

**TIP Revista Especializada en
Ciencias Químico-Biológicas**

TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas

ISSN: 1405-888X

ISSN: 2395-8723

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de
Estudios Superiores, Plantel Zaragoza

Gómez-Flores, Liliana de Jesús; Martínez-Ruiz, Nina del Rocío; Enríquez-Anchondo, Irma Delia;
Garza-Ocañas, Fortunato; Nájera-Medellín, Jesús Alejandro; Quiñónez-Martínez, Miroslava

Análisis proximal y de composición mineral de cuatro especies de hongos
ectomicorrízicos silvestres de la Sierra Tarahumara de Chihuahua

TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas, vol. 22, 2019

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores, Plantel Zaragoza

DOI: 10.22201/fesz.23958723e.2019.0.184

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43265210010>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org
UAEM

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

PUBLICACIÓN CONTINUA

ARTÍCULO ORIGINAL

© 2019 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.
Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).
TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 22: 1-10, 2019.
DOI: [10.22201/fesz.23958723e.2019.0.184](https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2019.0.184)

Análisis proximal y de composición mineral de cuatro especies de hongos ectomicorrízicos silvestres de la Sierra Tarahumara de Chihuahua

Liliana de Jesús Gómez-Flores¹, Nina del Rocío Martínez-Ruiz¹,
Irma Delia Enríquez-Anchondo¹, Fortunato Garza-Ocañas²,

Jesús Alejandro Nájera-Medellín¹ y Miroslava Quiñónez-Martínez^{1*}

¹Instituto de Ciencias Biomédicas (ICB), Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ),
Av. Benjamín Franklin # 4650, Zona PRONAF, Ciudad Juárez 32310, Chihuahua, México.

²Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Carretera Nacional # 85
Km. 145, Linares 67700, Nuevo León, México. E-mail: 1*mquinone@uacj.mx

RESUMEN

En Chihuahua se han registrado cerca de 500 especies de hongos macromicetos, de las que 73 son consideradas comestibles a nivel mundial. El objetivo de la presente investigación fue determinar la composición proximal y mineral de cuatro especies de hongos ectomicorrízicos comestibles de la Sierra Tarahumara en Chihuahua. Se recolectaron carpóforos de *Astraeus hygrometricus*, *Laccaria laccata*, *Amanita caesarea* y *Pisolithus tinctorius* en dos localidades del municipio de Bocoyna. A éstos se les realizó un análisis proximal para determinar el porcentaje de humedad, proteínas, grasas totales, cenizas y carbohidratos totales, así mismo se realizó un análisis de composición mineral para determinar el porcentaje de nitrógeno total (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn) y zinc (Zn). Los resultados muestran que *P. tinctorius* es la especie con mayor contenido de minerales, *A. hygrometricus* en contenido de carbohidratos, *A. caesarea* en contenido de grasas y *L. laccata* en proteínas. De los 10 distintos minerales que fueron determinados, *A. caesarea* presenta el contenido más elevado en N, P, K y Zn, mientras que *A. hygrometricus* tiene los valores más altos de Ca y Mn. Por su parte, *L. laccata* muestra los contenidos más altos en Mg, Na y Cu. Finalmente, *P. tinctorius* resultó con los valores más altos en Fe. En general, la composición proximal y mineral de estos hongos se encuentra dentro del rango establecido para hongos comestibles, por lo que son una buena alternativa alimenticia para los habitantes de la zona.

Palabras Clave: hongos ectomicorrízicos, análisis proximal, composición mineral, Sierra Tarahumara.

Proximate analysis and mineral composition of four species of wild ectomycorrhizal fungi of the Sierra Tarahumara de Chihuahua

ABSTRACT

500 species of macromycetes mushrooms have been registered in Chihuahua, 73 of them are considered edible worldwide. The objective of this study was to determine the proximate and mineral composition of four edible ectomycorrhizal fungi species of the Sierra Tarahumara in Chihuahua. Carpophores of *Astraeus hygrometricus*, *Laccaria laccata*, *Amanita caesarea* and *Pisolithus tinctorius* were collected in two areas of the municipality of Bocoyna, Chihuahua. A proximal analysis was done to determine the percentage of humidity, ash, carbohydrates, proteins and total fats, as well as a mineral analysis to quantify the percentage of total nitrogen (Nt), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), sodium (Na), copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mn) and zinc (Zn). The results show that *P. tinctorius* is the species with the highest content of minerals, *A. hygrometricus* in carbohydrate content, *A. caesarea* in fat content and *L. laccata* in protein. Of the 10 different minerals evaluated, *A. caesarea* has the highest content in N, P, K and Zn, while *A. hygrometricus* has the highest values of Ca and Mn. *Laccaria laccata* shows the highest contents in Mg, Na and Cu. Finally, *P. tinctorius* was found with the highest values in Fe. In general, the proximal and mineral results of these fungi is within the established range for edible fungi, so these fungi are a good alternative food for the inhabitants of the area.

Key Words: ectomycorrhizal fungi, proximate analysis, mineral composition, Sierra Tarahumara.

Nota: Artículo recibido el 06 de febrero del 2019 y aceptado el 09 de agosto del 2019.

INTRODUCCIÓN

Desde hace tiempo los bosques han sido vistos únicamente como fuente de producción de madera, sin embargo, tienen la capacidad de ofrecer otros recursos que ayudan a mejorar el desarrollo económico de sus comunidades, por ejemplo, la producción y recolección de hongos comestibles (Gysling-Caselli, Aguirre-Alvarado, Casanova del Río & Chung-Guin-po, 2005).

Los hongos son uno de los grupos taxonómicos más diversos. En México, se encuentra el 10% de especies de hongos comestibles del mundo, de los cuales del 46 al 50% son micorrízicos (Pérez-Moreno, Lorenzana-Fernández, Carrasco-Hernández & Yescas-Pérez, 2010; Villareal, 1996). Los hongos ectomicorrízicos (HEM) son un recurso natural renovable que además de contribuir al buen desarrollo de las plantas (ayudando en la captación eficiente de nutrientes y agua del suelo), generan ingresos económicos debido a su venta, además de servir como alimento para las comunidades locales (Domínguez-Romero, Arzaluz-Reyes, Valdés-Valdés & Romero-Popoca, 2015; Quiñónez-Martínez & Garza-Ocañas, 2015; Ortiz, 2012; Chávez, Gómez-Reyes & Gómez-Peralta, 2009; García, Pérez, Aldrete, Cetina-Alcalá & Vaquera-Huerta, 2006; Gysling-Caselli, Aguirre-Alvarado, Casanova del Río & Chung-Guin-po, 2005).

La recolección de hongos para consumo se ha realizado desde la antigüedad debido a su sabor, textura, a su alto contenido nutricional y propiedades medicinales (Gysling-Caselli, Aguirre-Alvarado, Casanova del Río & Chung-Guin-po, 2005; Boa, 2004). Estudios como los de Martínez-Carrera *et al.* (2012) y Naranjo *et al.* (2013), han demostrado que los hongos comestibles son una buena fuente de proteínas, vitaminas, carbohidratos y fibra, además de contener un bajo contenido de grasas y colesterol. Son alimentos altamente saludables y pueden contribuir enormemente al suministro de macro y micronutrientes en la dieta. Los hongos han sido apreciados no sólo por su textura y sabor, sino también por sus propiedades químicas y nutricionales (Manzi, Aguzzi & Pozziferrato, 2001). Los hongos están compuestos por varias sustancias promotoras de la salud, por ejemplo: antimicrobianos, anticancerígenos, antioxidantes, propiedades reductoras, inmunoestimulantes, antivirales, antiparasitarios, antiinflamatorios, antiproliferativos, antipalúdicos, antitumorales, citotóxicos, antidiabéticos, anticoagulantes, hepatoprotectores (Akinyele, Obameso & Oladunmoye, 2011; Barros *et al.*, 2007; Lindequist, Niedermeyer & Julich, 2005; Smith & Sullivan, 2004). En Chihuahua, aunque existe una gran diversidad de hongos comestibles en las comunidades del bosque, son muy pocas las especies que son aprovechadas por los pobladores. En el 2014, se realizó un estudio etnobiológico sobre el uso y conocimiento de éstos hongos que tenían los habitantes de la Sierra Tarahumara de Chihuahua y los resultados mostraron que existen alrededor de 450 especies de hongos macromicetos, de

los que 73 son considerados comestibles pero sólo 16 especies se aprovechan y de entre éstas: *Amanita caesarea* y *Laccaria laccata* (Quiñónez-Martínez *et al.*, 2014). En la Sierra se encuentran también especies como: *Pisolithus tinctorius* y *Astraeus hygrometricus*, pero en México se desconoce su utilidad alimenticia; sin embargo, poseen alto valor económico en otras partes del mundo como Australia y Asia donde son fuente de alimentación y consumidos en estadios juveniles (Fangfuk, Okada, Fukuda & Yamada, 2010).

Guzmán (2008) y Pérez-Moreno (2012), mencionan que el contenido nutricional de los hongos silvestres varía de acuerdo con la especie, su grado de desarrollo, así como de la región en la que crecen, época del año y tipo de suelo. Por ello, el objetivo del presente estudio fue determinar la composición proximal y análisis mineral de cuatro especies de HEM comestibles de la Sierra Tarahumara de Chihuahua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta de carpóforos

La obtención de los carpóforos se realizó con un permiso de recolecta emitido por la SEMARNAT en el 2016. La recolección se realizó durante la época de lluvias en los meses de agosto y septiembre del 2016 y 2017, en las localidades de Creel ($27^{\circ} 45' 04''$ N $107^{\circ} 38' 02''$ W) y San Juanito ($28^{\circ} 00' 52''$ N $107^{\circ} 35' 39''$ W), pertenecientes al municipio de Bocoyna en el estado de Chihuahua. Este municipio se localiza en la parte más alta de la Sierra Tarahumara a una altura de 2,800 msnm, con temperaturas máximas promedio de 31.1° C y mínimas de -17.8° C (INAFED, 2012).

En campo se realizó una primera identificación de las especies de interés para el estudio, correspondientes a *Pisolithus tinctorius*, *Astraeus hygrometricus*, *Amanita caesarea* y *Laccaria laccata*, usando guías especializadas (Laessoe, 1998; Pacioni, 1981). Posteriormente, se trasladaron al laboratorio de Ciencias de los Alimentos en el Instituto de Ciencias Biomédicas (ICB) de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), para la determinación de los nutrientes.

Preparación de las muestras

En el laboratorio, 80 g de carpóforos de cada especie fueron colocados en bolsas plásticas manteniéndose en congelación a -20° C hasta su análisis. Las muestras por separado de *P. tinctorius*, *A. hygrometricus* y *A. caesarea* fueron molidas y homogeneizadas en un procesador de alimentos (Nutribullet®); posteriormente, se colocaron en frascos de vidrio y se mantuvieron en congelación a -20° C. Los carpóforos de *L. laccata* fueron pulverizados directamente en un mortero. Todas las pruebas se realizaron por triplicado.

Determinación de la humedad

El contenido de humedad se determinó por el método de secado en estufa (NMX-F-083-1986), (Diario Oficial de la Federación,

1986) basado en la pérdida de peso por evaporación de agua. Para ello, se pesaron cápsulas vacías de porcelana en una balanza analítica (Sartorius, mod. BP 61S), hasta obtener un peso constante, posteriormente se colocaron 10 g de la muestra en una cápsula y se pesaron de nuevo (cápsula vacía + muestra), después se pusieron en la estufa (Quincy Lab, mod. 20 GC), a 105 °C durante 8 h, y de aquí a los desecadores durante (30 min), hasta que alcanzaron la temperatura ambiente de 25 °C; finalmente, se registró el peso de la cápsula más la muestra seca (Rodiles-López, Manivel-Chávez, Zamora-Vega & Martínez-Flores, 2016; Santis-Espinosa, 2015). Para la determinación del porcentaje de humedad se utilizó la siguiente ecuación (Nielsen, 2003).

$$\% \text{ Humedad} = \left(\frac{P - P_1}{P_2} \right) * 100$$

Donde: P= peso de la cápsula más la muestra húmeda en gramos, P1= peso de la cápsula más la muestra seca en gramos y P2= peso en gramos de la muestra.

Determinación de las cenizas totales

El contenido de minerales en los hongos se obtuvo mediante el método de calcinación en mufla (NMX-F-066-S-1978), (Secretaría de Comercio y Fomento Nacional, 1961) en donde la materia orgánica de las muestras se calcina quedando sólo los residuos inorgánicos (Rodiles-López, Manivel-Chávez, Zamora-Vega & Martínez-Flores, 2016). Para este análisis se registró el peso de los crisoles de porcelana a temperatura constante, posteriormente se vertió en ellos los 2 g de cada una de las muestras y se carbonizaron lentamente hasta que dejaron de desprender humo, los crisoles se colocaron en una mufla a 550 °C durante 8 h y concluido el tiempo inmediatamente fueron puestos en desecadores hasta que alcanzaron la temperatura ambiente, finalmente, se pesaron en una balanza analítica. El porcentaje de cenizas se determinó con base en la siguiente ecuación (Medina-Saavedra et al., 2018).

$$\% \text{ Cenizas} = \left(\frac{P - P_1}{M} \right) * 100$$

Donde: P= peso en gramos del crisol con las cenizas, P1= peso en gramos del crisol vacío y M= peso de la muestra en gramos.

Determinación de las grasas

La materia grasa cruda se determinó mediante el método Soxhlet (AOAC, 2000), basado en la extracción del contenido graso por medio de disolventes orgánicos como el hexano. Para ello, 0.5 g de cada una de las muestras de hongos fueron puestas en papel filtro Whatman No. 1 y colocadas en dedales de celulosa. Se utilizaron vasos de aluminio para la extracción del contenido lipídico, los cuales se mantuvieron a peso constante, para cada muestra se utilizaron 40 mL de hexano (ACS, HYCEL®) (NMX-F-089-S-1978).

La extracción se realizó con el equipo Soxtec® (mod. 2043) programado a 265 °C. En primera instancia, el solvente se llevó a punto de ebullición en contacto con la muestra por 40 minutos. Posteriormente, se eliminó la materia soluble restante, y se enjuagó el hongo por 1:20 min con el solvente que se condensó durante el procedimiento para recuperarlo de la muestra, de la que finalmente se extrajo lo que quedó del hexano por evaporación a 105 °C durante 30 min. Una vez terminado el proceso, los vasos de aluminio se colocaron en desecadores hasta alcanzar la temperatura ambiente, se registró el peso de los vasos más la grasa extraída (Medina-Saavedra et al., 2018). Para determinar el porcentaje de grasa se utilizó la siguiente ecuación (Rodiles-López, Manivel-Chávez, Zamora-Vega & Martínez-Flores, 2016).

$$\% \text{ Grasa} = \left(\frac{m_2 - m_1}{M} \right) * 100$$

Donde: m2= peso en gramos de los vasos de extracción más la grasa obtenida, m1= peso en gramos de los vasos de extracción vacíos a peso constante y M= peso en gramos de la muestra.

Determinación de la proteína

La determinación de la proteína se realizó con el método Kjeldahl (AOAC, 2000) y ligeras modificaciones. La técnica se basa en la destrucción oxidativa de la materia orgánica contenida en la muestra y la reducción del nitrógeno orgánico a amoníaco (NH_3) por ebullición del ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado J.T. Baker, el amoníaco es retenido como bisulfato de amonio ($(\text{NH}_4)\text{HSO}_4$) resultado de la destilación alcalina y titulación (FAO, 2018).

El análisis consistió de tres etapas: La primera fue de digestión, donde se colocó 0.5 g de la muestra en tubos para digestión Kjeldahl, a los que se les agregó la mezcla digestora ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 16.6%, Na_2SO_4 83.4%) y 10 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) J.T. Baker®; en la segunda etapa se trasladaron las muestras a matraces Erlenmeyer que contenían 6 mL de ácido bórico J.T. Baker® al 4% y cuatro gotas del indicador Shiro Toshiro, posteriormente se llevó a un equipo de destilación rápida (Labconco®, mod. 65200) con hidróxido de sodio (NaOH) DEQ® al 50%. Por último (tercera etapa), se tituló la muestra usando ácido clorhídrico (HCl , J.T. Baker® 0.1 N) valorado y se registró el volumen de HCl gastado. En todas las muestras analizadas se contó con una muestra blanca. El factor de conversión usado fue 4.38 (León, Silva & López, 1997). Para saber la cantidad de proteínas se empleó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Proteína} = \left(\frac{V * N(\text{valorado}) * 0.014 * 100}{M} \right) * 4.38$$

Donde: V= volumen de ácido clorhídrico gastado en la titulación de la muestra menos el volumen de ácido clorhídrico gastado

en el blanco, N= normalidad del ácido clorhídrico valorado, 0.014= masa equivalente del nitrógeno, M= peso de la muestra en gramos.

Determinación de los carbohidratos

Los carbohidratos totales se determinaron por el método de diferencia (AOAC, 2000) que consiste en restar al 100%, el resultado del porcentaje de humedad (H), ceniza (C), grasa (G) y proteínas (P), como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Carbohidratos totales} = 100 - \% \text{ H} - \% \text{ C} - \% \text{ G} - \% \text{ P}$$

Análisis de la composición mineral

Muestras de aproximadamente 6 g de cada hongo fueron enviadas al laboratorio de Análisis de suelo, planta y agua de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en la Universidad Autónoma de Chihuahua, donde se les realizó un análisis de composición mineral para averiguar el porcentaje en nitrógeno total (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y sodio (Na), así como la cantidad en partes por millón (ppm) de cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn) y zinc (Zn).

Para precisar la cantidad de N₂ se utilizó la técnica Micro-Kjedahl y para el porcentaje de P con mezcla digestora triácida y vanadato-clorimétrica; la mezcla digestora se basa en la extracción de ese elemento (P) con la metodología de Tiessen & Moir (1993) y la prueba vanadato-clorimétrica con la de Murphy & Riley (1962). La cuantificación de K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn, Zn también se llevó a cabo con una mezcla digestora triácida y espectrofotometría de absorción atómica (AOAC, 1990).

Análisis estadístico

Los resultados se analizaron y compararon utilizando el software SPSS versión 20 para encontrar diferencias significativas entre las cantidades de carbohidratos, porcentajes de humedad, grasas totales, proteínas y cenizas totales entre las cuatro especies de hongos estudiadas. Se realizaron pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk ($n \leq 30$) y de homogeneidad de varianzas de Levene ($p \geq 0.05$), seguidas de un análisis de varianza ANOVA ($p \leq 0.05$) y una prueba de comparación múltiple de medias de Duncan para estimar los resultados de mayor o menor nivel ($p \leq 0.05$). Los datos que no se ajustaron a una distribución normal y que no suponían varianzas iguales se analizaron a través de pruebas de t-Student para varianzas desiguales ($\alpha = 0.05$). Los resultados corresponden a la media de tres repeticiones, excepto en el contenido de los minerales donde sólo fue una muestra única.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Humedad

Al evaluar el contenido nutricional de los hongos, el factor vital siempre recae en el porcentaje de humedad, ya que afecta directamente el contenido nutrimental de los hongos (Diez & Álvarez, 2001). La Figura 1 presenta los porcentajes

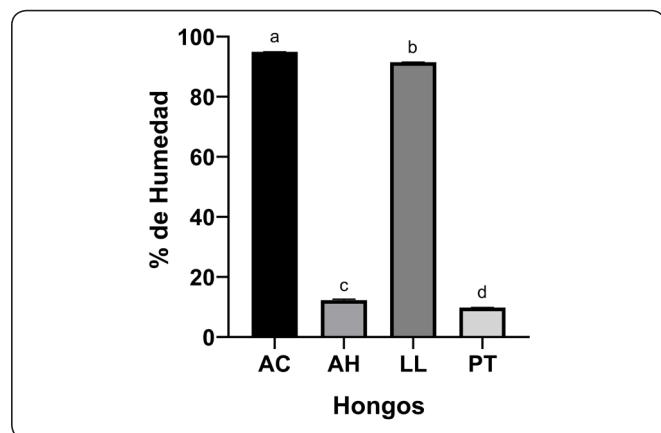


Figura 1. Contenido de humedad de las cuatro especies de hongos ectomicorrícos. Valores medios ± DE. AC: *A. caesarea*; AH: *A. hygrometricus*; LL: *L. laccata* y PT: *P. tinctorius*. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$). Elaborada por los autores.

de humedad promedio de *P. tinctorius* y *A. hygrometricus* cuyos valores más bajos en porcentaje de humedad son de 9.8 y 12.2% respectivamente (Figura 1). Estos valores no están dentro del rango determinado (80-90%) por Singh (2010) y Biswas, Chatterjee, Sarkar & Acharya (2010); sin embargo, los autores mencionados trabajaron con carpóforos en fase juvenil; mientras que los resultados reportados en el presente estudio corresponden a carpóforos en estado maduro.

Por otra parte, los valores más altos se obtuvieron en los HEM *Amanita caesarea* (94.9) y *Laccaria laccata* (91.5%) a diferencia de los de *A. caesarea* que coinciden con los de Quiñónez-Martínez & Garza-Ocañas (2015) y Naranjo *et al.* (2013), quienes reportaron porcentajes de humedad de 93.4 y 92.4% respectivamente. Así mismo, los valores de *L. laccata*, son similares a los de Díaz (2009) y Jha & Tripathi (2012) de entre 92.1% y 87.8%. Estos valores tan altos de humedad son un indicio de que estos hongos no pueden ser conservados por largos períodos en estadio fresco (Roncero, 2015; Jha & Tripathi, 2012), debido a la alta cantidad de agua que incrementa y sostiene el crecimiento bacteriano (Brock, Thomas & David, 1986) e incide en el desarrollo o fenología. Por ejemplo, los hongos epígeos como *A. caesarea* y *L. laccata* se desintegran en pocos días y debido a su rápido desarrollo toman y pierden agua muy rápidamente (Díaz, Morales, Radilla & VonBertrab, 2018).

Cenizas

Los hongos usualmente presentan alrededor del 5-12% de cenizas (Pavel, 2009), este contenido da una idea aproximada acerca del contenido mineral presente en sus cuerpos fructíferos. El contenido de cenizas en todas las especies analizadas presenta diferencias significativas ($p \leq 0.05$), (Cuadro 1). En general los cuatro hongos están dentro del rango normal (5-12%) en contenido de cenizas (Pavel, 2009).

	<i>P. tinctorius</i> (%)	<i>A. hygrometricus</i> (%)	<i>A. caesarea</i> (%)	<i>L. laccata</i> (%)
Proteína	14.4 ± 0.12 ^b	1.6 ± 0.00 ^c	14.8 ± 0.64 ^b	15.9 ± 0.06 ^a
Cenizas	14.3 ± 0.47 ^a	7.3 ± 0.04 ^d	12 ± 0.05 ^d	12.5 ± 0.12 ^b
Grasas totales	2.1 ± 0.01 ^c	1.9 ± 0.01 ^d	15.1 ± 0.11 ^a	3.8 ± 0.16 ^b
Carbohidratos totales	69.1 ± 0.47 ^b	89.2 ± 0.04 ^a	58.0 ± 0.58 ^d	67.8 ± 0.22 ^c

Valores de la media ± DE. Las letras indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Duncan ($p \leq 0.05$).

Cuadro 1. Análisis proximal de los hongos ectomicorrícos.

Los valores de *Astraeus hygrometricus* fueron menores a los reportados por Biswas, Chatterjee, Sarkar & Acharya (2010) y Sanmee, Dell, Lumyong, Izumor & Lumyong (2003), quienes obtuvieron un valor de 20.9% y 27.6%, respectivamente. Sin embargo, fue mayor que el de Singh (2010), con un valor de 2.5%. Un aspecto importante para resaltar es que las cenizas obtenidas fueron de color pardo rojizas, característica que no fue registrada en ninguna de las otras especies. *Amanita caesarea* tuvo el mismo contenido de minerales que en los resultados de Naranjo *et al.* (2013); aunque menor que el reportado por Odoh, Ugwuja, & Udegbunam (2017), con un promedio de 23.44%. El hongo *L. laccata* presentó un contenido de cenizas (12.5%), similar al reportado por Jha & Tripathi (2012), con un promedio de 12.22%, por otra parte, fue menor a los obtenidos por Egwim, Elem & Egwuche (2011) y Díaz (2009), con 29.23% y 33.60%, respectivamente. Los carpóforos de los hongos se caracterizan por un alto nivel de constituyentes minerales, muy asimilables y cuyos niveles dependen, entre otras cosas, de la especie y la edad de los hongos, del diámetro del píleo y del sustrato (Bernás, Jaworska & Lisiewska, 2006). Al realizar una comparación del porcentaje de cenizas con tres de los hongos cultivados más consumidos en México como *Agaricus bisporus* (9.4%), *Lentinula edodes* (3.7%) y *Pleurotus ostreatus* (6.7%) (Vega & Franco, 2012; Ciappini, Gatti & Zamora, 2004), se vio que el contenido de minerales de los cuatro HEM de la Sierra Tarahumara son mayores, esto podría deberse a la diversidad de sustratos que se utilizan en su cultivo y a que los HEM fueron recolectados en su ambiente natural de bosque templado, que se caracteriza por tener suelos profundos con altas cantidades de materia orgánica y ricos en nutrientes, para favorecer la infiltración y migración de minerales del suelo a los hongos (CONABIO, 2014).

Grasa total

El contenido de grasa de todas las especies fue significativamente diferente ($p \leq 0.05$) (Cuadro 1), siendo *A. hygrometricus* el hongo con el menor contenido lipídico (1.9%) y *A. caesarea* el de mayor contenido (15.1%). Los resultados difieren con autores que evaluaron el contenido de grasa de las mismas especies de HEM pero en diferentes regiones. Singh (2010) reportó valores similares de (1.05%) para *A. hygrometricus*, aunque Biswas,

Chatterjee, Sarkar & Acharya (2010) y Sanmee, Dell, Lumyong, Izumor & Lumyong (2003) citan cantidades más altas (4.4% y 3.20%). Los datos mencionados anteriormente permiten una mayor comparación, ya que oscilan entre 1.28-4.4%; sin embargo, todos tienen un nivel bajo de contenido graso.

Los valores de grasa determinados para *A. caesarea* (15.1%) fueron más altos en comparación con los de Odoh, Ugwuja & Udegbunam (2017) y Naranjo *et al.* (2013), que van de 4.1% a 5.81% respectivamente. El hongo *L. laccata* presentó un porcentaje de grasas de 3.8%, similar a lo citado en Jha & Tripathi (2012) (3.3%); sin embargo, es mayor que en Díaz (2009), con 2.2%, pero más bajo en Egwim, Elem & Egwuche (2011), con 8.48%. Por lo general, el contenido total de lípidos en los hongos comestibles es bajo y ventajoso para la salud humana (Greeshma, Sridhar & Pavithra, 2018), esto implica que el uso de los hongos puede ser efectivo en enfermedades cardiovasculares y obesidad (Smith & Groff, 2008).

En general, el contenido de lípidos en los hongos se encuentra dentro del rango normal (2-6%), según los establecido por Kaláć (2009), a excepción de *A. caesarea*, debido a la cantidad de los ácidos grasos que varían con la temperatura ambiental, durante la etapa de fructificación de los hongos y al sustrato en el que crecen (Pedneault, Angers, Gasselin & Tweddell, 2007). Se recomienda realizar estudios bromatológicos en las especies de HEM contemplando las variables anteriormente mencionadas.

Proteínas

Los resultados proteicos en las cuatro especies de hongos (Cuadro 1), se encuentran por debajo del rango establecido por Chang & Buswell (1996), de 19 a 35% para hongos comestibles cultivados. *Astraeus hygrometricus* con un porcentaje de 1.6% de proteína, demasiado bajo en comparación a los prescritos por otros autores para la misma especie, que varían entre 14-16.47% (Biswas, Chatterjee, Sarkar & Acharya, 2010; Singh, 2010; Sanmee, Dell, Lumyong, Izumor & Lumyong, 2003). No se encontraron diferencias significativas entre *P. tinctorius* y *A. caesarea* (14.4 y 14.8% respectivamente; $P \geq 0.05$), resultados que concuerdan con los reportados por Naranjo *et al.* (2013).

El valor más alto se obtuvo en *L. laccata* con 15.9%, pero es menor al reportado por Jha & Tripathi (2012) (25.71%), y mayor en Díaz (2009), quien obtuvo 4.44%. Sin embargo, es similar en Egwim, Elem & Egwuiche (2011), quien cuantificó 14.03% en proteína cruda para este hongo.

Kaláč (2009), menciona que para una misma especie la distribución y el contenido de proteínas puede ser diferente durante el desarrollo y zona de crecimiento de los carpóforos, así mismo menciona, que el contenido de aminoácidos libres en los hongos es bajo, correspondiente al 1% en la materia seca, por lo que el contenido de aminoácidos libres para los HEM serían los siguientes: *P. tinctorius*, 0.9%; *A. hygrometricus*, 0.8%; *A. caesarea*, 0.05% y *L. laccata*, 0.08%. Ravikrishnam, Sanjeev & Madaiah (2017), mencionan que los hongos son ricos en aminoácidos esenciales y que además los contienen en cantidades adecuadas a excepción del triptófano, por lo que pueden ser una fuente importante de éstos al incluirlos y combinarlos con proteína de origen animal y vegetal. Es importante recalcar que en el presente estudio no se realizaron análisis de suelo en las zonas de recolecta de los carpóforos, por lo que la justificación es meramente bibliográfica.

Carbohidratos totales

En la materia seca de los hongos, los carbohidratos están presentes en mayores cantidades y forman parte principal de su composición nutrimental, aproximadamente el 50-65%, aunque puede ser superior (Wani, Bodha & Wani, 2010).

El contenido de carbohidratos varía en las cuatro especies estudiadas (Cuadro 1), es mayor en *A. hygrometricus* con 89.2% y superior a los de Sanmee, Dell, Lumyong, Izumor & Lumyong (2003), con 57.07%, Singh (2010), un 30% y Biswas, Chatterjee, Sarkar & Acharya (2010), con 64.33%. Odoh, Ugwuja & Udegbunam (2017) refieren una composición en carbohidratos de 27.56% en *A. caesarea*, muy por debajo al del

presente estudio (58%). Por otra parte, en Naranjo *et al.* (2013), los valores son similares para la misma especie (48.6%). Los carbohidratos para *L. laccata* (67.8%) son superiores a los de Díaz (2009), Egwim, Elem & Egwuiche (2011) y Jha & Tripathi (2012), de 57%, 8.17% y 58.5% respectivamente.

Los resultados en el contenido de carbohidratos se debe a lo siguiente: a) que los hongos tienen entre un 80 y 90% de quitina, un polisacárido estructural que protege a las células en condiciones de estrés ambiental (Pontón, 2008), b) el contenido varía según la fase de desarrollo, especie de hongo y parte del hongo de la que se realiza el análisis (Rodríguez, Arone, Calzadillo, Rodríguez & Díaz, 2017), c) presencia de glucanos, glicoproteínas, mono y disacáridos como el manitol y la α-tetralosa, principales monosacáridos en los hongos (Díaz, 2009; Kalač *et al.*, 2009). Este contenido en carbohidratos es un indicador de que pueden proveer mayor energía a la dieta humana.

Análisis mineral

El porcentaje y (ppm) en los minerales de estudio se muestran en el Cuadro 2. Las cantidades son altas, pero varían según la especie (Andrade *et al.*, 2008) o el género como se menciona a continuación: *Amanita caesarea* es elevada en el nitrógeno total (N), fósforo (P), potasio (K) y zinc (Zn), *A. hygrometricus* en el calcio (Ca) y manganeso (Mn). Por su parte, *L. laccata* en magnesio (Mg), sodio (Na) y cobre (Cu). Finalmente, *P. tinctorius* en hierro (Fe). Los carpóforos de hongos se caracterizan por contener una buena cantidad de minerales asimilables (Bernás, Jaworska & Lisiewska, 2006) y aunque no hay datos publicados previamente sobre los cambios en el valor nutricional de las cuatro especies estudiadas en el presente trabajo, De Andrade, Minhoní & Zied (2008), mencionan que la composición porcentual mineral, también está en función del procesamiento posterior a la recolección, la etapa de desarrollo de los carpóforos y el tipo de sustrato en el que se desarrollan.

Hongo/Mineral	<i>Laccaria laccata</i>	<i>Amanita caesarea</i>	<i>Astraeus hygrometricus</i>	<i>Pisolithus tinctorius</i>
N (%)	2.97	3.16	1.09	3.26
P (%)	0.29	0.41	0.15	0.06
K (%)	2.87	2.98	0.87	1.53
Ca (%)	1.34	1.31	2.67	1.13
Mg (%)	0.26	0.22	0.16	0.17
Na (%)	0.045	0.04	0.01	0.02
Cu (ppm)	24.50	16.50	4.00	3.50
Fe (ppm)	327.00	157.00	344.00	397.00
Mn (ppm)	114.00	48.50	250.00	133.00
Zn (ppm)	74.00	90.00	57.00	45.50

Cuadro 2. Contenido mineral (%/ppm) de cuatro especies de hongos comestibles de la Sierra Tarahumara.

Los minerales K, Ca, Fe, y Mn son de importancia nutrimental humana y se encontraron en una cantidad razonable, por otra parte, el Mg y Na se encontraron en menor proporción. Este contenido alto de minerales, sobre todo K, sugiere que los cuatro HEM podrían ser adecuados para ayudar a evitar riesgos de salud relacionados con el sodio (Appiah, Oduro & Ellis, 2011). Estos valores son comparables con los reportados por Aletor (1995) y Egwim, Elem & Egwuiche (2011), en hongos comestibles de Nigeria. El N y el Fe parecen ser los minerales más abundantes en todas las especies de HEM estudiadas en rangos de 1.098-3.261% y 157-397 ppm respectivamente. La preponderancia de estos minerales en los hongos puede deberse a la absorción y acumulación de los elementos en su hábitat (Bernás, Jaworska & Lisiewska, 2006).

En general, los rangos de concentración de los macroelementos encontrados en los hongos estudiados es similar a los reportados por estudios previos con hongos silvestres y algunos cultivados para K (0.2241-4.52%), P (0.12-1.06%), Ca (0.0034-0.53%), Na (0.0028-0.04%) y Mg (0.0058-0.18%) (Kalač, 2009; Rudawaska & Leski, 2005; Moreno-Rojas, Díaz-Valverde, Arroyo, González & Capote, 2004; Sanmee, Dell, Lumyong, Izumor & Lumyong, 2003).

Los reportes publicados de Cu para hongos comestibles varían desde 3.8 ppm hasta 107 ppm (Ayaz et al., 2011; Ouzouni, Petridis, Koller & Riganakos, 2009; Soylak, Saracoğlu, Tuzen & Mendil, 2005; Moreno-Rojas, Díaz-Valverde, Arroyo, González & Capote, 2004; Isildak, Turkeful, Elmastaş & Tuzen, 2003; Sanmee, Dell, Lumyong, Izumor & Lumyong, 2003). Los rangos encontrados en el presente estudio se ajustan a los reportados por los autores anteriormente citados. Los niveles de Cu cuantificados en este trabajo no se consideran un riesgo para la salud al consumirse. La ingestión que se recomienda en la dieta de un adulto es de 0.90 mg Cu/día (Ayaz et al., 2011).

El contenido de Fe en las muestras de hongos reportado en la literatura está en el rango de ocho a 3904 ppm (Ayaz et al., 2011; Ouzouni, Petridis, Koller & Riganakos, 2009; Soylak, Saracoğlu, Tuzen & Mendil, 2005; Moreno-Rojas, Díaz-Valverde, Arroyo, González & Capote, 2004; Isildak, Turkeful, Elmastaş & Tuzen, 2003; Sanmee, Dell, Lumyong, Izumor & Lumyong, 2003). El nivel de Mn encontrado, en estudios previos, en hongos silvestres varió entre 1.2 - 329 ppm (Ayaz et al., 2011; Ouzouni, Petridis, Koller & Riganakos, 2009; Soylak, Saracoğlu, Tuzen & Mendil, 2005; Moreno-Rojas, Díaz-Valverde, Arroyo, González & Capote, 2004; Isildak, Turkeful, Elmastaş & Tuzen, 2003; Sanmee, Dell, Lumyong, Izumor & Lumyong, 2003). El contenido de Mn encontrado en las cuatro especies de hongos estudiados se ajusta a los niveles encontrados previamente por Greshmaa, Sridhar & Pavithra (2018). El rango de contenido de Zn reportado en la literatura para hongos comestibles es de 5.5-253 ppm (Ayaz

et al., 2011; Ouzouni, Petridis, Koller & Riganakos, 2009; Soylak, Saracoğlu, Tuzen & Mendil, 2005; Moreno-Rojas, Díaz-Valverde, Arroyo, González & Capote, 2004; Isildak, Turkeful, Elmastaş & Tuzen, 2003; Sanmee, Dell, Lumyong, Izumor & Lumyong, 2003). Se puede considerar que el estudio de los hongos HEM pertenecientes a la Sierra Tarahumara están dentro del rango normal en composición porcentual y de (ppm) de minerales y son una buena fuente de Zn; sin embargo, de entre todos *A. caesarea* fue el de mayor aporte de este mineral (90 ppm), comparado con los resultados presentados por Ayaz et al. (2011), cuyo valor máximo encontrado en *L. laccata* tuvo una media de 241 ppm, muy por debajo de los reportados por nosotros para esta especie.

Las diferencias en los contenidos minerales de los hongos reportados tanto en el presente trabajo como en las investigaciones citadas, pueden atribuirse a los ecosistemas en los que se recolectaron, a factores ambientales como el clima, las condiciones de crecimiento y el contenido de nutrientes del suelo (Gast, Jansen, Bierling & Haanstra, 1988; Moreno-Rojas, Díaz-Valverde, Arroyo, González & Capote, 2004); sin embargo, estos factores se omitieron en la presente investigación, debido a que se centró en un primer acercamiento a la calidad nutrimental de los HEM, pero son elementos que se abordarán en estudios posteriores.

A partir de los resultados anteriores, es evidente que los hongos que se recolectaron en las dos localidades del Municipio de Bocoyna de la Sierra Tarahumara son fuente importante de elementos esenciales: (K, P, Ca, Mg) y de minerales traza (Fe, Cu, Zn, Mn, Co).

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio indican que las cuatro especies de HEM de la Sierra Tarahumara, son ricas en nutrientes entre los que se incluyen proteínas, carbohidratos, lípidos y minerales. Los valores de los nutrientes minerales son acordes con los informes en la literatura y determinan que estos HEM silvestres sean para consumo y un alimento saludable, además de fuente de ingredientes con alto valor nutricional.

Los resultados en el análisis proximal mostraron que *P. tinctorius* es la especie con el mayor contenido de minerales, *A. hygrometricus* en carbohidratos, *A. caesarea* en grasas y *L. laccata* con el mayor contenido de proteínas. En general, la composición proximal de estos hongos se encuentra dentro del rango establecido para hongos comestibles, por lo que son una buena alternativa alimenticia para los habitantes de la Sierra Tarahumara y de alto potencial económico, ya que *A. caesarea* es una de las especies más buscadas por su sabor. De los diez distintos minerales que fueron determinados *A. caesarea* presenta el contenido más elevado en N, P, K y Zn; mientras que *A. hygrometricus* tiene los valores más altos de Ca y Mn. *L. laccata* por su parte muestra los contenidos más altos en

Magnesio Mg, Na y Cu. Finalmente *P. tinctorius* resultó con los valores más altos en Fe.

El contenido nutricional y mineral de estos hongos depende en gran medida de las condiciones físicas y químicas donde crecen y se desarrollan. Se recomienda continuar realizando análisis proximales y de minerales a las especies de HEM de la sierra Tarahumara.

REFERENCIAS

- Akinyele, B. J., Obameso, J.O. & Oladunmoye, M.K. (2011). Phytochemical screening and antimicrobial potentials of three indigenous wild *Ganoderma* mushrooms from Ondo state, Nigeria. *Nigerian Journal of Microbiology*, **25**, 2280-2290.
- Aletor, V. A. (1995). Compositional studies on edible tropical species of mushrooms. *Food Chemistry*, **54** (3), 265-268.
- Appiah, F., Oduro, I. & Ellis, W.O. (2011). Proximate and mineral composition of *Artocarpus altilis* pulp flour as affected by fermentation. *Pak. J. Nutr.*, **10** (7), 653-657.
- Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). (1990). *Official Methods of Analysis*. 15^a ed., Washington D.C., USA: Association Official Analytical Chemists.
- Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). (2000). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry*, 17^aed. Maryland, USA.:Association Official Analytical Chemists.
- Ayaz, F. A., Torun, H., Colak, A., Sesli, E., Milson, M. & Glew, R.H. (2011). Macro and Microelement Contents of Fruiting Bodies of Wild-Edible Mushrooms Growing in the East Black Sea Region of Turkey. *Food and Nutrition Sciences*, **2**, 53-59.
- Barros, L., Calhelha, R.C., Vaz, J.A., Ferrerira, I., Baptista, P. & Estevinho, L. (2007). Antimicrobial activity and bioactive compounds of Portuguese wild European edible mushrooms methanolic extracts. *European Food Research Technology*, **225**, 151-156.
- Bernás, E., Jaworska, G. & Lisiewska, Z. (2006). Edible mushrooms as a source of valuable constituents. *Acta Sci. Pol. Technolo. Aliment.*, **5** (1), 5-20.
- Biswas, G., Chatterjee, S., Sarkar, S. & Acharya, K. (2010). Evaluation of Antioxidant and Nitric Oxide Synthase Activation Properties of *Astraeus hygrometricus* (Pers) Morg. *Int. J. of Biomed. Pharm. Sci.*, **4** (1), 21-26.
- Boa, E. (2004) *Los hongos silvestres comestibles. Perspectiva global de su uso e importancia para la población*. Roma, Italia: FAO.
- Brock, O.T.K., Thomas, M. & David, M.W. (1986). *Basic Microbiology with Applications*. Antibiotics and other chemotherapeutic agents. 3^aed. Michigan, USA.: Prentice-Hall.
- Chang, S.T. & Buswell, J.A. (1996). Mushroom nutriceuticals. *World J Microbiol Biotechnol.*, **12** (5): 473-476.
- Chávez, G., Gómez-Reyes, V. & Gómez-Peralta, M. (2009). Riqueza de macromicetos del Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, Michoacán, México. *Rev. Ciencia Forestal en México*, **34**(105): 73-97.
- Ciappini, M., Gatti, M. & Zamora, M. (2004). *Pleurotus Ostreatus*, una opción en el menú: estudio sobre las gírgolas en la dieta diaria. *Invenio: Revista de Investigación Académica*, **12**, 127-132.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2014). *La Biodiversidad en Chihuahua: Estudio de Estado*. Ciudad de México, México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- De Andrade, M.C.N., Minhoni, M.T.D.A. & Zied, D.C. (2008). Nutritional evaluation of shiitake mushroom (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler) in function of the strain and type of cultivated eucalyptus. *Ciencia e Tecnología Alimentos*, **28**, 916-921.
- Diario Oficial de la Federación. (1986). *Norma Oficial Mexicana NMX-F-083-1986: Alimentos. Determinación de humedad en productos alimenticios*. <https://www.colpos.mx/bancodeenormas/nmxicanas/NMX-F-0831986.PDF>. Fecha de acceso: 24/11/2018.
- Díaz, K., Morales, G., Radilla, A. & VonBertrab, P. (2018). Identificación, caracterización y conservación de hongos silvestres mexicanos. *Investigación y desarrollo en ciencia y tecnología de alimentos*, **3**, 501-507.
- Díaz, M. (2009). *Determinación de la composición proximal, fenoles totales y capacidad antioxidante de hongos silvestres comestibles de Chihuahua*, México (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. México. 60 p.
- Diez, V. A., & Álvarez, A. (2001). Compositional and Nutritional studies on two wild edible mushrooms from North West Spain. *Food Chemistry*, **75** (4), 417-442.
- Domínguez-Romero, D., Arzaluz-Reyes, J., Valdés-Valdés, C. & Romero-Popoca, N. (2015). Uso y manejo de hongos silvestres en cinco comunidades del municipio de Ocoyoacac, Estado de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, **18** (2), 133-143.
- Egwim, E.C., Elem, R.C. & Egwuche, R.U. (2011). Proximate composition, phytochemical screening and antioxidant activity of ten selected wild edible Nigerian mushrooms. *Am. J. Food. Nutr.*, **1** (2), 89-94.
- Fangfuk, W., Okada, K., Fukuda, M. & Yamada, A. (2010). *In vitro* mycorrhization of edible *Astraeus* mushrooms and their morphological characterization. *Mycoscience*, **51**: 234-241
- García, L., Pérez, J., Aldrete, A., Cetina-Alcalá, V. & Vaquer-Huerta, H. (2006). Caracterización del hongo silvestre ectomicorrízico *Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker et Couch en cultivo y en simbiosis con eucalipto y pino. *Agrociencia*, **40**, 665-676.
- Gast, C.H., Jansen, E., Bierling, J. & Haanstra, L. (1988). Heavy Metals in Mushrooms and Their Relationship with Soil Characteristics. *Chromosphere*, **17** (4), 789-799.

- Greeshma, A., Sridhar, K. & Pavithra, M. (2018). Nutritional perspectives of an ectomycorrhizal edible mushroom *Amanita* of the southwestern India. *Current Research in Environmental & Applied Mycology*, **8** (1), 54-68.
- Guzmán, G. (2008). Análisis de los estudios sobre los macromycetes de México. *Revista mexicana de micología*, **28**, 7-15.
- Gysling-Caselli, J., Aguirre-Alvarado, J. J., Casanova del Río, K. & Chung-Guin-po, P. (2005). *Estudio de mercado: Hongos silvestres comestibles*. Concepción, Chile: Instituto Forestal.
- INAFED. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. (2012). Catálogo de Programas Federales. http://www.inafed.gob.mx/es/inafed/inafedd_Catalogo_de_Programas_Federales_2012. Fecha de acceso: 24/09/2018.
- Isildak, O., Turkekul, I., Elmastaş, M. & Tuzen, M. (2003). Analysis of Heavy Metals in Some Wild-Grown Edible Mushrooms from the Middle Black Sea Region, Turkey. *Food Chemistry*, **86**, 547-552. DOI:10.1016/j.foodchem.2003.09.007.
- Jha, S. K. & Tripathi, N.N. (2012). Comparative nutritional potential of three dominant edible and medicinal macrofungi of Kathmandu valley, Nepal. *Am. J. Pharm. Tech. Res.*, **2** (3), 1036-1042.
- Kalač, P. (2009). Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms: A review. *Food Chemistry*, **113** (1), 9-16.
- Laessoe, T. (1998). *Hongos: Manual de identificación*. Barcelona, España: Omega.
- León, M., Silva, I. & López, M. (1997). Proximate Chemical Composition, Free Amino Acid Contents, and Free Fatty Acid contents of Some Wild Edible Mushrooms from Queretaro Mexico. *Food Chemistry*, **45** (2), 4329-4332.
- Lindequist, U., Niedermeyer, T.H.J. & Julich, W.D. (2005). The pharmacological potential of mushrooms. Evidence-Based complementary and alternative medicine (eCAM), **2**(3), 285-299.
- Manzi, P., Aguzzi, A. & Pozziferrato, L. (2001). Nutritional value of mushrooms widely consumed in Italy. *Food Chemistry*, **73** (3), 321-325.
- Martínez-Carrera, D., Morales, P., Sobal, M., Bonilla, M., Martínez, W. & Mayett, Y. (2012). Los hongos comestibles, funcionales y medicinales: su contribución al desarrollo de las cadenas agroalimentarias y la seguridad alimentaria en México. En A. Menchaca-Rocha (Presidencia). *Memorias Reunión General de la Academia Mexicana de Ciencias: Ciencia y Humanismo (Agrociencias)*. Academia Mexicana de Ciencias, México, D.F.
- Medina-Saavedra, T., Arroyo-Figueroa, G., Herrera-Méndez, C., Gantes-Alcántar, M., Mexicano-Santoyo, L. & Mexicano-Santoyo, A. (2018). A proximal chemical analysis in craft beer solid waste, and its acceptance in sows. *Abanico veterinario*, **8** (3), 86-93. DOI: <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.83.6>.
- Moreno-Rojas, R., Díaz-Valverde, M.A., Arroyo, B.M., González, T.J. & Capote, C.J.B. (2004). Mineral Content of Gurumelo (*Amanita ponderosa*). *Food Chemistry*, **85**(3), 325-330. DOI:10.1016/S0308-8146(03)00264-4.
- Murphy, J. & Riley, J.P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta*, **27**: 31-36.
- Naranjo, N., Andrade, S., Herrera, J., Ávila, J., Almaraz, N. & Gurrola, N. (2013). Análisis Proximal de seis especies de hongos silvestres comestibles en la región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. https://smbb.mx/congresos%20smbb/veracruz01/TRABAJOS/AREA_XIII/CXIII-60.pdf. Fecha de acceso: 24/09/2018.
- Nielsen, S. (2003). *Food Analysis*. New York, USA: Kluwer Academic/Plenum Publ.
- Odoh, R., Ugwuja, D.I. & Udegbunam S. (2017). Proximate composition and mineral profiles of selected edible mushroom consumed in northern part of Nigeria. *Academia Journal of Scientific Research*, **5** (9), 349-364.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2018). *Métodos de análisis para la determinación de nitrógeno y constituyentes nitrogenados en alimentos*. <http://www.fao.org/docrep/010/ah833s/AH833S17.htm>. Fecha de acceso: 24/11/2018.
- Ortiz, R. (2012). *Hongos ectomicorrízicos*. Coahuila, México: Univ. Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Ouzouni, P.K., Petridis, D., Koller, W.D. & Riganakos, K.A. (2009). Nutritional Value and Metal Content of Wild Edible Mushrooms Collected from West Macedonia and Epirus, Greece. *Food Chemistry*, **115**(4), 1575-1580. DOI:10.1016/j.foodchem.2009.02.014.
- Pacioni, G. (1981). *Simon & Schuster's Guide to Mushrooms*. Nueva York, USA.: Simon & Schuster Inc.
- Pavel, K. (2009). Chemical composition and nutritional value of European Species of Wild growing mushrooms: A review. *Food Chemistry* **113**(1), 9-16.
- Pedneault, K., Angers, P., Gasselin, A. & Tweddell R. (2007). Fatty acid profiles of polar and non-polar lipids of *Pleurotus ostreatus* and *P. cornucopiae* var. *citrino-pileatus* grown at different temperatures. *Mycological Research*, **111**, 1128-1234.
- Pérez-Moreno, J., Lorenzana-Fernández, A., Carrasco-Hernández, V. & Yescas-Pérez, A. (2010). *Los hongos comestibles silvestres del parque nacional Ixta-Popo, Zoquiapan y anexos*. Texcoco, México: Colegio de Posgraduados, SEMARNAT y CONACYT.
- Pérez-Moreno, J. (2012). Los hongos comestibles ectomicorrízicos y su biotecnología. En: Sánchez, J. & Mata, G. (Ed). *Hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica: Investigación y desarrollo en un entorno multicultural* (pp. 19-28). Chiapas, México: El Colegio de la Frontera Sur.
- Pérez-Moreno, J., Martínez-Reyes, M., Yescas-Pérez, A., Delgado, A., & Xoconostle-Cázares, B. (2008). Wild

- Mushroom Markets in Central Mexico and a Case Study at Ozumba. *Economic Botany*, **62**(3), 425-436. DOI: 10.1007/s12231-008-9043-6.
- Pontón, J. (2008). La pared celular de los hongos y el mecanismo de acción de la anidulafungina. *Rev Iberoam Micol.*, **25**, 78-82.
- Quiñónez-Martínez, M. & Garza-Ocañas, F. (2015). *Hongos silvestres comestibles de la Sierra Tarahumara de Chihuahua*. Cd. Juárez, México: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- Quiñónez-Martínez, M., Ruán-Soto, F., Aguilar-Moreno, E., Garza-Ocañas, F., Lebgue-Keleng, T., Lavín-Murcio, A. & Enríquez-Anchondo, I. (2014). Knowledge and use of edible mushrooms in two municipalities of the Sierra Tarahumara, Chihuahua, Mexico. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*, **10**(67), 1-13. DOI: 10.67. 10.1186/1746-4269-10-67.
- Ramírez, P. (2004). El ácido linoleico conjugado y su importancia en la dieta. *Agrofaz: publicación semestral de investigación científica*, **4**(1), 519-528.
- Ravikrishnam, V., Sanjeev, G. & Madaiah, R. (2017). Compositional and nutritional studies on two wild mushrooms from Western Ghats forests of Karnataka, India. *International Food Research Journal*, **24**(2), 679-684.
- Rodiles-López, J.O., Manivel-Chávez, R.A., Zamora-Vega, R. & Martínez-Flores, H.E. (2016). Elaboración de una botana de nopal obtenida por deshidratación osmótica. *Superficies y Vacío*, **29** (2), 49-54.
- Rodríguez, S., Arone, M., Calzadillo, J., Rodríguez, I. & Díaz, M. (2017). Determinación de biomasa fúngica y su utilidad en procesos biotecnológicos. *Afinidad*, **74**(577), 60-67.
- Romero, N. (1997). Métodos de determinación de nitrógeno y constituyentes nitrogenados en alimentos. En: Morón C., Zacarías, I. & de Pablo, S. (Eds.). *Producción y Manejo de Datos de Composición Química de Alimentos en Nutrición*. Santiago de Chile, Chile: FAO.
- Roncero, R. (2015). *Propiedades nutricionales y saludables de los hongos*. La Rioja, España: Centro Tecnológico de Investigación del Champiñón de la Rioja (CTICH).
- Rudawska, M. & Leski, T. (2005). Macro and Microelement Contents in Fruiting Bodies of Wild Mushrooms from the Notecka Forest in West-Central Poland. *Food Chemistry*, **92**(3), 499-506. DOI:10.1016/j.foodchem.2004.08.017.
- Sanmee, R., Dell, B., Lumyong, P., Izumor, K. & Lumyong, S. (2003). Nutritive value of popular wild edible Mushrooms from northern Thailand. *Food Chemistry*, **82**, 527-532.
- Santis-Espinosa, L.F., Pérez-Sariñana, B.Y., Guerrero-Fajardo, C.A., Saldaña-Trinidad, S., López-Vidaña, E.C. & Sebastián, P.J. (2015). Drying mango (*Mangifera indica* L.) with solar energy as a pretreatment for bioethanol production. *BioRes*, **10** (3), 6044-6054.
- Secretaría de Comercio y Fomento Nacional. (1961). *Norma Oficial Mexicana NMX-F-066-S-1978: Determinación de cenizas en alimentos*. <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmxicanas/NMX-F-066-S1978.PDF>. Fecha de acceso: 24/11/2018.1.
- Singh, N. (2010). Edible Potential of Wild Mushroom *Astraeus hygrometricus* (Pers) Morg. *Nature Environment and Pollution Technology*, **9**(3): 597-600.
- Smith, J.L. & Groff J.L. (2008). *Advanced Nutrition and Human Metabolism*. 5th edition. Sydney, Australia: Australian Wardsworth Cengage Learning.
- Smith, J. E. & Sulivan, R. (2004). The Western approach to medicinal mushrooms. KMITL (King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang). *Science Journal*, **4** (1), 145– 155.
- Soylak, M., Saracoğlu, S., Tuzen, M. & Mendil, D. (2005). Determination of Trace Metals in Mushroom Samples from Kayseri, Turkey. *Food Chemistry*, **92**(4), 649-652. DOI:10.1016/j.foodchem.2004.08.032.
- Tiessen, H. & Moir, J.O. (1993). Characterization of available P by sequential extraction. En: Carter, M. R. (Ed.). *Soil Sampling and Methods of Analysis* (pp. 75-86). Florida, USA: Taylor & Francis Group, LLC.
- Vega, A. & Franco, H. (2012). Análisis de cenizas y minerales de hongos comestibles *Pleurotus* spp., cultivados sobre paja de arroz (*Oryza sativa*), tuza y rastrojo de maíz (*Zea mays*). *Tecnológico*, **8**(2), 15-23.
- Villareal, L. (1996). *Los hongos silvestres: componentes de la biodiversidad y alternativa para la sustentabilidad de los bosques templados. Informe final*. México, México: Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Postgraduados de Ciencias Agrícolas.
- Wani, B.A., Bodha, R.H. & Wani, A.H. (2010). Nutritional and medicinal importance of mushrooms. *J. Med. Plant Res.*, **4**(24): 2598-2604.