 1999).

Cuando el himenóforo está constituido por tubos y poros, es decir una capa de tubos pegados unos a otros y los poros constituyen el extremo inferior de los tubos y pueden ser grandes o pequeños, circulares o irregulares.

Con respecto al pie o estípite la morfología puede variar aún en la misma especie, aunque algunas especies tienen formas en el estípite muy característico (Figura 8), la superficie al igual que el sombrero puede presentar diferentes ornamentaciones (Figura 9).

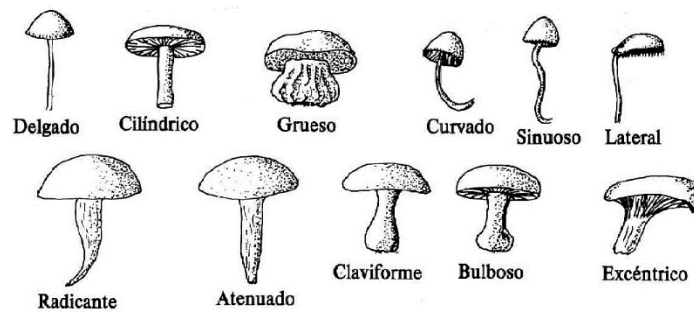


Figura 8. Formas de pie o estípite (Rodríguez *et al.*, 1999).

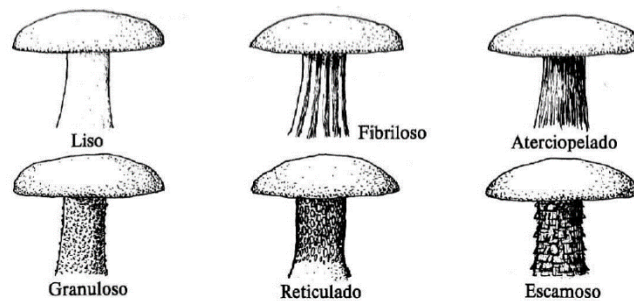


Figura 9. Superficie del pie (Rodríguez *et al.* 1999).

En el pie como en el sombrero se deben observar el color externo como también el interno del contexto. Con respecto a la esporada dado que las esporas son individuales, y de tamaño microscópico, en masa forman un polvillo al que se le denomina esporada, y que se puede observar a simple vista, su color es importante en la identificación, por ejemplo en hongos que crecen en grupo se puede observar la esporada en hongos adultos que manchan el sombrero de los que se encuentran abajo (Rodríguez *et al.*, 1999). Las esporas vistas en el microscopio presenta formas y tamaños característicos para las especies, pueden presentar formas desde ovoides, lisas, con verrugas, etc. (Figura 10). Cabe destacar, que las características antes mencionadas son muy importantes para una identificación adecuada.

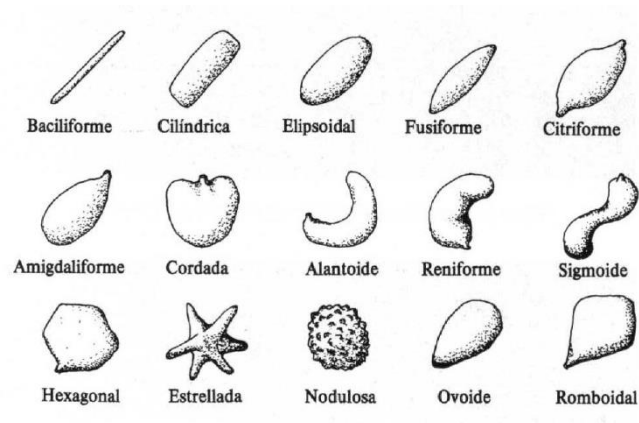


Figura 10. Formas de las esporas (Rodríguez *et al.*, 1999).

3.3.3 Clasificación de los hongos

Los criterios con los cuales se clasifican los hongos jerárquicamente son: reino, divisiones, clases, órdenes, familias, géneros y especies aunque no existe una clasificación definitiva y aceptada por todos, dado que la nueva clasificación cuenta las características microscópicas, igualmente los últimos trabajos sobre biología molecular han provocado grandes cambios a la taxonomía de los hongos (Bon, 2005).

Como todos los seres vivos, los hongos se nombran de acuerdo con la nomenclatura de Linneo. A los hongos se les nombra en primer lugar con el nombre del género al que pertenece y en segundo lugar por su especie. El nombre científico es importante porque éste es universal; además, sitúa a un individuo en una clasificación donde se le atribuyen características concretas.

Por lo tanto, el Reino de los hongos es el Fungi, y las dos grandes clases en las que se ubican a los hongos macromicetos con rango de división son: Basidiomicetos (Cuadro 1) y Ascomicetos (Cuadro 2). Siendo en la primera división donde se concentran la mayor parte de hongos, y a su vez se subdivide en dos clases los homobasidiomicetos y los heterobasidiomicetos. En los homobasidiomicetos se encuentran la mayor parte de los hongos productores de esporomas, y se divide a su vez en los órdenes: Boletales, Agaricales, Russulales, Aphyllophorales (Afiloforales) y Gasterales.

El orden Boletales se conforma por hongos que tienen pie y sombrero e himenio, está formado por tubos y poros separables del contexto del píleo. En este orden no existen especies mortales y algunas son excelentes comestibles. Dentro de ellos se incluyen especies de los géneros *Boletus*, muy cotizadas internacionalmente; *Suillus*, frecuentes en pinares lucenses; y *Xerocomus* y *Leccinum*: más difíciles de diferenciar entre sí.

En el orden Agaricales¹ se encuentra una gran diversidad de especies incluyendo miembros del género *Amanita* que se caracteriza por la presencia de anillo, presencia de restos de velo general y láminas libres, con esporada blanca; es un género importante porque contiene a las principales especies mortales (*Amanita phalloides*, *A. verna* y *A. virosa*), otras tóxicas (*Amanita muscaria* y *A. phantherina*) y comestibles (tales como las apreciadas especies del complejo *Amanita* sección *caesarea*). El género *Volvariella* es frecuente encontrarlo en las orillas de los caminos. El género *Armillaria* se encuentra en enormes grupos sobre troncos vivos o muertos. El género *Agaricus* (denominado genéricamente champiñón del francés *champignon*) en donde no hay ninguna especie mortal. El género *Coprinus* engloba a muchas especies diminutas, asociadas con estiércol, incluyendo *Coprinus comatus* la cual es una especie comestible muy delicada. El género *Cortinarius* es complejo y amplio, por lo que se ha dividido en varios subgéneros entre las que se pueden encontrar algunas muy tóxicas e incluso mortales, otras comestibles de buena calidad. El género *Clitocybe* cuenta con especies comestibles y algunas tóxicas y difíciles de identificar. El género *Hygrophorus* con especies comestibles de buena calidad. El género *Pleurotus* donde se encuentran *Pleurotus ostreatus* que en la actualidad son cultivados; aunque,

¹ Nota, en éste orden se encuentran algunos géneros que no son comestibles, no se hará mención de ellos en éste capítulo.

también se encuentra silvestre en los troncos de los árboles. El género *Tricholoma* que contiene a *Tricholoma portentosum*, abundante en pinares y de calidad culinaria muy comercializados. El género *Melanoleuca* donde todas sus especies son comestibles aunque su calidad no es muy alta. El género *Lepista* agrupa especies originalmente adscritas a otros géneros tales como *Tricholoma* y *Clitocybe*, son frecuentes e incluye miembros comestibles.

En el orden Russulales se incluyen los géneros *Russula* y *Lactarius*, y contiene especies comestibles de buena calidad. El género *Lactarius* es muy amplio y su identificación es complicada, incluye al conocido *L. deliciosus* y a *L. salmonicolor*, especies de mucho interés por su comestibilidad. En tanto el género *Russula* con poca práctica es fácil de reconocer aunque es difícil de identificar la especie por la gran semejanza entre ellas, pero incluye especies comestibles altamente apreciadas.

Con respecto al orden Aphyllophorales se incluyen hongos con formas muy diversas, tales como miembros de la familia Cantharellaceae que incluye dos géneros, *Cantharellus*, que no posee especies tóxicas y algunas altamente cotizadas en los mercados como la *Cantharellus cibarius*; y *Craterellus* parecida a la anterior y de alto uso gastronómico como *Craterellus cornucopioides*. También se encuentra la familia Hydnaceae que en la actualidad se divide en varias familias: *Hydnum*, *Sarcodon*, *Hydnellum* y *Phellodon*, y de ellas destaca *Hydnum repandum* altamente cotizado y usado en la gastronomía por su calidad y fácil conservación. En la familia de Clavariaceae (muchas especies actualmente adscritas a Gomphaceae) se encuentran los géneros *Ramaria*, con una gran cantidad de especies comestibles; *Clavulina*, *Clavaria* y *Sparassis* con especies comestibles. Finalmente el orden de las Gasterales en la que destacan los géneros *Lycoperdon*, *Calvatia*, *Bovista*, *Astreas* y *Geastrum*, *Scleroderma* y *Phallus*. En los heterobasidiomicetes debido a su característica gelatinosa, generalmente no tiene gran reconocimiento en la gastronomía, pero *Tremella fuciformis* si es apreciada en la cocina vegetariana.

Cuadro 1. Clasificación de Basidiomicetos (adaptada de Adesper, 2007; Bon, 2005).

Reino fungi					
División	Clase	Orden	Familia	Ejemplos de géneros	Ejemplos de especies

				<i>Chalciporus</i>	<i>piperatus</i>	
				<i>Boletus</i>	<i>edulis</i>	
Basidiomycetos	Homobasidiomycetos	Boletales	Boletaceae	<i>Gyroporus</i>	<i>castaneus</i>	
				<i>Leccinum</i>	<i>corsicum</i>	
				<i>Suillus</i>	<i>luteus</i>	
				<i>Xerocomus</i>	<i>badius</i>	
				Gomphidiaceae	<i>Chroogomphus</i>	<i>rutilus</i>
					<i>Gomphidius</i>	<i>viscidius</i>
				Hygrophoropsida	<i>Tapinella</i>	<i>panuoides</i>
				Paxillaceae	<i>Paxillus</i>	<i>involutus</i>
			Agaricales	Agaricaceae	<i>Agaricus</i>	<i>bisporus</i>
					<i>Cystoderma</i>	<i>amianthinum</i>
		<i>Lepiota</i>			<i>clypeolaria</i>	
		<i>Macrolepiota</i>			<i>procera</i>	
		Amanitaceae		<i>Amanita</i>	<i>muscaria</i>	
				<i>Amanita</i>	<i>phalloides</i>	
				<i>Amanita</i>	<i>caesarea</i>	
				<i>Limacella</i>	<i>illinita</i>	
		Bolbitiaceae		<i>Agrocybe</i>	<i>aegerita</i>	
				<i>Bolbitius</i>	<i>vitellinus</i>	
				<i>Conocybe</i>	<i>lactea</i>	
		Coprinaceae		<i>Coprinus</i>	<i>comatus</i>	
<i>Panaeolus</i>	<i>sphinctrinus</i>					
<i>Psathyrella</i>	<i>candoleana</i>					
Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i>	<i>trivialis</i>				
	<i>Flammulaster</i>	<i>muricatus</i>				
	<i>Galerina</i>	<i>marginata</i>				
	<i>Gymnopilus</i>	<i>spectabilis</i>				
	<i>Hebeloma</i>	<i>sinapizans</i>				
	<i>Inocybe</i>	<i>maculata</i>				
Crepidotaceae	<i>Crepidotus</i>	<i>luteolus</i>				
Entolomataceae	<i>Clitopilus</i>	<i>prunulus</i>				
	<i>Entoloma</i>	<i>sinuatum</i>				
	<i>Rhodocybe</i>	<i>truncata</i>				
Hygrophoraceae	<i>Hygrocybe</i>	<i>miniata</i>				
	<i>Hygrophorus</i>	<i>latitabundus</i>				
Omphalotaceae	<i>Omphalotus</i>	<i>olearius</i>				
Pluteaceae	<i>Pluteus</i>	<i>cervinus</i>				
	<i>Volvariella</i>	<i>speciosa</i>				
Strophariaceae	<i>Hypholoma</i>	<i>fasciculare</i>				

				<i>Pholiota</i>	<i>squarrosa</i>
				<i>Psilocybe</i>	<i>semilanceata</i>
				<i>Stropharia</i>	<i>coronilla</i>
				<i>Tubaria</i>	<i>hiemalis</i>
			Tricholomataceae	<i>Armillaria</i>	<i>mellea</i>
				<i>Clitocybe</i>	<i>odora</i>
				<i>Collybia</i>	<i>butyracea</i>
				<i>Crinipellis</i>	<i>stipitaria</i>
				<i>Flammulina</i>	<i>velutipes</i>
				<i>Hohenbuehelia</i>	<i>geogenia</i>
				<i>Laccaria</i>	<i>laccata</i>
				<i>Lepista</i>	<i>nuda</i>
				<i>Leucopaxillus</i>	<i>lepistoides</i>
				<i>Lyophyllum</i>	<i>decastes</i>
				<i>Marasmiellus</i>	<i>humillimus</i>
				<i>Marasmius</i>	<i>oreades</i>
				<i>Melanoleuca</i>	<i>melaleuca</i>
				<i>Mycena</i>	<i>pura</i>
				<i>Omphalina</i>	<i>pyxidata</i>
				<i>Oudemansiella</i>	<i>mucida</i>
				<i>Tricholoma</i>	<i>portentosum</i>
		Russulales	Russulaceae	<i>Lactarius</i>	<i>deliciosus</i>
	Aphylliphorales	Cantharellaceae		<i>Cantharellus</i>	<i>cibarius</i>
				<i>Craterellus</i>	<i>Cornucupioi des</i>
		Hydnaceae		<i>Hydnum</i>	<i>repandum</i>
		Ramariaceae (actualmente Gomphaceae)		<i>Ramaria</i>	<i>flava</i>
		Clavariaceae		<i>Clavaria</i>	<i>fumosa</i>
				<i>Clavulinopsis</i>	<i>laeticolor</i>
	<i>Macrotyphula</i>			<i>fistulosa</i>	
	Gasterales	Lycoperdaceae		<i>Bovista</i>	<i>plumbea</i>
				<i>Calvatia</i>	<i>utriformis</i>
				<i>Langermannia</i>	<i>gigantea</i>
				<i>Lycoperdon</i>	<i>perlatum</i>
		Astraeaceae		<i>Astraeus</i>	<i>Hygrome- tricus</i>
		Geastreaceae		<i>Geastrum</i>	<i>fimbriatum</i>
	<i>Myriostoma</i>			<i>coliforme</i>	

			Scleroderma- taceae	<i>Pisolithus</i>	<i>tinctorius</i>
				<i>Scleroderma</i>	<i>citrinum</i>
			Clathraceae	<i>Clathrus</i>	<i>ruber</i>
				<i>Colus</i>	<i>hirudinosus</i>
			Phallaceae	<i>Phallus</i>	<i>impudicus</i>
			Heterobasi- diomicetes	Tremellales	Tremellaceae
	<i>Tremella</i>	<i>mesenterica</i>			
	<i>Tremella</i>	<i>fuciformis</i>			

Con respecto a la clase de los ascomicetos (Cuadro 2), cuenta con algunos géneros como *Morchella* cuyas especies se denominan comúnmente colmenillas, mazorquitas o pancitas, muy apreciados en la gastronomía. Las especies del género *Helvella* son comestibles después de una larga cocción. Las especies del género *Tuber* en donde se ubican las trufas (hongos subterráneos), su buscan utilizando el olfato de cerdos o perros amaestrados. Algunas de sus especies como la trufa negra y blanca (*Tuber melanosporum* y *T. magnatum*, respectivamente) alcanzan precios muy altos. Estas especies se asocian simbióticamente con raíces de encinos.

Cuadro 2. Clasificación de ascomicetos (adaptado de Adesper, 2007).

Reino Fungi				
División	Orden	Familia	Ejemplos de géneros	Ejemplos de especies
Ascomicetos	Helotiales	Geoglossaceae	<i>Geopora</i>	<i>arenicola</i>
			<i>Melastiza</i>	<i>chateri</i>
			<i>Scutellinia</i>	<i>scutellata</i>
			<i>Geoglossum</i>	<i>fallax</i>
		Leotiaceae	<i>Bisporella</i>	<i>citrina</i>
			<i>Peziza</i>	<i>cerea</i>
	<i>Sarcosphaera</i>		<i>coronaria</i>	
	Pezizales	Helvellaceae	<i>Helvella</i>	<i>crispa</i>
		Morchellaceae	<i>Morchella</i>	<i>esculenta</i>
		Pezizaceae	<i>Otidea</i>	<i>onotica</i>
Tuberales	Tuberaceae	<i>Tuber</i>	<i>melanosporum</i>	

3.4 Propiedades nutricionales y funcionales

Los hongos son apreciados en la gastronomía por sus propiedades organolépticas, las cuales pueden percibirse de forma directa por los sentidos, tales como la consistencia, color de la carne,

olor, sabor, tamaño. Asimismo, los hongos comestibles silvestres son altamente valorados por sus propiedades nutricionales, las cuales son comentadas enseguida, así como por sus propiedades medicinales, las cuales han cobrado un enorme interés en la actualidad.

3.4.1 Propiedades nutricionales

Desde el punto de vista nutricional los hongos tienen una composición química, la cual se conforma aproximadamente por 90% de agua y 10% de materia seca. De acuerdo con Chittaragi *et al.* (2013), los hongos son buena fuente de proteína, la cual varía de 27-48%, ésta proteína contiene cantidades considerables de aminoácidos no esenciales como la alanina, glicina, ácido glutámico, ácido aspártico, prolina y serina. Los carbohidratos representan menos de 60% y contienen bajas cantidades de grasas (Barros *et al.*, 2008; Morais *et al.*, 2000; Ranzani y Sturion, 1998; Crisan y Sands, 1978) (Cuadro 3). En este sentido y tomando en cuenta la gran riqueza nutricional de los hongos silvestres comestibles, estos pueden contribuir a la solución del problema de la nutrición entre la población. Los hongos poseen la mayoría de las características de los alimentos nutritivos, porque contienen nutrientes esenciales en buena cantidad, sin embargo su limitante es su disponibilidad estacional.

Cuadro 3. Contenido nutrimental de especies de hongos comestibles de recolección (Jiménez-Ruíz *et al.*, 2013).

Especie	<i>g 100 g⁻¹ de peso seco</i>				Referencias
	Proteína	Carbohidratos	Grasas	Cenizas	
<i>Amanita caesarea</i>	34.77	55.63	3.50	6.05	Ouzouni <i>et al.</i> , (2009)
<i>Cantharellus cibarius</i>	69.14	14.25	4.49	12.12	Barros <i>et al.</i> , (2008)
<i>Hydnum repandum</i>	34.14	55.00	8.80	11.38	Colak <i>et al.</i> , (2009)
<i>Tricholoma magnivelare</i>	20.30	36.60	5.00	8.89	Liu <i>et al.</i> , (2010)
<i>Lactarius volemus</i>	25.21	64.00	3.98	2.91	Colak <i>et al.</i> , (2009)

Humedad. Todos los alimentos contienen agua en mayor o menor proporción. El contenido de humedad varía entre 60 y 95% dependiendo del tipo de alimentos, y se encuentra en los alimentos como agua libre y agua ligada. El agua libre es la que se encuentra en mayor porcentaje y se libera con mayor facilidad; mientras que el agua ligada se encuentra en los alimentos como agua de cristalización (en los hidratos de carbono) o ligada a las proteínas y absorbida sobre la superficie de las partículas coloidales (Hart, 1991). El contenido de agua en los hongos comestibles varía de 75 a 95%, por lo tanto tienen en general una vida de anaquel muy corta.

Las principales razones por las cuales es conveniente conocer el contenido de humedad de los hongos son las siguientes:

- El agua si está presente por encima de ciertos niveles facilita el desarrollo de los microorganismos.
- La cantidad de agua presente tiene importancia en la estructura, apariencia, sabor y vida de anaquel y también puede afectar la textura (Kalac, 2009).
- La determinación del contenido en agua representa una vía sencilla para el control de la concentración en las distintas etapas de la fabricación de alimentos.

Adicionalmente, el contenido de humedad es un valor fundamental para la realización de todos los cálculos de valor nutricional y es utilizado para expresar los resultados de otras determinaciones analíticas en una base uniforme, por ejemplo con base en el peso seco.

Cenizas. Las cenizas de un alimento son un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica. Las cenizas normalmente no son las mismas sustancias inorgánicas presentes en el alimento original, debido a las pérdidas por volatilización o a las interacciones químicas entre los constituyentes. El valor principal de la determinación de cenizas es en cierto grado un método sencillo indicador de la calidad de ciertos alimentos (puesto que determina el contenido total de minerales), y debe de estar comprendido entre ciertos valores, lo cual facilita en parte su identificación (Pearson, 1993). El contenido de cenizas en los hongos es muy variable, y puede variar de 3 a 11%.

Proteínas. Definidas como polímeros lineales de aminoácidos, desempeñan en los seres vivos la mayor parte de las funciones enzimáticas, de transporte de nutrientes y de reserva, así como también estructurales, de defensa y reguladoras. El valor biológico y calidad nutricional expresa lo adecuada que es una proteína para el consumo humano. La cantidad requerida varía de 0.8-1.5 g/kg de peso corporal y la calidad depende de la composición de aminoácidos esenciales. De acuerdo con Boa (2005), diversas medidas (computo, índices, valores) basadas en la composición de aminoácidos son usadas para comparar el valor nutritivo de los HSC con otros alimentos. Por lo tanto los análisis nutritivos conocidos de los HSC han demostrado que éstos son una fuente importante de proteínas en los países en desarrollo. Adicionalmente tienen el potencial para contribuir mayormente a las dietas de las poblaciones de muchos países de acuerdo con Crisan y Sands (1978). Esto se debe a que los esporomas de los hongos, que son las partes comestibles, son una excelente fuente de proteína de buena calidad, debido a que están presentes todos los aminoácidos esenciales donde los que predominan son la alanina, el ácido glutámico y la glutamina. El porcentaje de proteína en peso seco puede variar entre 10 a 30%, aunque en algunos casos puede llegar a ser hasta de 40%. Entre los alimentos proteicos se encuentran los productos cárnicos, huevo, leche y derivados, pescado y vegetales. Los hongos tienen un buen contenido de proteína que va de 20-30% en peso seco, además de contener todos los aminoácidos esenciales lo que permite considerarlos como buenos sustitutos de la carne (Ghorai *et al.*, 2009; Beluhan y Ranogajec, 2011)

Grasas. Las grasas de los alimentos aportan la mayor parte del contenido energético de éstos, y retardan la digestión. Sin embargo, en algunos alimentos son importantes ya que les brindan aroma y textura, de forma que resultan más tiernos, suaves y cremosos al paladar (Vázquez *et al.*, 2005). Los productos pobres en grasas suele ser insípidos o duros comparados con los que contienen grasa. Algo importante a considerar en una dieta es que cuando se reduce mucho la grasa la sensación de hambre suele aparecer antes. El contenido de lípidos en algunos hongos comestibles varía de 3 a 5% en peso seco; en general la grasa cruda contenida en el estípite es mayor en comparación a la existente en el píleo, y contiene todo tipo de lípidos, desde mono, di y triglicéridos, esteroides y esterol-ésteres y fosfolípidos. El ácido linoléico es el que más abunda al igual que los esteroides, dentro de los cuales el de mayor importancia es el ergosterol (Breene,

1990); el bajo contenido de grasas en los hongos es en general poco significativo (Barros *et al.*, 2007; Singdevsachan *et al.*, 2014), sin embargo son de fácil digestión.

Carbohidratos. Los carbohidratos son la fuente más abundante y barata de alimentos de la naturaleza y por lo tanto los más consumidos por los seres humanos, constituyendo entre 50 y el 70% de las calorías totales de la alimentación, la mayor parte de origen vegetal (Pacheco, 2004); los hongos contienen alrededor de 55% de carbohidratos de su peso seco (Demirbas, 2002; Mendil *et al.*, 2004). Entre sus principales funciones se encuentran la capacidad edulcorante de algunos azúcares y su capacidad de constituir una importante fuente de energía al cuerpo equivalente a 4 kcal/g; por estas razones son una parte fundamental de la dieta humana y animal ya que ayudan al mejoramiento y rendimiento físico principalmente mediante su contenido de almidón y azúcares. De acuerdo con Gaitán Hernández (2015) el bajo contenido en carbohidratos en los hongos hace que se recomienden como dietéticos; mientras que Martínez-Carrera (2004) en investigaciones efectuadas en hongos cultivados señaló que azúcares libres como la trehalosa y el manitol que se encuentran en *Lentinula edodes* (Shiitake), no son comunes en la dieta humana y han sido asociados a un efecto prebiótico, promoviendo el crecimiento y la redistribución de bacterias en el intestino humano.

Fibra. La fibra o fibra alimentaria no es un nutriente, ya que no participa directamente en procesos metabólicos básicos del organismo, sin embargo desempeña una importante función fisiológica en la dieta humana debido a su capacidad para estimular la perístasis intestinal. La fibra alimentaria se puede definir como la parte de las plantas comestibles que se resiste a la digestión y absorción en el intestino delgado humano y que experimenta una fermentación parcial o total en el intestino grueso. Esto no significa que la fibra pase intacta a través del aparato digestivo: aunque el intestino no dispone de enzimas para digerirla, las enzimas del microbioma intestinal fermentan parcialmente la fibra y la descomponen en diversos compuestos químicos: gases (hidrógeno, dióxido de carbono y metano) y ácidos grasos de cadena corta (acetato, propionato y butirato). Éstos últimos pueden ejercer una función importante en el organismo de los seres vivos. La fibra dietética se encuentra en alimentos de origen vegetal poco procesados tecnológicamente, como los cereales, frutas, verduras y legumbres. De acuerdo a Ghorai *et al.* (2009) los hongos son una buena fuente de fibra dietética. Ejemplos del contenido

de los componentes mencionados anteriormente en diversas especies de hongos comestibles, se muestra en el Anexo 1, al final de esta tesis.

3.4.2 Minerales

Los minerales en los alimentos son necesarios para formar las estructuras del cuerpo y regular las reacciones químicas y procesos corporales como los latidos del corazón y la transmisión de impulsos nerviosos, no aportan energía y se requieren en pequeñas cantidades; algunos minerales forman parte de la estructura de los huesos, dientes, uñas, músculos y glóbulos rojos, por lo tanto los minerales son esenciales, aunque algunos sean necesarios sólo en pequeñas cantidades, el cuerpo no funciona adecuadamente si no se encuentran en la cantidad suficiente. Es así que una alimentación variada es la mejor forma de obtener los minerales requeridos, ya que éstos son tomados del suelo por las plantas. Entre los minerales que se conocen como esenciales para la nutrición humana se encuentran: calcio, hierro, yodo, fósforo, potasio, sodio, cloro, magnesio, azufre, flúor, zinc, manganeso, cromo, cobalto, molibdeno, cobre y selenio (FAO, 2012), siendo los más importantes calcio, zinc, fósforo, hierro, iodo, magnesio y selenio (Illera-Martín *et al.*, 2000). En el caso de los hongos comestibles los minerales de mayor importancia son el Fe, K, Ca, Na, P y Se (Crisan y Sands, 1978; Agrahar-Murugkar y Subbulaskshmi, 2005; Mendil *et al.*, 2004, Ouzouni y Riganakos, 2007). A continuación se discute la importancia alimenticia en general de dichos minerales, y la información específica del contenido de minerales en diversas especies de hongos comestibles es presentada en el Anexo 2, al final de esta tesis.

Hierro. Es necesario para la producción de hemoglobina y para la oxigenación de los glóbulos rojos, ayuda a mantener saludable el sistema inmunológico, se encuentra involucrado en la obtención de energía de los carbohidratos, proteínas y grasas, y es necesario para la fabricación de aminoácidos y tejidos del cuerpo. La necesidad del hierro es mayor durante el crecimiento y desarrollo, por lo tanto los lactantes, los niños y las mujeres embarazadas requieren niveles más altos; el hierro se encuentra entre los minerales y vitaminas más comunes en deficiencia, provocando anemia, deficiente crecimiento y desarrollo, disminuir la resistencia a las infecciones y afectar la función reproductora. Entre algunos alimentos fuentes de hierro encontramos los de origen animal como las carnes rojas, hígado, pescado y pollo y los de origen vegetal como legumbres (Walji, 2003).

Potasio. Este mineral es de gran importancia en el funcionamiento intracelular, entre sus funciones destaca la regulación del líquido corporal intracelular así como diversos efectos sobre la membrana celular, juega un papel principal en una variedad de funciones fisiológicas como la contracción cardíaca, efectuando su principal sinergia con el sodio y se absorbe como ion libre, no se conserva bien en el organismo por lo que es necesario adicionarlo en la dieta, al consumir en la alimentación frutas tales como: plátano, naranja, kiwi y ciruelas pasas, así como cereales y nueces (Walji, 2003).

Calcio. Se encuentra en todas las plantas y animales, y es esencial para todas las formas de vida excepto para algunos insectos y bacterias; juega un papel importante en innumerables funciones fisiológicas y metabólicas, se absorbe en forma de ion libre generando una sinergia principalmente con el fósforo y con su elemento antagonista el sodio. En una dieta normal se mantienen los niveles de calcio, pero a medida que se avanza en edad, se requiere ingerir mayor cantidad de dicho mineral. El calcio se absorbe y funciona mejor en el cuerpo en presencia de vitaminas A, D, C y junto a otros minerales como el hierro, magnesio y fósforo. Entre los alimentos con mejores fuentes de calcio están los derivados de lácteos, principalmente el queso y algunos vegetales, pescados y algunas semillas (Illera-Martín *et al.*, 2000).

Sodio. Es el principal catión extracelular, es un elemento mayoritario, con un contenido total de alrededor de 100g en nuestro organismo, de los cuales 35-40% forma parte de los huesos. Su principal función es la de actuar como regulador del contenido en agua en los tejidos, la transmisión de impulsos nerviosos así como mantener el equilibrio ácido-base en los tejidos. Se requiere de 2.3 mg de consumo máximo al día, aunque se suele ingerir más en forma de sal común (cloruro de sodio) que se añade a los alimentos para potenciar el sabor de los mismos. La falta de sodio causada frecuentemente por la sudoración excesiva y procesos diarreicos, ocasiona hipotensión, debilidad y fatiga (Pérez-Llamas y Navarro-Zamora, 2002).

Fósforo. Es el segundo mineral más abundante en el organismo humano, conteniendo de 600 a 900 g, de los cuales 85% forma parte de la estructura mineral de los huesos y el resto está disuelto en la sangre y en otros líquidos tisulares, forma parte de moléculas que se encuentran en las membranas de todas las células, y en el ADN. Es necesario para muchas reacciones en las

que se requiere energía en los tejidos, por lo tanto su carencia en el organismo producirá una incorrecta contracción en los músculos, y el cerebro y los nervios no funcionarían correctamente, aunque no suele darse tal caso, ya que abunda en los alimentos como carnes, pescados, leche, legumbres, y cereales, se absorbe el 70%, en el intestino, su excesivo consumo puede ocasionar en algunas personas cálculos en los riñones (Pérez-Llamas y Navarro-Zamora, 2002).

Selenio. Deriva su nombre de la diosa de la Luna, Selene. Fue hasta 1979 que se creía que el selenio sólo era importante para los animales y que era veneno para los seres humanos, y en esta fecha se descubrió que es esencial para los seres humanos, ya que es un antioxidante 50 a 100 veces más poderoso que la vitamina E, por lo tanto destruye los radicales libres dañinos, ayuda a mantener sano el corazón y los ojos, y su carencia a pesar de ser rara, se manifiesta en afecciones cardíacas. El selenio se requiere en cantidades muy bajas (98-220 µg), cantidad que aportan normalmente los alimentos de origen animal y vegetal que consumimos. Se ha registrado una alta variabilidad del contenido en selenio de los alimentos, dependiendo de los suelos de donde proceden (Pérez-Llamas y Navarro-Zamora, 2002). Entre los alimentos ricos en selenio se encuentran los frutos secos, las legumbres, las semillas y los cereales (Walji, 2003).

3.4.3. Vitaminas

Son un grupo de sustancias orgánicas de estructura variada, sin valor energético propio, necesarias en pequeñas cantidades que el organismo humano es incapaz de sintetizar y cuando lo hace es en cantidades insuficientes, por lo que su aporte exógeno es esencial. Su aporte basta ser en cantidades mínimas, sin embargo su ausencia origina carencia de diversos procesos básicos y fundamentales del metabolismo celular. Se consideran trece familias de sustancias con naturaleza vitamínica, y se dividen en dos grupos en función de su solubilidad en solventes orgánicos o en agua. Algunas vitaminas presentan estructuras muy parecidas a otros compuestos orgánicos por ejemplo la vitamina C con los azúcares (Entrala-Bueno, 1995). De acuerdo a su solubilidad las vitaminas se clasifican en liposolubles e hidrosolubles. Los hongos comestibles constituyen una buena fuente de vitaminas del grupo B, tales como: tiamina, riboflavina, niacina y ácido ascórbico o vitamina C (Ghorrari *et al.*, 2009; Ouzouni y Riganakos, 2007). A continuación se discute la importancia general de estas vitaminas y sus contenidos en diversos hongos comestibles se presentan en el anexo 3.

Tiamina. Conocida también como vitamina B1, no puede ser sintetizada por los animales, es altamente soluble y fácilmente eliminada de los alimentos al ser lavados o hervidos, se absorbe en el intestino delgado por transporte activo y también por difusión pasiva, es almacenada como difosfato de tiamina y su eliminación se efectúa a través de la orina por secreción tubular. El organismo contiene solamente unas 30 veces la necesidad diaria de tiamina, su deficiencia causa beriberi, aunque también se ha detectado en personas alcohólicas, en personas con anorexia, en pacientes postoperados que presenten vómitos y diarrea; los síntomas principales de deficiencia son de origen nervioso y cardiovascular. Las fuentes más abundantes de tiamina incluyen la levadura, el trigo, los granos de cereales enteros, los panes y cereales enriquecidos y la mayor parte de los vegetales, así como algunas vísceras como el hígado, corazón y riñón (Fuentes-Arderiu *et al.*, 1998).

Riboflavina. Se trata de un pigmento fluorescente, ligeramente termoestable, que se descompone en presencia de luz visible, también conocida como vitamina B2, su intenso color amarillo se debe a su complejo sistema anular de isoalaxocina, al principio se aisló de la leche, se identificó y sintetizó en 1935, posteriormente se descubrió que, es un componente de dos coenzimas relacionadas íntimamente: el mononucleótido de flavina y el dinucleótido de flavina y adenina. Es sintetizada por las plantas verdes, muchas bacterias y los hongos, las fuentes de esta vitamina son la carne, la leche y los productos vegetales junto con la tiamina y la niacina, y es necesaria para una serie de procesos oxidativos del metabolismo (Melo-Ruíz y Cuamatzi-Tapia, 2006).

Niacina. Es conocida también como ácido nicotínico, nicotinamida o vitamina antipelagra, es una vitamina hidrosoluble del complejo B, se encuentra en forma natural en muchos alimentos ricos en proteínas como las carnes magras, las vísceras, pescados, aves y legumbres; y adicionalmente puede formarse en el organismo a partir de un exceso de triptófano en la dieta, que es un aminoácido esencial. Es útil como componente de dos coenzimas implicadas en los procesos energéticos que se producen dentro de la célula, una de estas coenzimas es importante en la glucólisis y la otra en el metabolismo de las grasas y promueve su síntesis en el organismo. Su deficiencia no es frecuente, sin embargo los síntomas que origina incluyen pérdida de apetito, erupciones cutáneas, confusión mental, falta de energía y debilidad muscular (Williams, 2002).

Ácido ascórbico. Conocida también como vitamina C, es un derivado de azúcar de seis carbonos que participan en reacciones de hidroxilación, se presenta en forma de cristales incoloros o débilmente amarillentos de olor peculiar y sabor ácido, es muy soluble en agua, sobre todo en forma de sal sódica, moderadamente soluble en alcohol e insoluble en disolvente inorgánicos. Se encuentra presente en todos los tejidos de animales y de plantas superiores, sus fuentes son principalmente los cítricos, papas, tomates y vegetales, pero la cocción prolongada y el calentamiento con vapor la destruyen, se deteriora lentamente aún en refrigeración; como se mencionó anteriormente el ser humano no puede sintetizarla. Su deficiencia se asocia en niños con un esqueleto anormal, y en adultos origina hemorragias, debilidad, inflamación de las encías y aflojamiento de los dientes. El almacenaje normal de la vitamina dura de 3 a 4 meses, por lo que la falta de consumo durante periodos largos sin fruta fresca o una fuente de vitamina C puede causar escorbuto (Melo-Ruíz y Cuamatzi-Tapia, 2006). Los contenidos de vitamina C suelen ser altos en los hongos, pueden variar de 36 a 58 mg por 100g de peso seco por lo que pueden ser una muy buena fuente de antioxidantes y agentes reductores para el uso de medicamentos y complementos nutricionales (Kang *et al.*, 1998).

3.4.4 Propiedades funcionales

En la actualidad existe un incremento en el interés relacionado con los suplementos dietéticos, con los alimentos funcionales y demás productos que son algo más que un alimento (Etkin y Johns, 1998; Wasser *et al.*, 2000), entendiéndose como alimento funcional, aquellos alimentos que se consumen no solo por sus propiedades nutricionales sino también por cumplir una función específica que ofrece beneficio a la salud y reduce el riesgo de contraer enfermedades. Para que un alimento sea funcional en este caso los hongos, deben contener determinados minerales, vitaminas, ácidos grasos o fibra alimenticia, componentes que se encuentran en algunas especies de manera balanceada, éstas propiedades son únicas y diferentes a las aportadas por otros alimentos altamente consumidos, ya que los hongos forman un reino diferente de las plantas y animales (Martínez-Carrera *et al.*, 2010). Este autor mencionó que la confirmación científica de propiedades funcionales y medicinales en un gran número de hongos comestibles están promoviendo su consumo; dentro de las propiedades que se les atribuyen son propiedades anticancerígenas, antibióticas, antioxidantes, reductoras de nivel de colesterol y la hipertensión, antitrombótica y antidiabética (Chang y Miles, 2004). De acuerdo con los estudios realizados a

partir de estas propiedades, actualmente la comercialización de los hongos comestibles generan importantes ganancias en los mercados internacionales de la industria alimenticia y farmacéutica (Martínez-Carrera *et al.*, 2010). Estas propiedades funcionales de los hongos comestibles pueden estudiarse al efectuar extractos acuosos y alcohólicos, y a la fecha se ha demostrado que éstas macromoléculas bioactivas purificadas tienen propiedades funcionales sin efectos secundarios adversos (Sullivan *et al.*, 2006).

3.5. Literatura citada.

- Adesper 2007. Biodiversidad fúngica. Agrupación para el desarrollo sostenible y la promoción del empleo rural. España. Disponible en:
<http://www.adesper.com/biodiversidadfungica/index.php>.
- Agrahar-Murugkar, D. y Subbulakshmi, G. 2005. Nutritional value of edible wild mushrooms collected from the Khasi hills of Meghalaya. *Food Chemistry*, 89(4): 599-603.
- Audesirk T.; Audesirk G. y Byers B. E. 2003. Biología: la vida en la tierra. Pearson Educación. 889 p.
- Barros L.; Baptista P.; Correira D. M.; Casa I. S.; Oliveira B. y Ferreira, I.C.F.R. 2007. Fatty acid, sugar compositions and nutritional value of five wild edible mushrooms from Northeast Portugal. *Food Chemistry*, 105, 140-145.
- Barros L.; Cruz, T.; Baptista P., Estevinho L.E. y Ferreira I.C.F.R. 2008. Wild and commercial mushrooms as source of nutrients and nutraceuticals, *Food and Chemical Toxicology*. Instituto Politécnico de Bragança, Portugal. 46: 2742-2747.
- Beluhan S. y Ranogajec A. 2011. Chemical composition and non-volatile components of Croatian wild edible mushrooms. *Food Chemistry* 124 (3):1076-1082.
- Boa E. 2005. Productos forestales no madereros. Los hongos silvestres comestibles, perspectiva global de su uso e importancia para la población. FAO. Roma, Italia. 170 p.
- Bon M. 2005. Guía de campo de los hongos de España y de Europa. Guías del naturalista-hongos y plantas criptógamas. Editorial Omega. España. 368 p.
- Breene W. M. 1990. Nutritional and medicinal value of speciality mushrooms. *Journal of Food Protection*, 53(10): 883-899.
- Cifuentes J. M., Villegas L. y Pérez Ramírez. 1986. Hongos. In: Lot. A., F. Chang (Eds), Manual del herbario. Consejo Nacional de la Flora de México. A.C., México D.F., pp. 55-64.

- Challenger A. 2008. La zona ecológica templada húmeda (el bosque mesófilo de montaña). En: Utilización y Conservación de los ecosistemas Terrestres de México, Pasado, presente y futuro. CONABIO. México. pp. 443-518.
- Chang S. T. y Miles P. G. 2004. Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, environmental impact. CRC Press, Boca Raton. 451p.
- Chittaragi A., Naika R. y Vinayaka K.S. 2013. Nutritive value of few wild mushrooms from the western Ghats of Shivamogga district, Karnataka, India. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, Vol. 7, Issue 1, 2014, 50-53.
- Colak A., Faiz Ó. y Sesli E. 2009. Nutritional composition of some wild edible mushrooms. *Turkish. Journal. Biochemistry*. 34:25-31.
- CONABIO. 2010. El bosque mesófilo de montaña en México: amenazas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. México D.F., México. 197 p.
- Crisan E. W. y Sands A. 1978. Nutritional value. The biology and cultivation of edible mushrooms. Academic Press, New York. pp 172-189.
- Dermibas A. 2002. Metal ion uptake by mushrooms from natural and artificially enriched soils. *Food Chemistry*, 78, 89-93.
- Entrala Bueno A. 1995. Vitaminas aspectos prácticos en medicina. Ediciones Díaz de Santos. 140 p.
- Etkin N. L. y Johns T. 1998. Pharmafoods and nutraceuticals: Paradigm shifts in biotherapeutics. Plants for food and medicine. Jardines Botánicos Reales. Londres, Inglaterra. pp 3-16.
- FAO. 1995. Memoria. Consulta de expertos sobre productos forestales no madereros para América Latina y el Caribe. Dirección de productores forestales, FAO, Roma. Santiago, Chile. 339 p.
- FAO. 2012. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. Roma.
- Fuentes Arderiu X., Castiñeiras Lacambra M. J. y Queraltó Compañó J. M. 1998. Bioquímica clínica y patología molecular, Volumen II. Segunda Edición. Editorial Reverté, S. A. Barcelona, España. 540 p.
- Gaitán Hernández R. 2015 La importancia nutricional y medicinal de los hongos cultivados. Inecol.mx [en línea]. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2015]. Disponible en: <http://www.inecol.edu.mx/inecol/index.php/en/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/234-la-importancia-nutricional-y-medicinal-de-los-hongos-cultivados>.
- García-Rollan M. 1973. Las diez mejores setas. Ministerio de agricultura. España. No. 3. 73 p.

- García-Rollan M. 2006. Manual para buscar setas. Ministerio de agricultura, pesca y alimentos. España. Ediciones Mundi-Prensa. 6ta. Ed. Corregida. 454 p.
- Ghorai S., Banik S. P., Verma D., Chowdhury S., Mukherjee S. y Khowala S. 2009. Fungal biotechnology in food and feed processing. *Food Research international*, 42, 577-587.
- Grünert H. R. 2003. Setas: cómo reconocerlas e identificarlas. Editorial Blume. 3ra. Edición. 286 p.
- Guzmán G., Mata G., Salmones D., Soto Velazco C. y Guzmán Dávalos L. 1993. El cultivo de los hongos comestibles. 100 p.
- Hamilton L. S., Juvik J.O. y Scatena F.N. 1995. Tropical montane cloud forest. *Ecological Studies* 110, Springer Verlag, New York.
- Hart F. L. y Fisher J. F. 1991. Análisis moderno de los alimentos; Acribia. Zaragoza, España. 619 p.
- Illera-Martín M., Illera del Portal J. y Illera del Portal J. C. 2000. Vitaminas y minerales. Editorial Complutense. Madrid, España. 228 p.
- INBio. 1996. Hongos comestibles. Hongos de Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. Editorial INBio
- INBio. 2009. Documento borrador de referencia, protocolo de manejo de colecciones de Hongos. Costa Rica. Editorial INBio. 29 p.
- Jiménez Ruíz M., Pérez-Moreno J., Almaraz-Suárez J. J. y Torres-Aquino M. 2013. Hongos silvestres con potencial nutricional, medicinal y biotecnológico comercializado en Valles Centrales, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* (4). pp199-213.
- Kalac, P. 2009. Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms: A review. *Food Chemistry*, 113, 9-16.
- Kang, S. A., Jang, Y. J. y Park H. 1998. In vivo dual effects of vitamin C on paracuat-induced lung damage: Dependence on released metals from de damage tissue. *Free Radic. Res.* 28: 93-107.
- Largent D. L. 1973. How to identify mushrooms to genus, I: macroscopic features. Mad River Press. Eureka. Ca. 86 p.
- Largent D. L, Johnson D. y Watling R. 1977. How to identify mushrooms to genus, II: macroscopic features. Mad River Press. Eureka. Ca. 148 p.

- Liu G., Wang H., Zhou B., Guo X. y Hu X. 2010. Compositional analysis and nutritional studies of *Tricholoma matsutake* collected from Southwest China. *Journal of Medical Plant. Res.* 4: 1222-1227.
- Martínez-Carrera D., Larqué-Saavedra A., Aliphat M., Aguilar A., Bonilla M. y Martínez W. 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. pp. 193-207.
- Martínez-Carrera D., Sobal M., Morales P., Martínez W., Martínez M. y Mayett Y. 2004. Los hongos comestibles: propiedades nutricionales, medicinales, y su contribución a la alimentación mexicana, El Shiitake. COLPOS-BUAP-UPAEP-IMINAP, A.C. Puebla. 48 p.
- Martínez-Carrera D., Curvetto M., Morales P. y Mora V.M. 2010. Hacia un desarrollo sostenible del sistema de producción-consumo de los hongos comestibles y medicinales en Latinoamérica: Avances y perspectivas en el siglo XXI Red latinoamericana de hongos comestibles y medicinales-COLPOS-UNS-CONACYT-AMC-UAEM-UPAEP-IMINAP, Puebla. 648 p.
- Melo-Ruiz V. y Cuamatzi-Tapia O. 2006. Bioquímica de los procesos metabólicos. Reverté Ediciones, S.A. de C.V. México. 364 p.
- Mendil D., Uluözlü Ö. G., Hasdemir E. y Caglar A. 2004. Determination of trace elements on some wild edible mushroom samples from Kastamonu, Turkey. *Food Chemistry*, 88(2): 281-285.
- Mittermeier R. A. y Goettsch C. 1992. La importancia de la diversidad biológica en México. In: J. Sarukhán y R. Dirzo (eds.) México ante los retos de la biodiversidad. CONABIO, México, D.F.
- Morais M. H., Ramos A. C., Matos N. y Santos Oliveira E. J. 2000. Note. Production of shiitake mushroom (*Lentinus edobes*) on lignocellulosic residues. *Food Science and Technology International*, 6 (2), 123-128.
- Ortega Escalona F. y, Castillo Campos G. 1996. El bosque mesófilo de montaña y su importancia forestal. Instituto de Ecología, A.C. Ciencias núm. 43 pp 32-39.
- Ouzouni P. y Riganakos K. A. 2007. Nutritional value and metal content profile of greek wild edible fungi. *Acta alimentaria*, 99-110.
- Ouzouni P., Petridis K. D., Koller W. D. y Riganakos K. A. 2009. Nutritional value and metal content of wild edible mushrooms collected from West Macedonia and Epirus, Greece. *Food Chemistry* 115:1575-1580.
- Pacheco L. 2004. Bioquímica médica. Editorial Limusa. México. 626 p.

- Pearson D. 1993. Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos; Acribia, S.A. Zaragoza España.
- Pérez Llamas F. y Zamora Navarro S. 2002. Nutrición y alimentación humana. Universidad de Murcia, España. pp 305.
- Pérez-Moreno J., Lorenzana Fernández V., Carrasco Hernández A. y Yescas-Pérez A. 2010. Los hongos comestibles silvestres del Parque Nacional Izta-Popo, Zoquiapan y Anexos. Colegio de postgraduados, SEMARNAT, CONACyT. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 167 p.
- Ranzani M. R. T. y Sturion G. L. 1998. Amino acid composition evaluation of edible mushrooms (*Pleurotus spp.*) cultivated on banana leaves. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 48 (4), 339-348.
- Ruan-Soto F., Cifuentes J., Mariaca R., Limón F., Pérez-Ramírez L. y Sierra S. 2009. Uso y manejo de hongos silvestres en dos comunidades de la Selva Lacandona, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Micología* [online]. vol.29 [citado 2013-04-07], pp 61-72.
- Rodríguez J.A., Llamas Frade B., Terrón Alfonso A., Sánchez Rodríguez J.A., García Prieto O., Arrojo Martín E. y Pérez Jarauta T. 1999. Guía de hongos de la Península Ibérica (noroeste peninsular, León). Editorial Celarayn. León, España. 194 p.
- Sanchez C. 2004. Modern aspects of mushrooms culture technology. Mini review. Applied microbiology and biotechnology. Tlaxcala, México 64: 756-762.
- Singdevsachan S. K., Patra J. K., Tayung K., Sarangi K. y Thatoi H. 2014. Evaluation of nutritional and nutraceutical potentials of three wild edible mushrooms from Similipal Biosphere Reserve, Odisha, India. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 9: 111-120.
- Sullivan R., Smith J.E. y Rowan N.J. 2006. Medicinal mushrooms and cancer therapy. *Perspectives in Biology and Medicine* 49: 159-170.
- Vázquez C., De Cos A. I. y López-Nomdedeu C. 2005. Alimentación y nutrición, manual teórico y práctico. 2ª Edición. Ediciones Díaz de Santos. Madrid, España. 488 p.
- Walji H. 2003. Vitamins, minerals and dietary supplements. Editorial EDAF, S. L. Madrid, España. 183 p.
- Wasser S. P., Nevo E., Sokolov D., Reshetnikov S. y Timor-Tismenetsky M. 2000. Dietary supplements from medicinal mushrooms: diversity of types and variety of regulations. *International Journal of Medicinal Mushroom*, (2): 1-19.
- Williams M. H. 2002. Nutrition for health, Fitness and Sport. The McGraw-Hill Companies, Inc. Barcelona, España. 5ta. Edición. 504 p.

IV. LOS HONGOS SILVESTRES COMESTIBLES DEL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA: UN RECURSO FORESTAL NO MADERABLE ALTAMENTE NUTRITIVO

4.1 Resumen

El bosque mesófilo de montaña es un ecosistema tropical distribuido en pequeñas áreas fragmentadas principalmente en el Neotrópico, y también en algunas áreas de África y el sureste Asiático. Es el ecosistema que alberga la mayor diversidad de plantas y animales en relación a su área, así como una enorme cantidad de organismos endémicos, muchos de ellos amenazados o en peligro de extinción. Su conservación es un complejo problema por la fuerte presión social de los grupos humanos que habitan sus áreas aledañas. Una de las estrategias que ha cobrado enorme importancia a nivel internacional relacionada con su conservación es el manejo sustentable de sus recursos forestales no maderables, incluyendo sus hongos comestibles silvestres. A pesar de esto a la fecha no existe un estudio relacionado con las propiedades nutrimentales de los hongos comestibles del bosque mesófilo de montaña. Se realizó una selección y evaluación del contenido nutrimental, de las especies de mayor importancia económica, cultural y social en áreas de dicho tipo de vegetación en el Centro del Estado de Veracruz, en el este de México. Se evaluó la composición proximal de las 7 especies de mayor importancia regional, así como de su contenido de vitamina C, tiamina, rivo flavina y niacina y de los minerales Na, Fe, Ca, K, Se y P. Se presenta por primera ocasión una caracterización nutrimental de las especies de hongos comestibles *Amanita jacksonii*, *A. basii*, y *Ramaria fennica*, especies de gran abundancia e importancia económica, cultural y social en las áreas de estudio. En general los hongos evaluados presentaron altos contenidos de proteínas particularmente *Amanita basii*, y bajo contenido de grasas, especialmente *Ramaria fennica*. Las concentraciones de vitaminas variaron entre las especies, pero fueron superiores a las reportadas para hongos cultivados. Particularmente, *Cantharellus odoratus* y *Amanita jacksonii* mostraron ser una buena fuente de vitamina C y rivo flavina, respectivamente. Adicionalmente, *Ramaria fennica* mostró ser una buena fuente de Se, el cual ha demostrado poseer actividades antioxidantes. Adicionalmente, se discute la importancia del manejo sustentable de los hongos comestibles silvestres en la conservación del bosque mesófilo de montaña. El presente trabajo documenta la importancia

nutrimental de los hongos comestibles silvestres de uno de los ecosistemas más frágiles del planeta, y su potencial relevancia en su conservación.

4.2 Introducción

El bosque mesófilo de montaña es un ecosistema tropical que se caracteriza por la frecuente y persistente presencia de nubes a nivel de la vegetación y se localiza típicamente a altitudes de 1500 a 2000 msnm en pequeñas y fragmentadas áreas ubicadas en el cinturón tropical en Latinoamérica, África y el Sureste Asiático. Es el ecosistema tropical que ocupa menor superficie a nivel mundial y uno de los más amenazados por la enorme presión social de las poblaciones que habitan en sus áreas aledañas y su consecuente cambio de uso de suelo, principalmente a áreas agrícolas o de pastoreo (Aide *et al.*, 2010). Su área total estimada a nivel mundial es de 214, 630 km², de los cuales aproximadamente la mitad, se localizan en Latinoamérica (Scatena *et al.*, 2010). A pesar de su reducida extensión, el bosque mesófilo de montaña es el ecosistema que alberga la mayor diversidad de especies de flora y fauna en relación a su área, por ejemplo se calcula que alrededor de 2500 a 3000 especies de plantas vasculares existen exclusivamente en estos bosques (Rzedowski, 2006) y alberga numerosas especies animales en riesgo de extinción (Mulligan, 2010). Adicionalmente, como todos los bosques tropicales poseen una enorme importancia en la captura de gases de efecto invernadero, secuestro de carbono, recarga de mantos acuíferos y mantenimiento de ciclos hidrológicos. Además de la importancia ecológica intrínseca de este ecosistema único existen en él, numerosas especies que son una importante fuente de alimento, medicina, usos ceremoniales e importancia social y cultural para los habitantes de las áreas tropicales que ocupa (Bruijnzeel *et al.*, 2010). El manejo sustentable de dichas especies, así como la generación de información que documente su importancia antropocéntrica podría constituir un factor vinculado con su conservación. Dentro de ellas se incluyen de manera importante, los hongos comestibles silvestres.

Los hongos comestibles silvestres son un recurso forestal no maderable de gran relevancia ecológica, económica, cultural y social en diversos ecosistemas terrestres. Constituyen una importante fuente nutrimental, nutracéutica y de compuestos bioactivos que complementa la dieta de poblaciones que habitan en las áreas cercanas a los bosques (Pérez-Moreno y Martínez-Reyes, 2014). Sin embargo, a diferencia de los hongos silvestres de áreas templadas y boreales,

principalmente de Norteamérica y Europa, los cuales han sido caracterizados nutrimentalmente a detalle, a la fecha no existe una caracterización nutrimental de los hongos comestibles silvestres del bosque mesófilo de montaña, a pesar de su potencial relevancia como un producto forestal no maderable cuyo manejo sostenible resultaría potencialmente útil en la conservación de dichos ecosistemas.

En el presente estudio se efectuó una caracterización nutrimental de las especies de hongos comestibles silvestres de mayor importancia económica, social y cultural del bosque mesófilo de montaña del Centro del estado de Veracruz en el sureste de México, una de las áreas prioritarias para la conservación de este tipo de ecosistema (CONABIO, 2010). Adicionalmente, se analiza y discute la importancia de los hongos comestibles silvestres en la conservación y manejo sostenible del bosque mesófilo de montaña.

4.3 Materiales y Métodos

4.3.1 Región de estudio.

El presente estudio se llevó a cabo en la “Región de las Altas Montañas” de la zona centro del estado de Veracruz, ubicada en el este de México entre las coordenadas 18°45’16.79” LN, 97°09’05.33” LO y 19°08’56” LN, 96°57’58” LO. Esta región se encuentra en un gradiente de altitud de 1237 a 2099 msnm. Los hongos se recolectaron en los municipios de Soledad Atzompa, Huiloapan de Cuauhtémoc, Orizaba, Chocamán, Coscomatepec y Huatusco. La vegetación de estos municipios es bosque mesófilo de montaña y el tipo de clima es muy variado, aunque predomina el templado húmedo, con temperatura media anual de 18 °C y precipitaciones de 1,500 a 2,000 mm anuales (CONAGUA, 2010; Williams-Linera, 2012).

Recolecta e identificación de hongos comestibles silvestres

La recolecta de hongos se realizó siguiendo la metodología de Cifuentes *et al.* (1986). En una primera fase se identificaron recolectores clave de hongos silvestres comestibles en la región, mediante visitas a los mercados municipales. Posteriormente se desarrollaron entrevistas con dichos recolectores con la finalidad de conocer las especies de hongos comestibles silvestres de mayor importancia económica, social y cultural así como los nombres comunes de dichos hongos, cantidades recolectadas; y guisos preparados con los mismos. En una segunda fase, en

coordinación con los recolectores clave se efectuaron recolectas en los bosques de la región en el periodo de mayo a septiembre del 2014. Los hongos recolectados, se trasladaron al laboratorio en donde se fotografiaron y se determinaron las características macro y micromorfológicas, útiles para su identificación siguiendo las técnicas rutinarias de micología propuestas por Largent (1973) y Largent *et al.* (1977).

4.3.2 Análisis proximal, vitaminas y minerales.

Para fines del análisis nutrimental, se seleccionaron las 7 especies de mayor importancia económica, social y cultural de la región de estudio. Los especímenes recolectados en el bosque, o adquiridos en el mercado, fueron cuidadosamente seleccionados para no incluir otras especies, limpiados y pesados en fresco. Las muestras se llevaron al laboratorio de Ciencia de los Alimentos del Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, se limpiaron, cortaron y pesaron en fresco. Posteriormente se colocaron en bolsas de papel estraza y se secaron a 65 °C durante 48 h. Cada una de las muestras de hongos, consistentes en 500 g de peso seco, se analizaron en un laboratorio acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación A.C. (EMA) y Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). Se efectuó un análisis proximal (humedad, proteína, carbohidratos, grasas, cenizas, fibra cruda y energía total), contenido de vitaminas y minerales.

Análisis proximal. El contenido de humedad se determinó por secado en estufa (Nollet, 1996). Cenizas por método gravimétrico (AOAC, 2012), al igual que la fibra cruda. Grasas se realizó por método de Soxhlet (AOAC, 2012). Para proteínas se utilizó el Método Kjeldahl (AOAC, 2012). Los carbohidratos se obtuvieron por Cálculo por diferencia. El aporte calórico se determinó por el Método por cálculo reportándose en Kcal (Manzi *et al.*, 2004): $(kcal)=4(g \text{ proteína} +g \text{ carbohidrato})+9(g \text{ grasas})$; el resto de los análisis se reportaron en $g \cdot 100^{-1}$ g.

Contenido de vitaminas. La tiamina y niacina se determinaron por el método fluorométrico y microbiológico respectivamente, la riovflavina se analizó según el método fluorométrico y la vitamina C por el método volumétrico, descritos en los procedimientos de los AOAC (AOAC, 2012). Todos los análisis se realizaron en muestra seca y se reportaron en $g \cdot 100^{-1}$ g.

Contenido de minerales. El hierro, selenio, potasio, calcio y sodio se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica y el fosforo se determinó por el método colorimétrico

descrito en los procedimientos de los AOAC (AOAC, 2012). Todos los análisis se realizaron en muestra seca y se reportaron en $\text{mg } 100^{-1} \text{ g}$.

4.4 Resultados y discusión

4.4.1 Especies de mayor abundancia y preferencia.

La especie más abundante y ampliamente comercializada en la región de estudio procedente de los bosques mesófilos de montaña fue *Cantharellus odoratus*, seguida de *Amanita jacksonii*, *Amanita basii* e *Hypomyces lactifluorum*. La cantidad recolectada por día fue de alrededor de hasta diez kilogramos de hongos comestibles silvestres. Dichas especies de hongos constituyen además las de mayor consumo y se comercializan en los mercados locales llamados “plazas”, en los municipios de Orizaba, Chocamán, Coscomatepec y Huatusco, Veracruz, principalmente (Cuadro 4 y Figura 11). *Lactarius indigo*, *H. lactifluorum*, *A. jacksonii* y *R. delica* han sido registradas también de bosques mesófilos de montaña del centro y sureste de México en los estados de México, Puebla (Bandala *et al.*, 1987) y Oaxaca. De particular interés es la especie *Hypomyces lactifluorum* la cual es ampliamente consumida en la región de estudio, siendo en realidad un hongo del grupo de los Ascomycetes parásito sobre Basidiomycetes de los géneros *Russula* y *Lactarius*. A diferencia de los esporomas de *H. lactifluorum* de zonas templadas, en el caso de los procedentes del bosque mesófilo de montaña son más bien pequeños en tamaño, debido a que parasitan especies de *Russula* y *Lactarius* de dicho tipo de vegetación, particularmente una variedad pequeña de *Russula delica* Fr. Por otra parte, *Cantharellus odoratus* es una especie de distribución restringida a nivel mundial, característica por su himenio liso, afín a *Cantharellus cibarius* la cual posee un himenio venoso y es conocida a nivel internacional como “chanterelle” en inglés, el cual es probablemente el hongo comestible silvestre más consumido en todo el mundo, con un valor en el mercado internacional de 1.67 billones de dólares americanos anualmente (Watling, 1997). *Amanita jacksonii* y *A. basii*, descritas en 2001 y 1984, respectivamente, pertenecen al subgénero *Amanita*, sección *Caesareae*. *A. jacksonii* pertenece a la estirpe *Hemiphaba* y tiene una especie hermana en el sureste Asiático conocida como *Amanita caesaroides* Lyu. N. Vassilieva y *Amanita basii* pertenece a la estirpe *Caesarea* y tiene una especie cercana, de distribución mediterránea *A. caesarea* (Scop.) Fr. Pers. Todas estas especies que forman parte del complejo de especies conocido como Amanita de los Césares, de gran valor en mercados internacionales (Guzmán y Ramírez-Guillen, 2001; Tulloss, 2015).

La mayoría de las personas que consumen hongos en la región de estudio, lo hacen en guisos tradicionales tales como: a la mexicana, en salsa verde, con huevo, frito con cebolla y chile verde, fritos con epazote, en chileatole de espinazo, en tesmole con pollo y masa, al vapor y asados.

Cuadro 4. Especies de hongos comestibles silvestres de mayor abundancia y preferencia en las regiones con bosque mesófilo de montaña en el centro del estado de Veracruz, México.

Nombre científico	Nombre común	Familia	Localidades de consumo
<i>Amanita basii</i> Guzmán et Ram.-Guill.	Hongo amarillo	Amanitaceae	Coscomatepec, Huiloapan
<i>Amanita jacksonii</i> Pomerl.	Hongo rojo	Amanitaceae	Huiloapan, Soledad, Atzompa
<i>Cantharellus odoratus</i> (Schwein.) Fr.	Hongo de encino	Cantharellaceae	Huatusco
<i>Hypomyces lactifluorum</i> (Schwein.) Tul. et C. Tul.	Hongo trompa de cochino	Hypocreaceae	Chocamán, Coscomatepec, Huiloapan, Tequila
<i>Lactarius indigo</i> (Schwein.) Fr.	Hongo azul	Russulaceae	Huiloapan, Soledad, Atzompa
<i>Russula delica</i> Fr.	Hongo blanco	Russulaceae	Coscomatepec, Huiloapan, Soledad, Atzompa
<i>Ramaria fennica</i> (P. Karst.) Ricken	Hongo escobeta/escobetilla	Gomphaceae	Tequila, Soledad, Atzompa

4.4.2 Composición nutrimental

La composición nutrimental de los hongos comestibles es uno de los factores que ha cobrado importancia en los últimos años para su consumo, sin dejar de lado su aceptación basada principalmente en sus características organolépticas incluyendo su color, textura, sabor y olor. Asimismo, en fechas recientes ha cobrado gran interés la producción de compuestos bioactivos de los hongos, como alimentos funcionales con beneficios en la salud (Chang y Miles, 2004; Pérez-Moreno y Martínez-Reyes, 2014). Con respecto al porcentaje de humedad, los hongos

evaluados tuvieron de 88.83 a 95.70 %, valores similares a los que han sido reportados previamente para otras especies de hongos comestibles silvestres (Beluhan y Ranogajec, 2011;

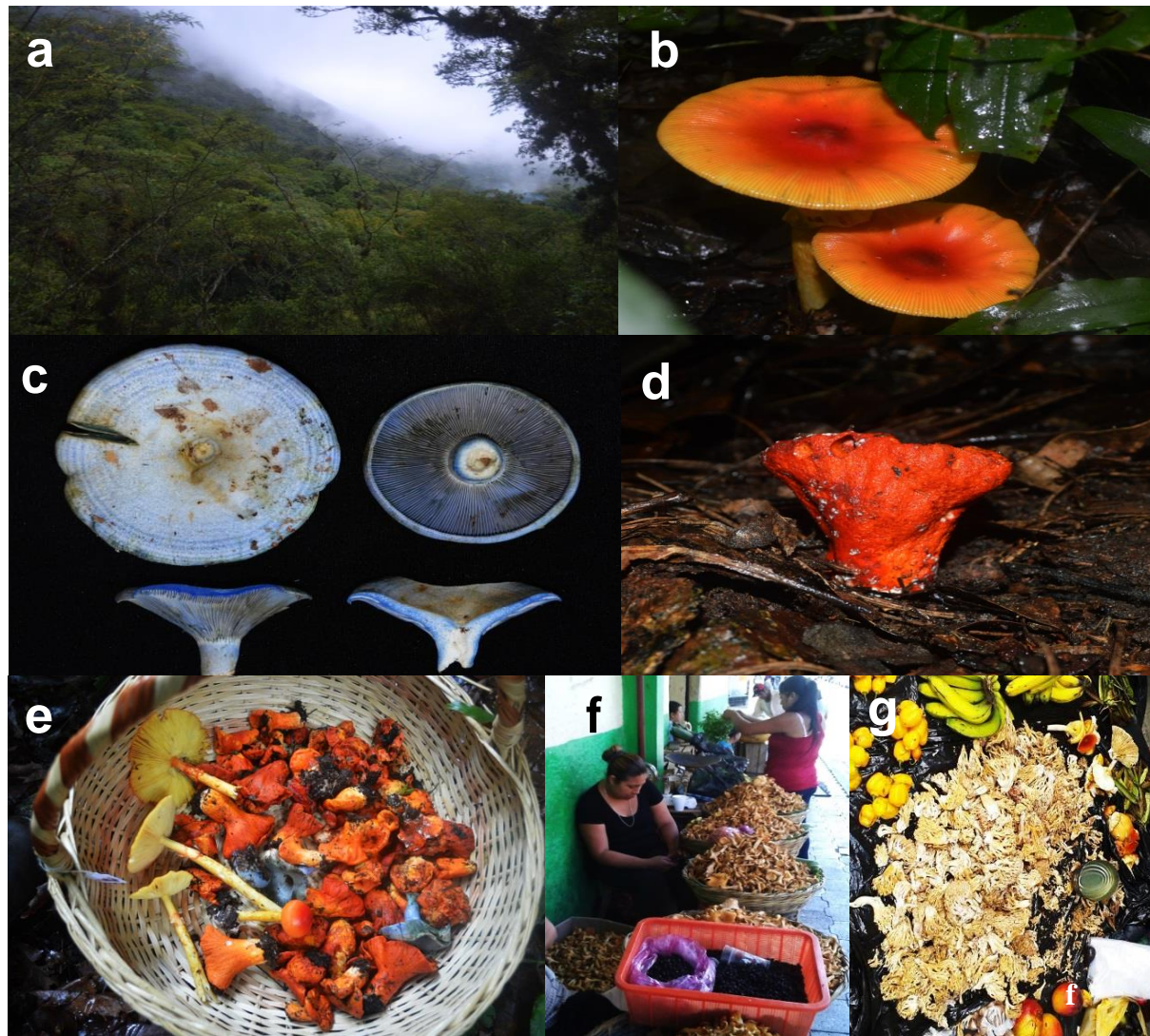


Figura 11. El bosque mesófilo de montaña y sus hongos comestibles silvestres: a) Vista general del bosque en Nogales, Ver.; b) *Amanita jacksonii* en su hábitat natural; c) *Lactarius indigo* conocido como “azul”; d) *Hypomyces lactifluorum* en condiciones naturales; e) Canasta con diferentes especies comestibles recolectadas; f) Venta de *Cantharellus odoratus* en el mercado de Huatusco, Ver. g) *Ramaria fennica* en el mercado “Emiliano Zapata” de Orizaba, Ver., junto con otros productos subtropicales y tropicales de la región.

León-Guzmán *et al.*, 1997). *Amanita jacksonii* tuvo el mayor contenido de humedad (95.7 %), mientras que *Cantharellus odoratus* mostró el menor (88.83 %). La diferencia de humedad

encontrada entre las especies se debe a factores, tales como época de recolección, periodo de maduración y condiciones ambientales incluyendo temperatura, humedad ambiental relativa y periodo de crecimiento (Crisan y Sands, 1978).

El contenido de proteína depende de la especie fúngica, estado de desarrollo, estructura del hongo (píleo o estípite), nivel de nitrógeno disponible y lugar de recolección (Beluhan y Ranogajec, 2011); reportándose un intervalo de 19 a 35% de proteína (Panesar y Marwaha, 2013). En este estudio, la más alta concentración de proteínas se encontró en *Amanita basii* con 31.28 g 100⁻¹ g de p. s. (peso seco), similar a lo reportado para *Amanita caesarea* 34.77 g 100⁻¹ g de p. s. (Ouzouni *et al.*, 2009), pero superior al contenido reportado para *Pleurotus ostreatus* y *Amanita rubescens* con 24.90 y 17.40 g 100⁻¹ g de p. s., respectivamente (León-Guzmán *et al.*, 1997; Beluhan y Ranogajec, 2011). La menor concentración de proteína se registró en *Cantharellus odoratus* (22.35 g 100⁻¹ g de p. s.), mayor que la registrada por Sanmee *et al.* (2003) para la misma especie 15.5 g 100⁻¹ g de p. s. Datos equivalentes o menores a los contenidos proteínicos de los hongos estudiados han sido reportados en otros alimentos convencionales ricos en proteína como trigo (13.2%), leche (25.2%) y carne (24%).

El contenido de carbohidratos registrado varió entre 23.96 a 45.13 g 100⁻¹ g de peso seco, en *Amanita jacksonii* y *Ramaria fennica*, respectivamente (Cuadro 5). En otros trabajos se han reportado en el género *Ramaria* concentraciones mayores a las registradas en *R. fennica*, de 65 g 100⁻¹ g de peso seco para *R. flava* (Colak *et al.*, 2009) y de 50.8 g 100⁻¹ g de peso seco para *R. botrytis* (Barros *et al.*, 2008); incluso en *Amanita caesarea* se reportó una concentración de 55.63 g 100⁻¹ g de peso seco (Ouzouni *et al.*, 2009). Se ha hipotetizado que la variación en el contenido de carbohidratos está relacionada, además de la composición diferencial interespecífica, con la variabilidad de condiciones edáficas y climáticas de los sitios de recolección (Colak *et al.*, 2009). El contenido de grasas en *Amanita jacksonii* y *A. basii* encontrado fue de 10.20 y 11.51 g 100⁻¹ g de peso seco, respectivamente, éstos valores son relativamente altos en comparación con otras especies de hongos comestibles silvestres, donde se reporta un contenido aproximado de 1.9 g 100⁻¹ g de peso seco en *Cantharellus cibarius* o de 3.50 g 100⁻¹ g de peso seco en *Amanita caesarea* (Ouzouni *et al.*, 2009; Beluhan y Ranogajec, 2011). En contraste, el contenido de grasa en *Cantharellus odoratus* e *Hypomyces lactifluorum* fue tan bajo que no fue posible de cuantificar con la metodología empleada (Cuadro 5). No obstante, en otras investigaciones

Craterellus odoratus reportó valores de 3 g 100⁻¹ g de peso seco, mientras que para *Cantharellus cibarius* se han reportado cantidades relativamente bajas de 1.4. a 1.9 g 100⁻¹ g de peso seco (Sanmee *et al.*, 2003; Colak *et al.*, 2009; Beluhan y Ranogajec, 2011; Liu *et al.*, 2012).

El contenido de cenizas varió entre 5.37 y 11.74 g 100⁻¹ g peso seco, para *Ramaria fennica* y *Amanita jacksonii*, respectivamente; datos similares para el contenido de cenizas para especies del genero *Ramaria* reportados por León-Guzmán *et al.* (1997) y Colak *et al.* (2009), los cuales variaron de 3.05 a 6.90 g 100⁻¹ g de peso seco respectivamente. Mientras que para la especie *Amanita caesarea* se han reportado valores de 6.05 g 100⁻¹ g de peso seco (Ouzouni *et al.*, 2009). El contenido de fibra cruda se encontró entre 9.53 a 29.82 g 100⁻¹ g de peso seco en *Ramaria fennica* e *Hypomyces lactifluorum*, respectivamente. En relación al aporte calórico, *Amanita basii* mostró 313.9 kcal en contraste con 208.2 kcal de *Hypomyces lactifluorum* (Cuadro 5), por lo que se observó diferencia considerable entre los valores determinados. Éstos resultados muestran similitud con los reportados previamente por Kalac (2009).

Estos resultados evidencian que en la región de estudio se recolectan especies de hongos que son alimentos que constituyen una excelente fuente de proteínas, carbohidratos y bajos en grasas, de manera similar a como ha sido reportado para otras especies de hongos comestibles silvestres distribuidos en regiones boreales y templadas del planeta como *Cantharellus cibarius* (Barros *et al.*, 2008). De acuerdo con los datos registrados de proteínas y grasas en la presente investigación, las especies *Amanita basii* y *Amanita jacksonii* pueden ser comparables con otras especies de HSC europeos, asiáticos, e incluso mejores que algunos hongos cultivados muy populares tales como *Pleurotus ostreatus* y *Agaricus bisporus* (Akindahunsi y Oyetayo, 2006; Bernás *et al.*, 2006; Barros *et al.*, 2008; Ouzouni *et al.*, 2009; Kalac, 2009; Sanmee *et al.*, 2003; Liu *et al.*, 2012; Cheung, 2013).

4.4.3 Vitaminas

Cantharellus odoratus presentó el mayor contenido de vitamina C (32.71 mg 100⁻¹ g de peso seco) y la menor concentración reportada fue en *Hypomyces lactifluorum* con 16.35 mg 100⁻¹ g de peso seco.; valores similares se han reportado para *Pleurotus ostreatus* y *Agaricus bisporus*, 20 y 17 mg 100⁻¹ g de peso seco, respectivamente (Lasota y Sylwestrzak, 1982; Mattila *et al.*,

2001). En contraste, la vitamina C no fue detectada en *Russula delica*, y la tiamina no se detectó en *A. jacksonii*, *C. odoratus* y *R. delica* (Cuadro 6). *Lactarius indigo* mostró el mayor contenido de tiamina con 0.63 mg 100⁻¹ g de peso seco y el menor lo mostró *Ramaria fennica* con 0.19 mg

Cuadro 5. Composición proximal de las especies de hongos comestibles silvestres de mayor abundancia y preferencia en las regiones con bosque mesófilo de montaña en el centro del estado de Veracruz, México.

Especies	g 100 ⁻¹ g de peso seco						Aporte calórico (kcal)
	Humedad (%)	Proteína	Carbohidratos	Grasas	Cenizas	Fibra cruda	
<i>Amanita basii</i>	93.86	31.28	40.16	11.54	10.88	14.17	313.90
<i>Amanita jacksonii</i>	95.70	27.45	23.96	10.20	11.74	17.15	297.44
<i>Cantharellus odoratus</i>	88.83	22.35	39.36	*	11.47	19.42	246.84
<i>Hypomyces lactifluorum</i>	93.62	24.32	27.73	*	8.03	29.82	208.20
<i>Lactarius indigo</i>	91.11	23.78	33.93	3.51	5.57	24.71	262.43
<i>Russula delica</i>	91.99	24.91	40.55	3.38	9.29	12.77	292.26
<i>Ramaria fennica</i>	89.43	25.64	45.13	2.13	5.37	9.53	302.25

*Menor al límite de cuantificación.

100⁻¹ g de peso seco. Resultados similares han sido reportados para *Pleurotus ostreatus* y *Cantharellus cibarius*, con 0.90 y 0.58 mg 100⁻¹ g de peso seco, respectivamente (Karkocha y Mlodecki, 1965; Mattila *et al.*, 2001). No obstante, se reportan diferentes contenidos en peso fresco; por ejemplo, para *Pleurotus ostreatus* se ha cuantificado 0.19 mg 100⁻¹ g, y para *Cantharellus cibarius* 0.3 mg 100⁻¹ g (Caglarirmak *et al.*, 2002; Afiukwa *et al.* 2013).

La rivo flavina, vitamina importante del grupo B, se encontró mayormente en *Amanita jacksonii* y *Lactarius indigo* con 6.75 y 6.75 mg 100⁻¹ g de peso seco, respectivamente. Estos valores son mayores a las concentraciones reportadas en hongos cultivados como *Pleurotus ostreatus* con 2.5 mg 100⁻¹ g de peso seco (Karkocha y Mlodecki, 1965; Mattila *et al.*, 2001). El menor contenido de rivo flavina fue de 2.42 mg 100⁻¹ g de peso seco y correspondió a *Hypomyces lactifluorum*. Valores inferiores (0.075 mg 100⁻¹ g de peso fresco) han sido reportados previamente para hongos cultivados como *P. ostreatus* (Furlani y Godoy, 2008). Sin embargo, aún los hongos con valores bajos son buena fuente de rivo flavina comparado con diferentes alimentos como frutas, vegetales y lácteos; no así cuando se compara con carnes. Como se observa en la Tabla 3, *A. basii* mostró la mayor concentración de niacina con 64.33 g 100⁻¹ g de peso seco, valores similares fueron reportados para hongos cultivados como *Pleurotus ostreatus* con 65 mg 100⁻¹ g (Karkocha y Mlodecki, 1965; Mattila *et al.*, 2001). También, se han reportado valores de 9.22 g 100⁻¹ g en *Hypomyces lactifluorum*. Los hongos son una fuente importante de vitaminas (Bernas *et al.*, 2006) particularmente las del grupo B (Breene, 1990; Zrodowski, 1995). En general, se observó una variación interespecífica entre las especies estudiadas, sin embargo en términos generales se registraron valores superiores en comparación con los reportados para las especies cultivadas más populares como *Agaricus bisporus* y *Pleurotus ostreatus* (Karkocha y Mlodecki, 1965; Mattila *et al.*, 2001) De manera similar, las especies estudiadas mostraron mayor contenido de Vitamina C comparado con otras especies silvestres comestibles, excepto para *A. basii* e *H. lactifluorum*, las cuales contenían menor contenido que *Agaricus bisporus*, pero no dejan de ser una buena fuente de Vitamina C considerando los requerimientos diarios en la dieta. Con respecto a las vitaminas del grupo B, *A. basii* fue la especie que registró los mayores valores. Por lo tanto, se puede afirmar que de las especies estudiadas, *A. basii* y *L. indigo*, son las que tienen los mayores contenidos de vitaminas (Cuadro 6).

4.4.4 Composición de minerales

De acuerdo con los aportes dietéticos recomendados por la *National Research Council of the National Academy of Sciences* (NCR/NAS, 1989), se reporta a los hongos silvestres comestibles como una fuente importante de minerales. En el presente estudio, el sodio se encontró en un intervalo de 53.93 a 81.99 mg 100⁻¹ g de peso seco en *Ramaria fennica* y *Amanita jacksonii*, respectivamente. Valores similares han sido reportados en hongos cultivados tales como:

Pleurotus ostreatus con 40 mg 100⁻¹ g de peso seco y *Agaricus bisporus* con 76 mg 100⁻¹ g de peso seco (Vetter, 1994). Sin embargo, concentraciones diferentes se han citado en otros trabajos

Cuadro 6. Contenido de vitaminas de las especies de hongos comestibles silvestres de mayor abundancia y preferencia en las regiones con bosque mesófilo de montaña en el centro del estado de Veracruz, México.

Especies	Vitamina C	Tiamina	Rivoflavina	Niacina
		(mg 100 ⁻¹ g de peso seco)		
<i>Amanita basii</i>	16.59	0.20	5.05	64.33
<i>Amanita jacksonii</i>	29.42	*	6.75	13.23
<i>Cantharellus odoratus</i>	32.71	No detectado	3.40	28.30
<i>Hypomyces lactifluorum</i>	16.35	0.42	2.42	9.22
<i>Lactarius indigo</i>	26.16	0.63	6.45	27.37
<i>Russula delica</i>	No detectado	No detectado	5.77	37.32
<i>Ramaria fennica</i>	20.60	0.19	3.92	20.48

*No cuantificable.

para diferentes especies de hongos silvestres comestibles como en el caso de *Cantharellus cornucopioides* con 1185 µg/g o *Cantharellus cibarius* con 0.29 mg% (Agrahar-Murugkar y Subbulaskshmi, 2005; Gencelep *et al.*, 2009; Liu *et al.* 2012). Los niveles de hierro fueron de 74.99 mg 100⁻¹ g de peso seco en *Craterellus odoratus*, mientras que *Amanita basii* mostró 9.78 mg 100⁻¹ g de peso seco. Este elemento mostró valores similares a los observados en otras investigaciones en diferentes especies de hongos silvestres, como en *Russula delica* con 2.78 mg/kg, *Lactarius deliciosus* con 180 mg/kg y *Amanita caesarea* con 4660 mg/kg (Mendil *et al.*, 2004; Sarikurkcu *et al.*, 2010; Singdevsachan *et al.*, 2014). Igualmente en el calcio se registró una gran diferencia en las concentraciones con 78.03 mg 100⁻¹ g en *A. basii* y 131.92 mg 100⁻¹ g en *R. fennica*. El contenido de potasio se encontró en los intervalos entre 1200.63 a 4670.06 (mg

100⁻¹ g) para *R. fennica* y *A. jacksonii*, respectivamente. Este elemento fue el mineral de mayor concentración en los HSC evaluados.

Con respecto al contenido de selenio, el cual ha demostrado poseer actividad antioxidante, *R. fennica* es el hongo que tuvo la mayor concentración (28.03 mg 100⁻¹ g), mientras que *H. lactifluorum* mostró la menor concentración con 19.34 mg 100⁻¹ g (Cuadro 7). Cabe señalar que en *C. odoratus* no fue detectado selenio al igual que lo reportado por Sanmee *et al.* (2003). En otras especies como *Amanita caesarea*, *Cantharellus cibarius* y *Russula virescens* se han observado concentraciones sustancialmente menores a las encontradas en las especies estudiadas en el presente trabajo, de 3.30, 1.28 y 12.6 mg kg⁻¹, respectivamente (Sanmee *et al.*, 2003; Cocchi *et al.*, 2006).

En fósforo, *A. jacksonii*, *C. odoratus*, *H. lactifluorum* y *L. indigo*, presentaron concentraciones en un intervalo de 0.20 a 0.30 g 100⁻¹ g de peso seco. Estos datos son similares a los reportados para *Cantharellus cibarius* con 0.58 g 100⁻¹ g de peso seco y *Russula delica* con 0.47 g 100⁻¹ g de peso seco (Agrahar-Murugkar y Subbulaskshmi, 2005; Gencelep *et al.*, 2009; Singdevsachan *et al.*, 2014). *A. jacksonii* fue la especie con los mayores contenidos de minerales y la especie afín *A. basii*, fue la especie que mostró los menores contenidos, precedida de *Ramaria fennica* (Cuadro 7). Comparando éstos resultados con otros trabajos, existen diferencia con respecto a otras especies en las concentraciones de Ca, K y Se; esto se debe posiblemente a las condiciones de desarrollo de las especies fúngicas, edad del hongo, tamaño del píleo, lugar de colecta y concentración de minerales en el sustrato (Demirbas, 2001; Sanmee *et al.*, 2003; Agrahar-Murugkar y Subbulaskshmi, 2005; Cocchi *et al.*, 2006; Gencelep *et al.*, 2009; Singdevsachan *et al.*, 2014). Al comparar los hongos con los vegetales, los hongos estudiados poseen una considerable cantidad de elementos minerales (Manzi *et al.*, 1999), y al comparar las concentraciones de minerales registradas con *Pleurotus*, las concentraciones en K, Na y Ca son similares a las encontradas en el presente trabajo (Adebayo *et al.*, 2014).

Cuadro 7. Contenido de minerales de las especies de hongos comestibles silvestres de mayor abundancia y preferencia en las regiones con bosque mesófilo de montaña en el centro del estado de Veracruz, México.

Especies	Na	Fe	Ca	K	Se	P (g)
	(mg 100 ⁻¹ g de peso seco)					
<i>Amanita basii</i>	63.17	9.78	78.03	2474.8	23.12	0.20
<i>Amanita jacksonii</i>	81.99	20.83	115.31	4670.06	20.16	0.30
<i>Cantharellus odoratus</i>	72.09	74.99	101.23	3265.31	No detectado	0.30
<i>Hypomyces lactifluorum</i>	59.17	19.98	87.72	3491.65	19.34	0.30
<i>Lactarius indigo</i>	83.73	19.91	104.87	1614.98	20.47	0.30
<i>Russula delica</i>	56.26	28.29	80.07	2724.68	22.70	0.20
<i>Ramaria fennica</i>	53.93	36.54	131.92	1200.63	28.03	0.20

4.5 Conclusiones

Por primera ocasión se presenta una caracterización nutrimental de hongos comestibles silvestres de las especies de mayor relevancia económica, cultural y social de bosque mesófilo de montaña. Se demuestra que los hongos comestibles silvestres del bosque mesófilo de montaña, constituyen una importante fuente nutrimental como complemento para los grupos humanos que habitan áreas aledañas a dicho tipo de vegetación. *Amanita basii* presentó un alto contenido de proteínas, y *Ramaria fennica*, *Cantharellus odoratus* e *Hypomyces lactifluorum* un bajo contenido de grasas. Los contenidos de vitaminas fueron variables en las especies evaluadas, *Cantharellus odoratus* siendo una buena fuente de vitamina C y *Amanita jacksonii* y *Lactarius indigo* de rivoflavina. En relación a los minerales, *Ramaria fennica* mostró ser una buena fuente de Se, el cual ha demostrado poseer propiedades antioxidantes. Hasta donde conocemos, se describen por primera ocasión las propiedades nutrimentales de las especies de los hongos comestibles silvestres *Amanita basii*, *Amanita jacksonii* y *Ramaria fennica*, especies abundantes en el bosque mesófilo de montaña de la región de estudio. Por su alto valor nutrimental para la alimentación humana, un manejo sustentable de los hongos comestibles silvestres del bosque mesófilo de montaña contribuiría a la conservación de este frágil ecosistema, amenazado de desaparecer.

4.6 Literatura citada

- Adebayo E. A., Oloke J. K., Azeez M. A., Omomowo I. O. y Bora T. C. 2014. Assessment of the genetic diversity among ten genotypes of *Pleurotus* (oyster mushroom) using nutrient and mineral compositions. *Scientia Horticulturae*, 166: 59-64.
- Afiukwa C., Ugwu O., Okoli S., Idenyi J. y Ossai E. 2013. Content of some Vitamins in Five Edible Mushroom Varieties Consumed in Abakaliki Metropolis, Nigeria. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 4(2): 805-812.
- Agrahar-Murugkar D. y Subbulakshmi, G. 2005. Nutritional value of edible wild mushrooms collected from the Khasi hills of Meghalaya. *Food Chemistry*, 89(4): 599-603.
- Aide T. M. y Ruiz-Jaen M. C. 2010. Tropical montane cloud forests: state of knowledge and sustainability perspectives in a changing world In: LA Bruijnzeel, FN Scatena, LS Hamilton (eds.) *Tropical montane cloud forests: science for conservation and Management*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp 101-109.
- Akindahunsi A. A. y Oyetayo F. L. 2006. Nutrient and antinutrient distribution of edible mushroom, *Pleurotus Tuber-regium* (fries) singer. *LWT- Food Science and Technology*, 39(5): 548-553.
- AOAC. 2012. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry International. Horwitz, W. and Latimer, G.W. (Eds) (19th ed.). Arlington VA, USA
- Bandala V., Montoya M. y Guzmán G. 1987. Nuevos registros de hongos del estado de Veracruz III. Descripción de algunos Ascomycetes y Aphyllphorales. *Revista Mexicana de Micología* 3: 51-69.
- Barros L., Venturini B. A., Baptista P. y Estevinho L. M. 2008. Chemical composition and biological properties of portuguese wild mushrooms: a comprehensive study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(10): 3856-3862.
- Beluhan S. y Ranogajec A. 2011. Chemical composition and non-volatile componenets of croatian wild edible mushrooms. *Food Chemistry* 124 (3):1076-1082.
- Bernás E., Jaworska G. y Lisiewska S. 2006. Edible mushrooms as a source of valuable nutritive constituents. *Acta Scientiarum Polonorum, Tecnología de alimentos*, 5(1): 5-20.
- Breene W. M. 1990. Nutritional and medicinal value of speciality mushrooms. *Journal of Food Protection*, 53(10): 883-899.
- Bruijnzeel L. A., Kappelle M., Mulligan M. y Scatena F. N. (eds.). 2010. Tropical montane cloud forests: state of knowledge and sustainability perspectives in a changing world. In: LA Bruijnzeel, FN Scatena, LS Hamilton (eds.) *Tropical montane cloud forests: science for conservation and Management*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp 691-740.

- Caglarlrmak N., Ünal K. y Ötles S. 2002. Nutritional value of edible wild mushrooms collected from the Black Sea region of Turkey. *Micologia Aplicada Internacional*, 14(1): 1-5
- Cifuentes J., Villegas M. y Pérez-Ramírez L. 1986. Hongos. En: Manual de herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos, A. Lot y F. Chang (Eds.). Consejo Nacional de la Flora de México. A.C., México D.F. pp 55-64.
- Chang S. T. y Miles P. G. 2004. Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, environmental impact. CRC Press, Boca Raton. 451 p.
- Cheung P. C. 2013. Mini-review on edible mushrooms as source of dietary fiber: Preparation and health benefits. *Food Science and human Wellness*, 2(3-4): 162-166.
- Cocchi L., Vescovi L., Petrini L. E. y Petrini O. 2006. Heavy metals in edible mushrooms in Italy. *Food Chemistry*, 98(2): 277-284.
- Colak A., Faiz O. y Sesli E. 2009. Nutritional Composition of Some Wild Edible Mushrooms. *Turkish Journal of Biochemistry* 34, 1: 25-31.
- CONABIO. 2010. El bosque mesófilo de montaña en México: amenazas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. México D.F., México. 197 p.
- CONAGUA. 2010. Clima en México. *Comisión Nacional del Agua, Servicio Meteorológico Nacional*. Dir. 90/496/ CEE. México.
- Crisan E. W. y Sands A. 1978. Nutritional value. The biology and cultivation of edible Mushrooms. Academic Press, New York. pp 172-189.
- Demirbas A. 2001. Concentrations of 21 metals in 18 species of mushrooms growing in the East Black Sea region. *Food Chemistry*, 75(4): 453-457.
- Furlani R. P. Z. y Godoy H. T. 2008. Vitamins B1 and B2 contents in cultivated mushrooms. *Food Chemistry*, 106(2): 816-819.
- Gencelep H., Uzun Y., Tunctürk Y. y Demirel K. 2009. Determination of mineral contents of wild-grown edible mushrooms. *Food Chemistry*, 113(4): 1033-1036.
- Guzmán G. y Ramírez-Guillén F. 2001. The *Amanita caesarea*-complex. *Bibliothèque Mycologique*. 187: 1-66.
- Kalac P. 2009. Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms: A review. *Food Chemistry*, 113 (1): 9-16.

- Karkocha I. y Mlodecki H. 1965. Studies on nutritive value of some polish mushrooms. *PZH*, 16(1): 71-76.
- Largent D. L. 1973. How to Identify Mushrooms to Genus, I: Macroscopic Features. Mad River Press. Eureka. Ca. 86 p.
- Largent D. L., Johnson D. y Watling R. 1977. How to Identify Mushrooms to Genus, II: Macroscopic Features. Mad River Press. Eureka. Ca. 148 p.
- Lasota W. y Sylwestrzak J. 1982. Chemical composition of cultivated mushrooms. Part II. *Pleurotus ostreatus* and its variety *Pleurotus florida*. *Chem. Toksykol*, 15 (1-2): 1-10.
- León-Guzmán M. F., Silva I. y López M. G. 1997. Proximate chemical composition, free amino acid contents, and free fatty acid contents of some wild edible mushrooms from Querétaro, México. *Journal Agriculture and Food Chemistry*. 45: 4329-4332.
- Liu Y-T., Sun J., Luo Z-Y., Rao S-Q., Su Y-J., Xu R-R. y Yang Y-Y. 2012. Chemical composition of five wild edible mushrooms collected from Southwest China and their antihyperglycemic and antioxidant activity. *Food and Chemical Toxicology*, 50(5): 1238-1244.
- Manzi P., Grambelli L., Marconi S., Vivanti V. y Pizzoferrato L. 1999. Nutrients in edible mushrooms: an inter-species comparative study. *Food Chemistry*, 65(4): 477-482.
- Manzi, P., Marconi, S., Aguzzi, A., & Pizzoferrato, L. 2004. Commercial mushrooms: nutritional quality and effect of cooking. *Food Chemistry*, 201-206.
- Mattila P., Könkö K., Eurola M., Philava J-M., Astola J., Vahteristo L., Kumpulainen J., Valtonen M. y Piironen V. 2001. Contents of vitamins, mineral element, and some phenolic compounds in cultivated mushrooms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(5): 2343-2348.
- Mendil D., Uluözlü Ö.G., Hasdemir E. y Caglar A. 2004. Determination of trace elements on some wild edible mushroom samples from Kastamonu, Turkey. *Food Chemistry*, 88(2): 281-285.
- Mulligan M. 2010. Modeling the tropics-wide extent and distribution of cloud forest and cloud forest loss, with implications for conservation priority. In: LA Bruijnzeel, FN Scatena, LS Hamilton (eds.) *Tropical montane cloud forests: science for conservation and Management*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp 14-38.
- NCR/NAS. 1989. *Recommended Dietary Allowances*. Washington, DC.: National Academy Press.
- Nollet, LM. 1996. *Handbook of food analysis*. M. Dekker: New York.

- Ouzouni P. K., Petridis D., Koller W. D. y Riganakos K. 2009. Nutritional value and metal content of wild edible mushrooms collected from West Macedonia and Epirus, Greece. *Food Chemistry*, 115(4): 1575-1580.
- Panesar P. S. y Marwaha S. S. 2013 *Biotechnology in Agriculture and Food Processing Opportunities and Challenges*. Capítulo 1. CRC Press, Florida, pp 3-44.
- Pérez-Moreno J. y Martínez-Reyes M. 2014. Edible ectomycorrhizal mushrooms: biofactories for sustainable development. In: R Guevara-González and I. Torres-Pacheco (eds.) *Biosystems Engineering: Biofactories for Food Production in the Century XXI*. Springer International Publishing, Switzerland. pp 151-233.
- Rzedowski J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 505 p.
- Sanmee R., Dell B., Lumyong P., Izumori K. y Lumyong S. 2003. Nutritive value of popular wild edible mushrooms from northern Thailand. *Food Chemistry*, 82, 4: 527-532.
- Sarikurkcü C., Tepe B., Semiz D. K. y Solak M. H. 2010. Evaluation of metal concentration and antioxidant activity of three edible mushrooms from Mugla, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 48(5): 1230-1233.
- Scatena F. N., Bruijnzeel L. A., Bubb P. y Das S. 2010. Setting the stage. In: LA Bruijnzeel, FN Scatena, LS Hamilton (eds.) *Tropical montane cloud forests: science for conservation and Management*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp 3-13.
- Singdevsachan S. K., Patra J. K., Tayung K., Sarangi K. y Thatoi H. 2014. Evaluation of nutritional and nutraceutical potentials of three wild edible mushrooms from Similipal Biosphere Reserve, Odisha, India. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 9: 111-120.
- Tulloss D. C. 2015 *Studies in the Amanitaceae*. The New York Botanical Garden, New York [en línea]. [Fecha de consulta: 13 de julio de 2015]. Disponible en <http://www.amanitaceae.org/>.
- Vetter J. 1994. Mineral elements in the important cultivated mushrooms *Agaricus bisporus* and *Peurotus Ostreatus*. *Food Chemistry*, 50(3): 277-279.
- Watling R. 1997. The business of fructification. *Nature* 385: 299-300.
- Williams-Linera G. 2012. *El bosque de niebla, del centro de Veracruz: ecología, historia y destino en tiempo de fragmentación y cambio climático* (Digital ed.). Xalapa, Veracruz: INECOL, Instituto de Ecología, A.C./ CONABIO.
- Zrodowski Z. 1995. The influence of washing and peeling of mushrooms *Agaricus bisporus* on the level of heavy metal contamination. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 4(1): 26-33.

V. RECETARIO DE HONGOS SILVESTRES COMESTIBLES DEL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA: PLATILLOS TRADICIONALES Y GOURMET

5.1 Recetas con *Amanita jacksonii*

Las características nutricionales sobresalientes en g 100⁻¹ g de peso seco son las siguientes: proteínas 24.45, carbohidratos 23.96, grasas 10.20, fibra cruda 17.15 y aporte calórico de 297.44 kcal. *Amanita jacksonii* también conocido como hongo rojo, muy atractivo por su color en crudo, que desaparece con la cocción, pero mantiene su agradable sabor y aroma, muy similar a *Amanita caesarea*. A continuación se presentan dos recetas, la primera es la correspondiente a la receta tradicional y la segunda a la gourmet.

“Hongos al vapor” (6 pax “personas a la mesa”)

Ingredientes:

- 1 Kg de hongo
- Sal

Procedimiento: Poner los hongos al vapor con un poco de sal, cuando empieza a hervir el agua dejarlos por unos 8 a 10 minutos y apagar. Acompañar con una salsa de molcajete y tortillas.



Figura 12. Hongos al vapor.

“Hamburguesas vegetarianas” (6 pax)

Ingredientes:

- 1 Kg hongos
- 6 piezas de queso tipo cheddar
- 6 piezas de queso manchego
- 2 pimientos rojos
- 2 cebollas
- Lechuga
- Mayonesa
- Mostaza
- Cátsup
- 6 piezas de pan para hamburguesa

Procedimiento: Desinfectar la lechuga y filetear la cebolla finamente y caramelizar. Mientras tanto rostizar los pimientos, en la estufa o en el horno, pelar y desvenar, cortar en tiras de aproximadamente 1 cm de grosor a lo largo del chile. Es importante blanquear² los hongos para bajar un poco la carga microbiana (al ser silvestre) y seguido poner a asar con sal unos 5 a 7 min primero boca abajo y voltear, poner los quesos para que gratinen. Calentar el pan al vapor, agregar los aderezos al gusto, poner los hongos gratinados, la cebolla caramelizada y los pimientos rostizados. Guarnición consistente en lechuga y papas al gusto.



Figura 13. Hamburguesas vegetarianas.

² El alimento se introduce en agua hirviendo por unos segundos o un par de minutos, dependiendo de qué se trate.

5.2 Recetas con *Amanita basii*

Las características nutricionales sobresalientes en g 100⁻¹ g de peso seco son las siguientes: proteínas 31.28, carbohidratos 40.16, grasas 11.54, fibra cruda 14.17 y aporte calórico de 313.90 kcal. *Amanita basii* también conocido comúnmente como hongo amarillo, muy carnosos y agradable sabor, además es un hongo de muy buen tamaño y comparándolo con otros hongos es de precio accesible, si nunca ha comido hongos silvestres comestibles, es muy recomendable iniciar con éste, dado su sabor.

“Hongos al ajillo” (6 pax)

Ingredientes:

- 1 Kg de hongos
- 5 a 6 chiles guajillo
- 1 cabeza de ajo
- 40 a 50 mL de aceite
- Sal y pimienta

Procedimiento: Pelar los ajos y filetear, también cortar los chiles en finas tiras con tijeras de cocina. Enseguida cortar los sombreros de los hongos en sextos y los tallos o estípites en 1 cm de grosor. Encender el fuego y poner un sartén a calentar y agregar el aceite, el ajo y dorar (mover constantemente para que no se queme), seguido el chile guajillo en tiras (cuidar que no se queme), una vez fritos ambos ingredientes, retirar del sartén. Ahí mismo poner a freír los hongos, agregar un poco de aceite de ser necesario, dejar freír hasta que se consuma su propio jugo y regresar el ajillo, freír todo junto por un par de minutos y servir. Acompañarlo con tortillas o usarlo como guarnición.



Figura 14. Hongos al ajillo.

“Empanadas fritas” (10 a 12 piezas)

Ingredientes:

- Pasta:
- tazas harina
- ¼ cucharada de sal
- 1 cucharadita de polvo para hornear
- 1 onza de mantequilla cortada en pedazos
- ½ - 2/3 tazas de agua mineral
- ½ litro de aceite
- Relleno
- ½ kilogramo de hongos
- ½ kilogramo de queso Gouda
- 1 pimiento rojo
- Sal y pimienta

Procedimiento: Para elaborar la pasta, mezclar los secos, agregar la mantequilla y después el agua poco a poco, amasar hasta alcanzar una consistencia elástica y que no se pegue en las manos (puede no requerirse de toda el agua), hacer una bola con la masa poner en un recipiente, tapar y dejar reposar por 1 hora. Ya que reposó, dividir en las porciones deseadas (dependiendo del tamaño que quiera para la empanada), estirar ayudado de harina, rellenar y cerrar (poner agua en las orillas para que cierre bien la empanada, ayudarse de un tenedor si se prefiere), freír en aceite bien caliente. Para elaborar el relleno, cortar los pimientos y los hongos en brunoise³, saltearlos en aceite primero el pimiento y después agregar los hongos, salpimentar al gusto, dejar enfriar. Aparte rayar el queso gouda y mezclar con lo anterior.

³ Es una forma de cortar las verduras en pequeños dados (de 1 a 2 mm de lado) sobre una tabla de cortar.



Figura 15. Empanadas fritas.

5.3 Recetas con *Lactarius indigo*.

Las características nutricionales sobresalientes en g 100⁻¹ g de peso seco son las siguientes: proteínas 23.78, carbohidratos 33.93, grasas 3.51, fibra cruda 24.71 y aporte calórico de 262.43 kcal. *Lactarius indigo* también conocido como hongo azul, apreciado en la gastronomía por su color, tiene un ligero sabor amargo que se pierde en la cocción, es de sabor agradable.

Costillas en salsa verde con “hongo azul” (4 pax)

Ingredientes:

- 600 g costilla de cerdo
- 1/2 Kg de hongos
- 10/12 piezas de tomate verde
- 1/2 cebolla
- dientes de ajo
- Cilantro al gusto
- 1 a 2 chiles verdes
- Hierbas de olor
- 200 mL de agua
- 50 mL de Aceite
- Sal

Procedimiento: Poner a cocer la costilla de cerdo con 1/4 de cebolla, 2 dientes de ajo y las hierbas de olor, cuando ya casi esté cocida, poner la sal y agregar los hongos, dar un hervor y retirar del fuego. Para la salsa poner en la licuadora todo en crudo los tomates, el resto de la

cebolla, ajo, chile verde, cilantro, sal y el agua, licuar y freír en una cacerola con un poco de aceite y dejar hervir, agregar la costilla y los hongos, sazonar, dejar 5 min y retirar del fuego.



Figura 16. Costillas en salsa verde con hongo azul.

Pechuga de pollo rellena en salsa de vino blanco, queso y “hongo azul” (4 pax)

Ingredientes:

- 1 pechuga de pollo en 2 filetes aplanados para rellenar
- 1 rollo espinacas
- ½ cebolla
- ½ Kg hongos
- 200 gramos de queso azul
- ½ litro de vino blanco
- 200 mL de media crema
- 400 gr papas cambray
- 5 cucharadas de chimichurri
- 100 mL de aceite
- 150 g mantequilla
- Sal y pimienta

Procedimiento:

Relleno: Filetear la cebolla y saltear en aceite con un poco de mantequilla, ya cristalizada la cebolla agregar los hongos en brunoise y después agregar las espinacas limpias, dejar por dos minutos y retirar del fuego (dejar enfriar).

Rollo de pollo: Salpimentar las pechugas de pollo, rellenar y envolver, calentar un sartén y poner aceite y un trozo de mantequilla, sellar las pechugas por todos lados iniciando en la unión que quedó, cuando están selladas agregar el vino blanco y tapar, cuando rompe el hervor bajar el

fuego, dejar hasta que el pollo esté bien cocido y retirar el pollo del sartén, agregar la media crema a la reducción del vino que quedó, mezclar bien y poner unos trozos de mantequilla fría, incorporar bien la salsa, poner los hongos en trozos y si es necesario agregar más vino blanco y dejar hervir, poner la mitad del queso azul e incorporar.

Presentación: Cortar el pollo en rodajas, montar en un platón y cubrir con la salsa, poner el resto del queso en trozos.

Guarnición: papas cambray cocidas aderezadas con chimichurri y salteadas.



Figura 17. Pechuga de pollo rellena en salsa de vino blanco, queso y hongo azul.

5.4 Recetas con *Hypomyces lactifluorum*.

Las características nutricionales sobresalientes en g 100⁻¹ g de peso seco son las siguientes: proteínas 24.32, carbohidratos 27.73, grasas no detectado, fibra cruda 29.82 y aporte calórico de 208.20 kcal. A este hongo se le conoce en la zona de estudio como “trompa de cochino”. También es conocido como hongo langosta o “lobster mushroom” en inglés, en diversos países, nombre que recibe por su sabor y apariencia similar a la langosta.

Tesmole de pollo y bolitas de masa con hongo “trompa de cochino” (4 pax)

Ingredientes:

- 1 pechuga
- 2 piernas con muslo
- ½ Kg hongos
- ½ Kg masa
- 4 a 5 jitomates
- ½ cebolla
- 2 chiles verdes
- ajos
- 2 a 3 ramas de epazote
- Hierbas de olor
- 60 mL de aceite
- Sal

Procedimiento: Poner a cocer el pollo con un ¼ de cebolla, 2 ajos y las hierbas de olor, cuando el pollo está cocido al 90 %, poner los hongos por 5 minutos agregar sal y dejar 1 min más. Cocer el jitomate y chile en un poco de agua, ya cocidos, moler en la licuadora con cebolla y ajo, y freír la salsa. Cuando la salsa está lista poner las ramas de epazote, y agregar caldo donde se coció el pollo y poner las bolitas de masa (masa mezclada con un poco de aceite, sal y unas hojas de epazote picadas finamente, se hacen las bolitas y se les hunde en el centro), cuando ya están cocidas las bolitas de masa agregar el pollo y los hongos, dejar hervir por 5 minutos (si es necesario agregar más caldo) y retirar del fuego.



Figura 18. Tesmole de Pollo y bolitas de masa con “trompa de cochino”.

Pasta a la parmesana con “trompa de cochino” (4 pax)

Ingredientes:

- 200 gr pasta
- 300 gr hongos
- 12-15 piezas de tomate cherry
- ½ rollo de espinacas
- 1 a 2 zanahorias
- ½ cebolla
- 2 ajos
- 300 g parmesano en trozo
- 100 ml leche
- 200 ml ½ crema
- 50 gr mantequilla
- 40-50 ml aceite
- Sal

Procedimiento: cocer los hongos al vapor y aparte cocer la pasta y reservar, seguido cortar finas láminas de zanahoria y blanquear. Lavar y desinfectar las espinacas. Para la salsa: poner a freír la cebolla picada en mantequilla y aceite, ya que cristalizó agregar el ajo picado (mover contantemente para que no se queme el ajo), ya fritos agregar la ½ crema y la leche, dejar hervir y poner la mitad del parmesano rallado, agregar la zanahoria, los hongos (reservar un poco para decorar la pasta), la pasta, las espinacas y la mitad de los tomates cherry, incorporar todo muy bien, dejar en el fuego hasta tener la consistencia adecuada de la salsa.

Servir individual o en un platón decorando con el resto de los hongos, tomates cherry y unas hojas de espinacas fritas o cebollín.



Figura 19. Pasta a la Parmesana con “trompa de cochino”.

5.5 Recetas con *Cantharellus odoratus*.

Las características nutricionales sobresalientes en g 100⁻¹ g de peso seco son las siguientes: proteínas 22.35, carbohidratos 39.36, grasas no detectada, fibra cruda 19.42 y aporte calórico de 246.84 kcal. Conocido regionalmente como “hongo de encino” es un hongo abundante en la época de lluvias, aunque también muy delicado, ya que con el exceso de humedad se descompone con facilidad, de muy agradable sabor, y un aroma ligero a nuez, es un hongo que por su cercanía taxonómica con *Cantharellus cibarius* tiene el potencial de ser altamente apreciado en la gastronomía internacional.

“Hongos de encino” salteados con chile de cera (4 pax)

Ingredientes:

- ½ Kg de hongos
- 1 cebolla
- 2 chiles de cera
- 50 mL de aceite
- Sal

Procedimiento:

Deshebrar los hongos y blanquear, después filetear la cebolla y rebanar el chile, poner a calentar un sartén y agregar aceite (dejar que caliente el aceite muy bien antes de continuar) y cristalizar la cebolla, agregar el chile y a los 5 minutos, poner los hongos, sazonar, freír todo bien por 5 minutos más y retirar del fuego.



Figura 20. Hongos de encino salteados con chile de cera.

“Hongos de encino” en mezcla de salsas (6 pax)

Ingredientes:

- ½ Kg de hongos de encino
- 100 ml chimichurri
- 1 cucharadita de salsa macha
- 200 g mezcla de arroz salvaje
- 30 g arándanos
- ¼ pimiento rojo rostizado en cubos
- 30 g nuez
- 30 g pepitas
- 30 g semillas de girasol
- 20 g ajonjolí
- Vinagre de jerez
- Miel
- 50 g mantequilla
- 40-50 ml aceite

Procedimiento: Cortar los hongos en cuartos y marinar con el chimichurri y la salsa macha. Para la guarnición cocer al vapor el arroz salvaje y reservar, después saltear todas las semillas en un poco de aceite con mantequilla junto con los arándanos y pimientos, se les pone un chorrito de vinagre y miel, incorporar bien y mezclar con el arroz, reservar. Finalmente saltear los hongos. Servir los hongos acompañados del arroz de manera individual.



Figura 21. Hongos de encino en mezcla de salsas.

5.6 Recetas con *Ramaria fennica*.

Las características nutricionales sobresalientes en g 100⁻¹ g de peso seco son las siguientes: proteínas 25.64, carbohidratos 45.13, grasas 2.13, fibra cruda 9.53 y aporte calórico de 302.25 kcal. A este hongo se le conoce regionalmente como “hongo escobeta” o “escobetilla”, requiere de más tiempo de cocción en comparación con los demás hongos utilizados en éste recetario, de olor y sabor muy fuerte y característico por lo que queda bien acompañarlo con especias, incluso con quesos de sabor fuerte, se recomienda deshebrar para su consumo.

“Hongo escobeta” con huevo (4 pax)

Ingredientes:

- ¼ de hongos
- 8 huevos
- Sal
- 40 ml aceite

Procedimiento: deshebrar un poco los hongos, blanquear y después freír con un poco de aceite, agregar los huevos batidos con la sal, una vez frito el huevo retirar del fuego. Acompañar con tortillas o pan estilo francés y chiles en vinagre.



Figura 22. “Hongo escobeta” con huevo.

Emparedado rústico de “hongo escobetilla” (4 pax)

Ingredientes:

- 400 g de hongo
- ½ Kg de carnes frías
- 400 g queso para gratinar
- panes rústicos de buen tamaño
- Mayonesa
- Mostaza Dijon
- 50 g mantequilla
- 40-50 mL de aceite
- Sal

Procedimiento: Cortar los hongos por mitad, blanquear y saltear en una mezcla de mantequilla y aceite, sazonar al gusto, después cortar por mitad a lo largo los panes, a una tapa poner mostaza y a la otra mayonesa, poner las carnes frías, los hongos y cubrir con el queso, meter al horno a gratinar. Montar en platos con guarnición de lechuga. Carnes frías sugeridas: salami, prosciutto, chorizo español, jamón envinado, lomo canadiense, jamón serrano, pechuga de pavo, roast beef, tocino. Quesos sugeridos: mozzarella, manchego, cheddar, gruyere, chihuahua, gouda. Sugerencia de panes: chapatas, focaccia, pan árabe.



Figura 23. Emparedado rústico de “hongo escobeta”.

5.7 Recetas con *Russula delica*

Las características nutricionales sobresalientes en g 100⁻¹ g de peso seco son las siguientes: proteínas 24.91, carbohidratos 40.55, grasas 3.38, fibra cruda 12.77 y aporte calórico de 292.26 kcal. *Russula Delica* también conocido como “hongo blanco”, de sabor y aroma delicado, mantiene sus características físicas en la cocción, por lo que es fácil de usar en ensaladas y combina fácilmente con cualquier ingrediente ya sea fruta o verdura, hongo muy carnoso, se encuentra abundante en los mercados.

“Hongos blancos” asados (6 pax)

Ingredientes:

- 1.5 Kg de hongos
- Sal

Procedimiento:

Blanquear los hongos, escurrirlos bien y ponerlos a asar en un comal caliente hasta el color deseado. Acompañarlos con una salsa de cajete.



Figura 24. “Hongos blancos” asados.

Ensalada fresca con “hongo blanco” (4 pax)

Ingredientes:

Ensalada:

- 1 pieza de lechuga francesa
- 200 g hongo blanco
- 1 pieza de queso cabra cenizo
- 18 a 20 fresas
- 12 a 15 piezas espárragos

- 80 g nuez de la india

Vinagreta:

- 10 fresas
- Vinagre de manzana
- Aceite de oliva
- Miel de agave

Procedimiento: Desinfectar la lechuga y las fresas por separado. Aparte blanquear los hongos y asarlos como lo indica la receta anterior, después cortar el queso de cabra en medias lunas, blanquear los espárragos y enfriarlos rápidamente en agua con hielo (para mantener su color) y cortar las fresas en cuartos al igual que la lechuga.

Vinagreta: licuar las fresas con 1 parte de aceite de oliva, 1 parte de vinagre, 1 parte de miel (rectificar si es necesario).

Montar en platos individuales los cuartos de lechuga, las fresas, los espárragos, los hongos, las nueces y el queso, aderezar con la vinagreta de fresa.



Figura 25. Ensalada fresca con “hongo blanco”.

IV. CONCLUSIONES GENERALES

- Las especies identificadas y seleccionadas por su importancia económica, social y cultural, procedentes del bosque mesófilo de montaña del Centro del estado de Veracruz fueron *Amanita basii*, *Amanita jacksonii*, *Cantharellus odoratus*, *Hypomyces lactifluorum*, *Lactarius indigo*, *Russula delica*, *Ramaria fennica*.
- Los hongos estudiados con mayor aporte nutricional fueron *Amanita basii*, *Amanita jacksonii* y *Lactarius indigo*.
- Se encontró que todos los hongos estudiados fueron en general una buena fuente de algunos nutrientes como proteínas, carbohidratos y fibra.
- *Cantharellus odoratus* e *Hypomyces lactifluorum* son las especies en las que no se detectaron grasas.
- Los hongos silvestres comestibles estudiados proporcionan suficientes cantidades de vitaminas y minerales en una dieta estándar.
- Los hongos comestibles silvestres del bosque mesófilo de montaña pueden ser considerados como un alimento funcional que cumplen con los requisitos de ésta nueva tendencia de la alimentación sana, requerida por los consumidores.
- Las características nutricionales de los hongos comestibles silvestres del bosque mesófilo de montaña demuestran que dichos hongos contribuyen de manera importante a la nutrición de las poblaciones rurales de áreas aledañas a dicho tipo de vegetación.
- La propuesta de las recetas gourmet, elaboradas en el presente trabajo demuestran que los hongos comestibles silvestres del bosque mesófilo de montaña, constituyen un recurso forestal no maderable con gran potencial de generación de un valor agregado y contribuir entonces a las economías locales, fomentando la conservación y el desarrollo forestal sustentable en dichas regiones boscosas.

ANEXO 1

Comparación del contenido de humedad, cenizas, grasas, proteínas fibras, carbohidratos y aporte calórico nutrimental de diversos hongos silvestres.

Anexo 1a. Contenido de humedad (%) en diversos hongos silvestres.

Espece	Contenido (%)	Peso	Referencia
<i>Cantharellus cibarius</i>	85.76	Fresco	Beluhan (2011)
<i>Lactarius indigo</i>	95.15±1.16	Fresco	León-Guzmán <i>et al.</i> 1997
<i>Ramaria flava</i>	93.13±1.9	Fresco	León-Guzmán <i>et al.</i> (1997)
<i>Amanita rubescens</i>	92.90±1.10	Fresco	León-Guzmán <i>et al.</i> (1997)
<i>Cantharellus cornucopioides</i>	86.13±0.64	Fresco	Liu <i>et al.</i> (2012)
<i>Russula delica</i>	85.7	Fresco	Ouzouni <i>et al.</i> (2009)
<i>Amanita caesarea</i>	90.59	Fresco	Ouzouni <i>et al.</i> (2009)
<i>Cantharellus cornucopioides</i>	89.5±5.00	Fresco	Colak <i>et al.</i> (2009)
<i>Ramaria flava</i>	93.31±5.00	Fresco	Colak <i>et al.</i> (2009)
<i>Cantharellus cibarius</i>	87.92±5.00	Fresco	Colak <i>et al.</i> (2009)

Anexo 1b. Contenido de cenizas (g 100⁻¹ g) en diversos hongos comestibles.

Espece	Contenido (g 100 ⁻¹ g)	Peso	Referencia
<i>Cantharellus cibarius</i>	8.8±0.05	Seco	Beluhan (2011)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	7.62±0.23	Seco	Beluhan (2011)
<i>Lactarius indigo</i>	4.93±0.06	Seco	León-Guzmán <i>et al.</i> (1997)
<i>Ramaria flava</i>	6.90±0.33	Seco	León-Guzmán <i>et al.</i> (1997)
<i>Cantharellus cornucopioides</i>	8.37±0.66	Seco	Liu <i>et al.</i> (2012)
<i>Russula delica</i>	5.61±0.03	Seco	Ouzouni <i>et al.</i> (2009)
<i>Amanita caesarea</i>	6.05±0.01	Seco	Ouzouni <i>et al.</i> (2009)
<i>Craterellus odoratus</i>	8.1±0.10	Seco	Sanmee <i>et al.</i> (2003)
<i>Russula virescens</i>	11.3±0.04	Seco	Sanmee <i>et al.</i> (2003)
<i>Russula delica</i>	14.31±0.34	Seco	Singdevsachan <i>et al.</i> (2014)
<i>Lactarius deliciosus</i>	7.5	Seco	Yin and Zhou (2008)
<i>Russula virescens</i>	11.9	Seco	Yin and Zhou (2008)
<i>Cantharellus cornucopioides</i>	10.26±0.80	Seco	Colak <i>et al.</i> (2009)
<i>Ramaria flava</i>	3.05±0.60	Seco	Colak <i>et al.</i> (2009)
<i>Cantharellus cibarius</i>	7.78±0.60	Seco	Colak <i>et al.</i> (2009)

Anexo 1c. Contenido de grasas (g 100⁻¹ g) en diversos hongos comestibles.

Especie	Contenido (g 100 ⁻¹ g)	Peso	Referencia
<i>Cantharellus cibarius</i>	1.9±0.61	Seco	Beluhan (2011)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	2.08±0.06	Seco	Beluhan (2011)
<i>Cantharellus cornucopioides</i>	5.87±0.14	Seco	Liu <i>et al.</i> (2012)
<i>Russula delica</i>	4.44±0.04	Seco	Ouzouni <i>et al.</i> (2009)
<i>Amanita caesarea</i>	3.50±0.00	Seco	Ouzouni <i>et al.</i> (2009)
<i>Craterellus odoratus</i>	3±0.04	Seco	Sanmee <i>et al.</i> (2003)
<i>Russula virescens</i>	4.3±0.11	Seco	Sanmee <i>et al.</i> (2003)
<i>Russula delica</i>	2.84±0.03	Seco	Singdevsachan <i>et al.</i> (2014)
<i>Cantharellus cornucopioides</i>	5.89±0.01	Seco	Colak <i>et al.</i> (2009)
<i>Ramaria flava</i>	5.20±0.20	Seco	Colak <i>et al.</i> (2009)
<i>Cantharellus cibarius</i>	1.40±3.00	Seco	Colak <i>et al.</i> (2009)

Anexo 1d. Contenido de proteínas (g 100⁻¹ g) en diversos hongos comestibles.

Especie	Contenido (g 100 ⁻¹ g)	Peso	Referencia
<i>Cantharellus cibarius</i>	30.91±0.28	Seco	Beluhan (2011)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	24.90±0.89	Seco	Beluhan (2011)
<i>Lactarius indigo</i>	13.42±0.06 mg/g	Seco	León-Guzmán <i>et al.</i> (1997)
<i>Ramaria flava</i>	14.47±0.04 mg/g	Seco	León-Guzmán <i>et al.</i> (1997)
<i>Amanita rubescens</i>	17.40±0.06 mg/g	Seco	León-Guzmán <i>et al.</i> (1997)
<i>Cantharellus cornucopioides</i>	21.04±2.69	Seco	Liu <i>et al.</i> (2012)
<i>Russula delica</i>	26.10±0.30	Seco	Ouzouni <i>et al.</i> (2009)
<i>Amanita caesarea</i>	34.77±0.06	Seco	Ouzouni <i>et al.</i> (2009)
<i>Craterellus odoratus</i>	15.5±0.06 %	Seco	Sanmee <i>et al.</i> (2003)
<i>Russula virescens</i>	20.0±0.09 %	Seco	Sanmee <i>et al.</i> (2003)
<i>Russula delica</i>	28.28±0.24	Seco	Singdevsachan <i>et al.</i> (2014)
<i>Lactarius deliciosus</i>	20.2 %	Seco	Yin & Zhou (2008)
<i>Russula virescens</i>	28.3 %	Seco	Yin & Zhou (2008)
<i>Cantharellus cornucopioides</i>	50.10±2.90	Seco	Colak <i>et al.</i> (2009)
<i>Ramaria flava</i>	35.55±2.10	Seco	Colak <i>et al.</i> (2009)
<i>Cantharellus cibarius</i>	34.17±2.60	Seco	Colak <i>et al.</i> (2009)

Anexo 1e. Contenido de fibra (g 100⁻¹ g) en diversos hongos comestibles.

Especie	Contenido (g 100 ⁻¹ g)	Peso	Referencia
<i>Lactarius indigo</i>	18.73±0.03 mg/g	Seco	León-Guzmán <i>et al.</i> (1997)
<i>Ramaria flava</i>	21.61±0.01 mg/g	Seco	León-Guzmán <i>et al.</i> (1997)
<i>Amanita rubescens</i>	19.97±0.03 mg/g	Seco	León-Guzmán <i>et al.</i> (1997)
<i>Craterellus odoratus</i>	8.3±0.51 %	Seco	Sanmee <i>et al.</i> (2003)
<i>Russula virescens</i>	9.7±0.66 %	Seco	Sanmee <i>et al.</i> (2003)
<i>Lactarius deliciosus</i>	36.3 %	Seco	Yin & Zhou (2008)
<i>Russula virescens</i>	32.8 %	Seco	Yin & Zhou (2008)

Anexo 1f. Contenido de carbohidratos (g 100⁻¹ g) en diversos hongos comestibles silvestres.

Especie	Contenido (g 100 ⁻¹ g)	Peso	Referencia
<i>Cantharellus cornucopioides</i>	64.72±2.31	Seco	Liu <i>et al.</i> (2012)
<i>Cantharellus cibarius</i>	66.07±0.23	Seco	Ouzouni <i>et al.</i> (2009)
<i>Russula delica</i>	63.87±0.31	Seco	Ouzouni <i>et al.</i> (2009)
<i>Amanita caesarea</i>	55.63±0.06	Seco	Ouzouni <i>et al.</i> (2009)
<i>Craterellus odoratus</i>	65.1 %	Seco	Sanmee <i>et al.</i> (2003)
<i>Russula virescens</i>	54.7 %	Seco	Sanmee <i>et al.</i> (2003)
<i>Russula delica</i>	46±2	Seco	Singdevsachan <i>et al.</i> (2014)
<i>Lactarius deliciosus</i>	25 %	Seco	Yin & Zhou (2008)
<i>Russula virescens</i>	13.4 %	Seco	Yin & Zhou (2008)
<i>Cantharellus cornucopioides</i>	34±7	Seco	Colak <i>et al.</i> (2009)
<i>Ramaria flava</i>	65±7	Seco	Colak <i>et al.</i> (2009)
<i>Cantharellus cibarius</i>	57±4	Seco	Colak <i>et al.</i> (2009)

Anexo 1g. Contenido de aporte calórico (Kcal) en diversos hongos comestibles.

Especie	Contenido (kcal)	Referencia
<i>Cantharellus cibarius</i>	355.47	Beluhan (2011)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	370.75	Beluhan (2011)
<i>Cantharellus cornucopioides</i>	412.27	Liu <i>et al.</i> (2012)
<i>Russula delica</i>	386±7	Singdevsachan <i>et al.</i> (2014)
<i>Cantharellus cornucopioides</i>	388.29±15.70	Colak <i>et al.</i> (2009)
<i>Ramaria flava</i>	450.20±14.00	Colak <i>et al.</i> (2009)
<i>Cantharellus cibarius</i>	367.88±13.90	Colak <i>et al.</i> (2009)

Literatura citada

- Beluhan S. y Ranogajec A. 2011. Chemical composition and non-volatile components of Croatian wild edible mushrooms. *Food Chemistry* 124 (3):1076-1082.
- Colak A., Faiz O. y Sesli E. 2009. Nutritional Composition of Some Wild Edible Mushrooms. *Turkish Journal of Biochemistry* 34, 1: 25-31.
- León-Guzmán M. F., Silva I. y López M. G. 1997. Proximate chemical composition, free amino acid contents, and free fatty acid contents of some wild edible mushrooms from Querétaro, México. *Journal Agriculture and Food Chemistry*. 45: 4329-4332.
- Liu Y-T., Sun J., Luo Z-Y., Rao S-Q., Su Y-J., Xu R-R. y Yang Y-Y. 2012. Chemical composition of five wild edible mushrooms collected from Southwest China and their antihyperglycemic and antioxidant activity. *Food and Chemical Toxicology*, 50(5): 1238-1244.
- Ouzouni P. K., Petridis D., Koller W. D. y Riganakos K. 2009. Nutritional value and metal content of wild edible mushrooms collected from West Macedonia and Epirus, Greece. *Food Chemistry*, 115(4): 1575-1580.
- Sanmee R., Dell B., Lumyong P., Izumori K. y Lumyong S. 2003. Nutritive value of popular wild edible mushrooms from northern Thailand. *Food Chemistry*, 82, 4: 527-532.
- Singdevsachan S. K., Patra J. K., Tayung K., Sarangi K. y Thatoi H. 2014. Evaluation of nutritional and nutraceutical potentials of three wild edible mushrooms from Similipal Biosphere Reserve, Odisha, India. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 9: 111-120.
- Yin J.Z. y Zhou L. X. 2008. Analysis of nutritional components of 4 kind of wild edible fungi in Yunnan. *Food Research and Development*, 29, 133-136.

ANEXO 2

Comparación del contenido de algunos minerales en diversos hongos comestibles.

Anexo 2a. Contenido de sodio (Na, mg 100⁻¹ g) en diversos hongos comestibles

Especie	Contenido (mg 100 ⁻¹ g)	Peso	Referencia
<i>Pleurotus ostreatus</i>	40	Seco	Vetter (1994)
<i>Agaricus bisporus</i>	76	Seco	Vetter (1994)
<i>Cantharellus cornucopioides</i>	1185±147 µg/g	Seco	Liu <i>et al.</i> (2012)
<i>Cantharellus cibarius</i>	0.29 mg/g	Seco	Gencelep <i>et al.</i> (2009)
<i>Russula delica</i>	0.40 mg/g	Seco	Gencelep <i>et al.</i> (2009)
<i>Cantharellus cibarius</i>	0.29 mg%	Seco	Agrahar & Subbulakshmi (2005)

Anexo 2b. Contenido de hierro (Fe, mg 100⁻¹ g) en diversos hongos comestibles.

Especie	Contenido (mg 100 ⁻¹ g)	Peso	Referencia
<i>Russula delica</i>	2.78±1.73 mg/kg	Seco	Singdevsachan <i>et al.</i> (2014)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	15	Seco	Vetter (1994)
<i>Agaricus bisporus</i>	50	Seco	Vetter (1994)
<i>Cantharellus cornucopioides</i>	413±18 µg/g	Seco	Liu <i>et al.</i> (2012)
<i>Cantharellus cibarius</i>	296 mg/kg	Seco	Gencelep <i>et al.</i> (2009)
<i>Russula delica</i>	147 mg/kg	Seco	Gencelep <i>et al.</i> (2009)
<i>Lactarius deliciosus</i>	180±10.8 mg/kg	Seco	Mendil <i>et al.</i> (2004)
<i>Amanita caesarea</i>	4660±14 mg/kg	Seco	Sarikurkcü <i>et al.</i> (2010)
<i>Cantharellus cibarius</i>	53.5 mg/100 g	Seco	Agrahar & Subbulakshmi (2005)

Anexo 2c. Contenido de Calcio (Ca, mg 100⁻¹ g) en diversos hongos comestibles.

Especie	Contenido (mg 100 ⁻¹ g)	Peso	Referencia
<i>Pleurotus ostreatus</i>	89	Seco	Vetter (1994)
<i>Agaricus bisporus</i>	99	Seco	Vetter (1994)
<i>Cantharellus cornucopioides</i>	1255±241 µg/g	Seco	Liu <i>et al.</i> (2012)
<i>Cantharellus cibarius</i>	0.90 mg/g	Seco	Gencelep <i>et al.</i> (2009)
<i>Russula delica</i>	1.01 mg/g	Seco	Gencelep <i>et al.</i> (2009)
<i>Cantharellus cibarius</i>	0.42 g%	Seco	Agrahar & Subbulakshmi (2005)
<i>Craterellus odoratus</i>	0.2 mg/g	Seco	Sanmee <i>et al.</i> (2003)
<i>Russula virescens</i>	0.1 mg/g	Seco	Sanmee <i>et al.</i> (2003)

Anexo 2d. Contenido de potasio (K, mg 100⁻¹ g) en diversos hongos comestibles.

Especie	Contenido (mg 100 ⁻¹ g)	Peso	Referencia
<i>Russula delica</i>	1.60±0.10 g 100 ⁻¹ g	Seco	Singdevsachan <i>et al.</i> (2014)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	2722	Seco	Vetter (1994)
<i>Agaricus bisporus</i>	3500	Seco	Demirbaş (2001)
<i>Cantharellus cornucopioides</i>	36620±10030 µg/g	Seco	Liu <i>et al.</i> (2012)
<i>Cantharellus cibarius</i>	16.5 mg/g	Seco	Gencelep <i>et al.</i> (2009)
<i>Russula delica</i>	18.7 mg/g	Seco	Gencelep <i>et al.</i> (2009)
<i>Cantharellus cibarius</i>	47.9 mg%	Seco	Agrahar & Subbulakshmi (2005)
<i>Craterellus odoratus</i>	26.1 mg/g	Seco	Sanmee <i>et al.</i> (2003)

Anexo 2e. Contenido de selenio (Se, mg 100⁻¹ g) en diversos hongos comestibles.

Especie	Contenido (mg 100 ⁻¹ g)	Peso	Referencia
<i>Cantharellus cibarius</i>	0.153±0.012 mg/kg	Seco	Costa-Silva <i>et al.</i> (2011)
<i>Cantharellus cornucopioides</i>	0.165±0.012 mg/kg	Seco	Costa-Silva <i>et al.</i> (2011)
<i>Cantharellus cibarius</i>	295 µg/kg	Seco	Agrahar & Subbulakshmi (2005)
<i>Agaricus bisporus</i>	3.40 mg/kg	Fresco	Cocchi <i>et al.</i> (2006)
<i>Amanita caesarea</i>	3.30 mg/kg	Fresco	Cocchi <i>et al.</i> (2006)
<i>Cantharellus cibarius</i>	1.28 mg/kg	Fresco	Cocchi <i>et al.</i> (2006)
<i>Craterellus odoratus</i>	No detectado	Seco	Sanmee <i>et al.</i> (2003)
<i>Russula virescens</i>	12.6 mg/kg	Seco	Sanmee <i>et al.</i> (2003)

Anexo 2f. Contenido de fósforo (P, mg 100⁻¹ g) en diversos hongos comestibles.

Especie	Contenido (g 100 ⁻¹ g)	Peso	Referencia
<i>Russula delica</i>	0.47±0.02 g 100 ⁻¹ g	Seco	Singdevsachan <i>et al.</i> (2014)
<i>Cantharellus cornucopioides</i>	7130±862 µg/g	Seco	Liu <i>et al.</i> (2012)
<i>Cantharellus cibarius</i>	0.64 mg/g	Seco	Gencelep <i>et al.</i> (2009)
<i>Russula delica</i>	2.37 mg/g	Seco	Gencelep <i>et al.</i> (2009)
<i>Cantharellus cibarius</i>	0.58 g%	Seco	Agrahar & Subbulakshmi (2005)
<i>Craterellus odoratus</i>	2.1 mg/g	Seco	Sanmee <i>et al.</i> (2003)
<i>Russula virescens</i>	5.1 mg/g	Seco	“

Literatura citada

- Agrahar-Murugkar D. y Subbulakshmi, G. 2005. Nutritional value of edible wild mushrooms collected from the Khasi hills of Meghalaya. *Food Chemistry*, 89(4): 599-603.
- Cocchi L., Vescovi L., Petrini L. E. y Petrini O. 2006. Heavy metals in edible mushrooms in Italy. *Food Chemistry*, 98(2): 277-284.
- Costa-Silva F., Marques G., Matos C. C., Barros A. y Nunes F. M. 2011. Selenium content of Portuguese commercial and wild edible mushrooms. *Food Chemistry*, 126: 91-96.
- Demirbas A. 2001. Concentrations of 21 metals in 18 species of mushrooms growing in the East Black Sea region. *Food Chemistry*, 75(4): 453-457.
- Gencelep H., Uzun Y., Tunctürk Y. y Demirel K. 2009. Determination of mineral contents of wild-grown edible mushrooms. *Food Chemistry*, 113(4): 1033-1036.
- Liu Y-T., Sun J., Luo Z-Y., Rao S-Q., Su Y-J., Xu R-R. y Yang Y-Y. 2012. Chemical composition of five wild edible mushrooms collected from Southwest China and their antihyperglycemic and antioxidant activity. *Food and Chemical Toxicology*, 50(5): 1238-1244.
- Mendil D., Uluözlü Ö. G., Hasdemir E. y Caglar A. 2004. Determination of trace elements on some wild edible mushroom samples from Kastamonu, Turkey. *Food Chemistry*, 88(2): 281-285
- Sanmee R., Dell B., Lumyong P., Izumori K. y Lumyong S. 2003. Nutritive value of popular wild edible mushrooms from northern Thailand. *Food Chemistry*, 82, 4: 527-532.
- Sarikurkcu C., Tepe B., Semiz D. K. y Solak M. H. 2010. Evaluation of metal concentration and antioxidant activity of three edible mushrooms from Mugla, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 48(5): 1230-1233.
- Singdevsachan S. K., Patra J. K., Tayung K., Sarangi K. y Thatoi H. 2014. Evaluation of nutritional and nutraceutical potentials of three wild edible mushrooms from Similipal Biosphere Reserve, Odisha, India. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 9: 111-120.
- Vetter J. 1994. Mineral elements in the important cultivated mushrooms *Agaricus bisporus* and *Peurotus Ostreatus*. *Food Chemistry*, 50(3): 277-279.

ANEXO 3

Comparación del contenido de algunas vitaminas en diversos hongos comestibles.

Anexo 3a. Contenido de tiamina (B1, mg 100⁻¹ g) en diversos hongos comestibles.

Especie	Contenido (mg 100 ⁻¹ g)	Peso	Referencia
<i>Pleurotus ostreatus</i>	0.90	Seco	Mattila <i>et al.</i> (2001)
<i>Cantharellus cibarius</i>	0.58	Seco	Karkocha & Mlodecki (1965)
<i>Russula delica</i>	0.17±0.01 mg/g	Seco	Singdevsachan <i>et al.</i> (2014)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	0.90	Seco	Mattila <i>et al.</i> (2001)
<i>Cantharellus cibarius</i>	0.58	Seco	Karkocha & Mlodecki (1965)
<i>Coral mushroom</i>	0.52±0.57	Fresco	Afiukwa <i>et al.</i> (2013)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	0.19±0.02	Fresco	Afiukwa <i>et al.</i> (2013)
<i>Agaricus bisporus</i>	0.26±0.01	Fresco	Afiukwa <i>et al.</i> (2013)
<i>Cantharellus cibarius</i>	0.300	Fresco	Caglarirmak <i>et al.</i> (2002)

Anexo 3b. Contenido de rivoflavina (B2, mg 100⁻¹ g) en diversos hongos comestibles.

Especie	Contenido (mg 100 ⁻¹ g)	Peso	Referencia
<i>Pleurotus ostreatus</i>	2.5	Seco	Mattila <i>et al.</i> (2001)
<i>Cantharellus cibarius</i>	5.58	Seco	Karkocha & Mlodecki (1965)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	2.84	Seco	Karkocha & Mlodecki (1965)
<i>Russula delica</i>	0.13±0.01 mg/g	Seco	Singdevsachan <i>et al.</i> (2014)

Anexo 3c. Contenido de niacina (B3, mg 100⁻¹ g) en diversos hongos comestibles.

Especie	Contenido (mg 100 ⁻¹ g)	Peso	Referencia
<i>Pleurotus ostreatus</i>	65	Seco	Mattila <i>et al.</i> (2001)
<i>Cantharellus cibarius</i>	47	Seco	Karkocha & Mlodecki (1965)
<i>Coral mushroom</i>	1.31±0.04	Fresco	Afiukwa <i>et al.</i> (2013)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	0.66±0.01	Fresco	Afiukwa <i>et al.</i> (2013)
<i>Agaricus bisporus</i>	1.65±0.00	Fresco	Afiukwa <i>et al.</i> (2013)
<i>Cantharellus cibarius</i>	5.94	Fresco	Caglarirmak <i>et al.</i> (2002)

Anexo 3d. Contenido de vitamina C (mg 100⁻¹ g) en diversos hongos comestibles.

Especie	Contenido (mg 100 ⁻¹ g)	Peso	Referencia
<i>Pleurotus ostreatus</i>	20	Seco	Lasota & Sylwestrzak (1982)
<i>Agaricus bisporus</i>	17	Seco	Mattila <i>et al.</i> (2)001
<i>Cantharellus cibarius</i>	41.9 mg%	Seco	Agrahar & Subbulakshmi (2005)
<i>Russula delica</i>	6.97+-0.08 mg/g	Seco	Singdevsachan <i>et al.</i> (2014)
<i>Coral mushroom</i>	1.04+-0.01	Fresco	Afiukwa <i>et al.</i> (2013)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	0.74+-0.01	Fresco	Afiukwa <i>et al.</i> (2013)
<i>Agaricus bisporus</i>	1.70+-0.01	Fresco	Afiukwa <i>et al.</i> (2013)
<i>Cantharellus cibarius</i>	4.97	Fresco	Caglarirmak <i>et al.</i> (2002)

Literatura citada

- Afiukwa C., Ugwu O., Okoli S., Idenyi J. y Ossai E. 2013. Content of some Vitamins in Five Edible Mushroom Varieties Consumed in Abakaliki Metropolis, Nigeria. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 4(2): 805-812.
- Agrahar-Murugkar D. y Subbulakshmi, G. 2005. Nutritional value of edible wild mushrooms collected from the Khasi hills of Meghalaya. *Food Chemistry*, 89(4): 599-603.
- Caglarirmak N., Ünal K. y Ötles S. 2002. Nutritional value of edible wild mushrooms collected from the Black Sea region of Turkey. *Micologia Aplicada Internacional*, 14(1): 1-5.
- Karkocha I. y Mlodecki H. 1965. Studies on nutritive value of some polish mushrooms. *PZH*, 16(1): 71-76.
- Lasota W. y Sylwestrzak J. 1982. Chemical composition of cultivated mushrooms. Part II. *Pleurotus ostreatus* and its variety *Pleurotus florida*. *Chem. Toksykol*, 15 (1-2): 1-10.
- Mattila P, Könkö K, Eurola M, Philava J-M, Astola J, Vahteristo L, Kumpulainen J, Valtonen M, Piironen V. 2001. Contents of vitamins, mineral element, and some phenolic compounds in cultivated mushrooms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(5): 2343-2348
- Singdevsachan S. K., Patra J. K., Tayung K., Sarangi K. y Thatoi H. 2014. Evaluation of nutritional and nutraceutical potentials of three wild edible mushrooms from Similipal Biosphere Reserve, Odisha, India. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 9: 111-120.