

# Capítulo 1

## Generalidades del hongo *Morchella*

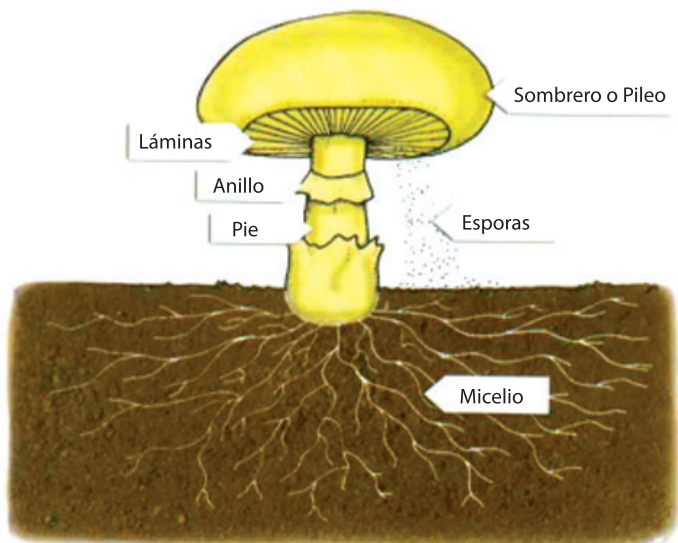
Iris Lobos Ortega

Ing. en Alimentos, Dra. INIA Remehue

### Antecedentes generales

Al igual que los animales, los hongos no pueden fabricar su alimento y por ello se deben alimentar de materia orgánica que otros organismos fabrican. Por otro lado, al igual que las plantas, los hongos no pueden desplazarse, pero a diferencia de éstas no presentan las estructuras típicas como raíz, tallo y hojas, y tampoco contienen clorofila. Lo que vemos a simple vista de los hongos es lo que se denomina cuerpo de fructificación, carpóforo, seta o callampa que constituye la parte reproductiva encargada de la producción y diseminación de esporas. Los carpóforos pueden tener las más variadas formas, tamaños y colores. La parte que no vemos de los hongos, porque se encuentran bajo tierra o al interior de otros organismos vivos o muertos, son las hifas, especies de filamentos microscópicos, que al juntarse forman el micelio o cuerpo vegetativo del hongo. El micelio puede abarcar enormes extensiones bajo tierra y perdurar en el tiempo y cuando las condiciones ambientales son las óptimas formará el carpóforo. Cuando el cuerpo de fructificación alcanza su madurez comienza a liberar las esporas, las cuales al encontrar las condiciones apropiadas en el ambiente germinan dando origen a las hifas y a un nuevo micelio (Machuca et al., 2013). La Figura 1 muestra la estructura subterránea del hongo que corresponde al micelio que dio origen al cuerpo de fructificación (Machuca et al., 2013).

De los 1,5 millones de especies estimadas en el mundo dentro del reino Fungi (Hawksworth, 2004), las morillas (*Morchella*, *Phylum Ascomycota*) son sin duda los hongos comestibles más carismáticos y ampliamente reconocidos y recolectados intensivamente (Kuo, 2005). Al día de hoy se acepta la existencia de 76 (filo) especies del género *Morchella* alrededor del mundo (Petřzalová y Sochor, 2019). Las morillas se recolectan principalmente por tres razones, recreación, subsistencia y comercialización (Schlosser y Blatner, 1993; Anderson et al., 2002; De Roman y Boa, 2004; McFarlane et al., 2005; Pérez-Moreno et al., 2008; Keefer et al., 2010).



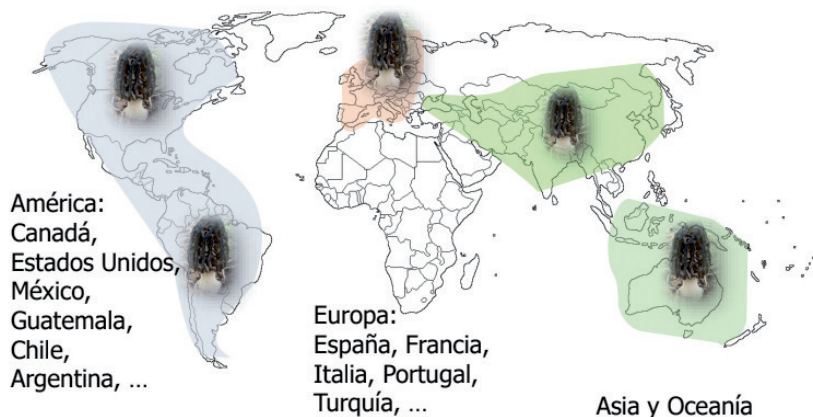
**Figura 1.** Principales estructuras que forman el cuerpo de fructificación de un hongo (carpóforo, callampa o seta).

Debido a la demanda cada vez mayor de los chefs gourmet, la cosecha comercial a gran escala anual se ha convertido en una industria multimillonaria dentro de los Estados Unidos y en otros países ricos en morillas (Piltz et al., 2007) (Figura 2). Como resultado, ahora es posible comprar morillas secas durante todo el año en los supermercados locales de esos países y a través de Internet. Además, el cultivo comercial exitoso de un tipo de morillas también ha permitido comprar hongos frescos durante todo el año (Ower et al., 1986; Liu et al., 2017).

## Clasificación taxonómica de la especie

- ✓ Reino: *Fungi*
- ✓ División: *Ascomycota*
- ✓ Clase: *Discomycetes*
- ✓ Orden: *Pezizales*
- ✓ Familia: *Morchellaceae*
- ✓ Género: *Morchella*
- ✓ Especies: *conica, elata, frustrata, esculenta, etc.*
- ✓ Nombre común: *morchella*, morilla, colmenilla, cagarria, elotito, morels, choclo, poto, pique, hongo esponja, entre otros.

## Distribución a nivel mundial



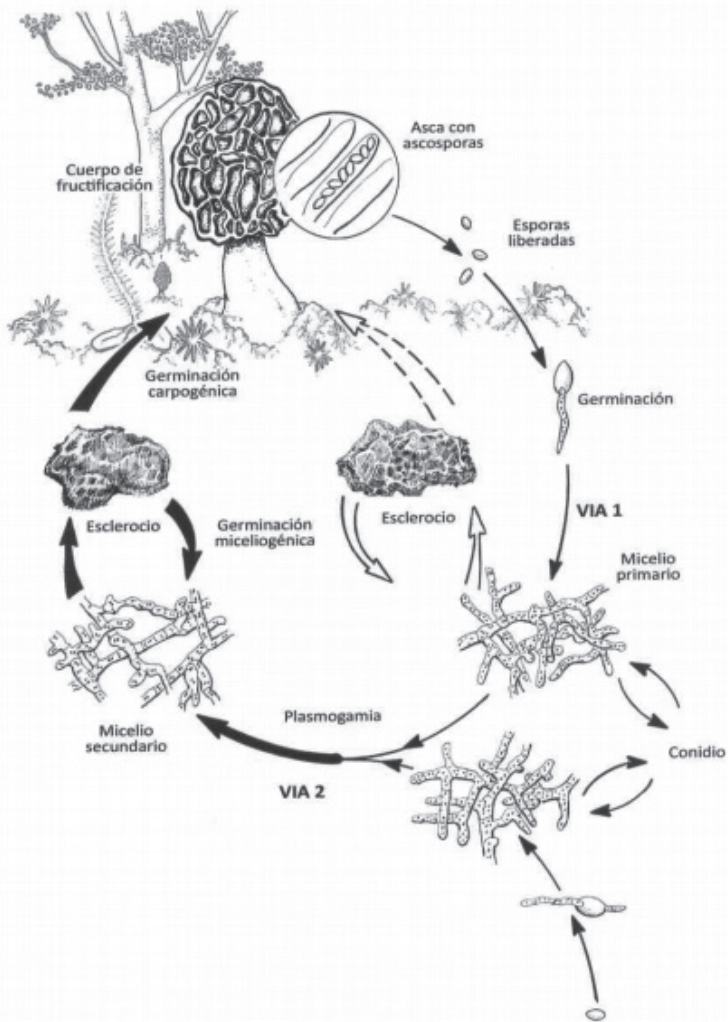
**Figura 2.** Distribución alrededor del mundo (Gentileza Daniela Parra y Ángela Machuca, comunicación personal, mayo 2018).

## Ciclo de vida de las *morchellas*

El ciclo de vida de este hongo es complejo y aún no se comprende por completo para muchas especies de *Morchella*. Autores como Volk y Leonard (1990) propusieron un ciclo completo de vida de la morilla estudiando las morillas amarillas (clado Esculenta).

En la figura 3 se muestra el ciclo de vida de *Morchella* spp., el cual comienza cuando las esporas son liberadas desde el ascocarpo maduro, germinan cuando las condiciones en el ambiente son las apropiadas formando el micelio el cual puede dar origen a los esclerocios (una masa dura de células fúngicas, las que se forman a partir del micelio originado por la germinación de una ascospora, conocido comúnmente como micelio primario). Estos esclerocios bajo la influencia de una serie de factores ambientales darán origen a los ascocarpos.

Las etapas que van desde la germinación de las esporas hasta la formación de esclerocios ocurre bajo tierra (adaptado de Volk y Leonard, 1990).



**Figura 3.** Ciclo de vida de *Morchella* spp. propuesto por Volk y Leonard (1990) con modificaciones.

Las relaciones ecológicas de algunas especies de *Morchella* se han inferido a través de la observación de patrones de fructificación o directamente a través de la experimentación. Un ejemplo es *Morchella rufobrunnea*, que se ha identificado como una especie basal en la evolución del género (Du et al., 2012), siendo observada en jardines y otras áreas y se ha cultivado con éxito (Kuo, 2008). Esto sugiere que su nutrición se basa sobre materia orgánica en descomposición,

por lo tanto, es considerado un hongo saprófito. Por lo tanto, algunas especies del género *Morchella* se asocian con especies de árboles específicos, un rasgo frecuentemente conocido por los recolectores de hongos (Pilz et al., 2007).

Dahlstrom et al., (2000) demostraron asociaciones de micorrizas entre las morillas negras (dos especies del clado Elata) y miembros de *Pinaceae* nativas del oeste de América del Norte. Baynes et al., (2012) encontraron que varias especies de morillas negras también son capaces de establecer relaciones endofíticas con pastos. Es posible que las morillas sean saprófitos y micorrícicas en diferentes etapas de su ciclo de vida (Pilz et al., 2007).

Algunas especies de morillas se reproducen prolíficamente en el primer año después de los incendios forestales (Sturgis, 1905; Apfelbaum et al., 1984; Duchesne y Weber, 1993). Las especies de *Morchella* que responden de esta manera al fuego se denominan phenicoides (Carpenter y Trappe, 1985) o pirofílicas (Greene et al., 2010); para mayor claridad y simplicidad, se utiliza el término no técnico “morillas quemadas”. La mayoría de la cosecha comercial en el oeste de América del Norte comprende recolecciones el primer año después de los incendios forestales (Obst y Brown, 2000; McLain et al., 2005; Wurtz et al., 2005; Pilz et al., 2007). En California, los miembros de varias tribus nativas, recolectaron históricamente morillas para alimentarse, y algunos miembros de la tribu continúan recolectando morillas post-fuego en la actualidad (Anderson y Lake, 2013). Los nativos americanos estaban al tanto de una mayor producción de *morchellas* después de incendios forestales, y hay evidencia de que algunas tribus históricamente usaron el fuego para manejar su producción (Anderson y Lake, 2013).

Los recolectores de hongo a menudo distinguen entre las morillas negras “naturales” que producen un cuerpo fructífero en ausencia de fuego, y las que surgen en gran abundancia en los bosques después de un incendio. Mientras que la formación de ascocarpos de algunas especies de *Morchella* parece activarse únicamente por las temperaturas y la precipitación primaveral (Buscot, 1989; Mihail et al., 2007). Por otra parte, algunas especies requieren una perturbación adicional, como brotes de insectos, tala o tormentas de viento (Pilz et al., 2004; McFarlane et al., 2005; Wurtz et al., 2005). Se han propuesto varios mecanismos para la producción prolífica de hongos después de la muerte de árboles y eventos de perturbación, incluyendo pérdida de suministro de carbohidratos, cambios en el pH y la química del suelo (Winder, 2006), liberación de la competencia de otros microorganismos del suelo y descargas de nutrientes disponibles.

## Antecedentes Genéticos

Se han descrito tres clados en el mundo, el Clado Rufobrunnea (Sección *Rufobrunnea*, *morchellas* blancas), Clado Esculenta (Sección *Morchella*, *morchellas* amarillas) y Clado Elata (Sección *Distante*, *morchellas* negras). Se han encontrado 34 especies filogenéticas en el hemisferio Norte, con alto grado de endemismo continental dentro del género. Recientemente, Kuo et al. (2012) realizaron una revisión taxonómica del género *Morchella* de Canadá y los Estados Unidos y describieron 14 de las 19 especies filogenéticas de esa región, basadas en la morfología, ecología y distribución. Desafortunadamente, en sus análisis filogenéticos, solo se analizaron algunas colecciones de Sudamérica.

La diferenciación entre las especies de *Morchella* ha sido el enfoque principal de los estudios genéticos de las morillas (Wipf et al, 1996). En dos estudios recientes, *Morchella esculenta* formó asociaciones ectomicorrícicas con árboles (Harbin y Volk 1999, Dahlstrom et al., 2000), resolviendo un debate de larga data sobre el papel ecológico de este hongo. Aún se desconoce si las morillas son anuales o perennes, aunque la capacidad del hongo para formar esclerocios en el suelo sugiere fuertemente que podrían ser perennes (Buscot 1989; Miller et al., 1994).

La mayoría de los conocimientos sobre variación en los patrones de fructificación se centra en la variación climática anual (Tiffany et al., 1998), la variación interanual de los factores ambientales que afectan la fructificación, la fenología de fructificación, la abundancia del cuerpo fructífero, la distribución y la variabilidad genética de *M. esculenta*. Por otra parte, hasta la fecha no se han publicado estudios que examinen la distribución, longevidad o persistencia de las poblaciones de morillas, ni cómo los patrones extensivos de recolección y la fragmentación del hábitat, de los países donde crece este tipo de hongo, podría estar afectando su viabilidad.

Respecto a los estudios genéticos que se han realizado en estas especies, se sabe que puede haber mayor variabilidad genética entre poblaciones de la misma especie que estén geográficamente aisladas que entre dos especies distintas emparentadas. Dagleish y Jacobson (2005) realizaron la primera caracterización genética de estos hongos mediante RAPD-PCR, encontrando una alta variabilidad genética entre poblaciones de *M. esculenta* recolectadas en tres diferentes Estados de América del Norte. Por su parte, Irfan et al. (2007) estudiaron tres especies de *Morchella* similares fenotípicamente, encontrando

diferencias genéticas pero una alta relación entre ellas y Bunyard et al (1994) encontraron separación genética entre las especies de *Morchella* negra (*M. angusticeps*, *M. elata* y *M. conica*) y amarillas (*M. esculenta*, *M. crassipes* y *M. deliciosa*).

En Chile ha existido ya alguna caracterización de *Morchella* spp. en otras regiones (Machuca et al., 2013). Por ejemplo, en Aysén a través de un proyecto CONAF (FIBN 077/2013) que fue desarrollado por la Universidad de Concepción se determinaron factores del suelo y del ambiente (temperatura, humedad), que están involucrados con el crecimiento, desarrollo y diversidad del hongo en bosques de *Nothofagus* de la Patagonia en la región de Aysén, y se consiguió identificar varias especies de *Morchella* por una combinación de técnicas moleculares y taxonómicas, todas ellas pertenecientes al Clado Elata, siendo éste el primer registro en Chile de identificación a través de estas técnicas.

## Métodos de determinación

Las técnicas moleculares basadas en ADN se han usado ampliamente para inferir relaciones dentro del género *Morchella*, de esta manera se identificaron el Clado Esculenta (morillas amarillas) y Clado Elata (morillas negras) como grupos monofiléticos de hermanas, con *Morchella rufobrunnea* como un clado hermano monotípico basal.

La figura 4 muestra un ordenamiento de los distintos clados y especies del género *Morchellas* dados los recientes avances en la comprensión de las relaciones filogenéticas y biogeográficas dentro de este grupo (O'Donnell et al., 2011; Du et al., 2012). En este sentido, *Morchella* es un género monofilético y bien definido dentro de la familia *Morchellaceae* y se caracteriza por diferencias fenotípicas menores y plasticidad morfológica entre las especies, incluida la variación en el color del pie y el píleo, forma y textura, junto con las diferencias en las condiciones ecológicas para la fructificación (Pilz et al., 2007).

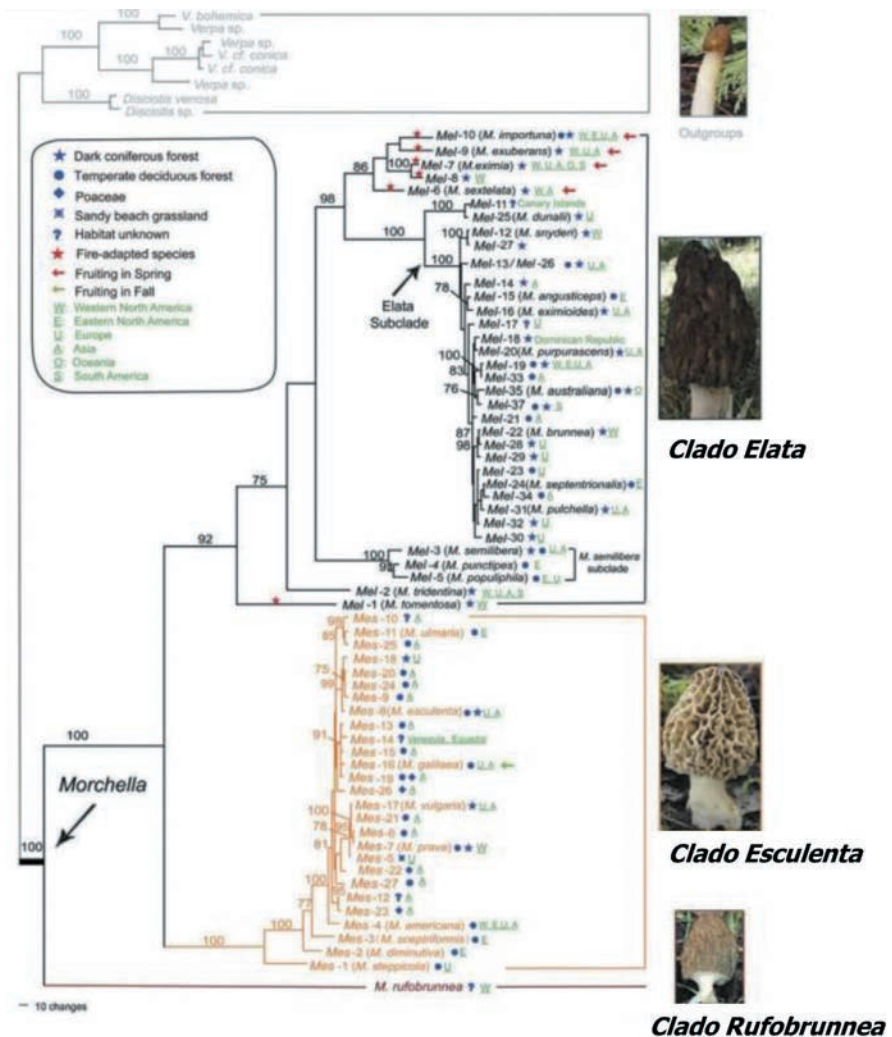


Figura 4. Ordenamiento del género *Morchella* en grupos o clados según O'Donnell et al., (2011).

Por lo expuesto anteriormente y combinado con la falta de acuerdo sobre los nombres científicos y comunes, la diferenciación morfológica de las especies es problemática (Pilz et al., 2007; Kuo et al., 2012), la inclusión de información molecular sobre el hemisferio sur no explorado, como el bioma forestal patagónico, ofrece la oportunidad de aumentar el conocimiento de la diversidad genética, evolución y patrones de biodiversidad global de este grupo de hongos.



## Presencia de *Morchella* en la Patagonia Chilena

Poco se sabe sobre los hongos comestibles silvestres de los bosques nativos de la Patagonia. Sin embargo, su novedad en el mercado ofrece un gran potencial como un producto forestal rentable no maderero (De Michelis y Rajchenberg, 2002).

La formación del cuerpo fructífero en la Patagonia, ocurre durante unas pocas semanas cada primavera (finales de septiembre a noviembre), principalmente asociado a árboles de *Austrocedrus chilensis*, *Nothofagus antártica* y otros bosques nativos mixtos según De Michellis y Rajchenberg (2002).

La existencia de dos linajes presentes en la Patagonia del género *Morchellas* de origen norteamericano indica un patrón biogeográfico que sugiere que provienen de la dispersión a larga distancia o más probablemente, introducidas con coníferas exóticas debido a sus capacidades de formar micorrizas y asociaciones endofíticas.

En la Patagonia Argentina, Pildain et al., (2014), reportaron que los ejemplares se encuentran asociados con bosques de *A. chilensis* (cipres de la cordillera) y *N. antartica* (ñirre) y coníferas exóticas introducidas desde el noroeste de Norte América (Tabla 1).

En la Patagonia, la taxonomía de *Morchella* se limita al reconocimiento de cinco especies morfológicas: *Morchella patagonica* Speg., restringida a la Patagonia, y los taxones europeos *Morchella elata* Fr., *Morchella conica* Pers., *Morchella intermedia* Boud., y *Morchella esculenta* (L.) Pers. (Spegazzini 1909; Domínguez de Toledo 1987; Gamundi 1975) y prácticamente no se sabe nada sobre su distribución geográfica o relaciones filogenéticas con otras especies del género.

**Tabla 1.** Especies de *Morchella* encontradas en la Patagonia Argentina

Lugar	Especies y lugares de origen probable	Vegetación asociada
PNLA Senda Arroyo Cascada, Chubut	<i>M. frustrata</i> (USA y CANADA)	<i>N. dombeyi</i> , <i>Lomatia hirsuta</i> , <i>Maytenus boaria</i> , <i>A. chilensis</i>
	Nueva especie filogenética (Mel-37) (Patagonia)	<i>L. hirsuta</i> , <i>Aristotelia chilensis</i> , <i>A. chilensis</i>
Corcovado, Chubut M.	<i>M. frustrata</i> (USA y CANADA)	<i>A. chilensis</i>
	Nueva especie filogenética (Mel-37) (Patagonia)	<i>N. antártica</i>
Bolsón, Río Azul. Río Negro	<i>M. frustrata</i> (USA y CANADA)	<i>A. chilensis</i>
Trevelin, Chubut	<i>M. frustrata</i> (USA y CANADA)	<i>A. chilensis</i> , <i>N. antártica</i>
	Nueva especie filogenética (Mel-37) (Patagonia)	<i>N. antártica</i>
Lago Puelo, Chubut	<i>M. frustrata</i> (USA y CANADA)	<i>N. dombeyi</i> , <i>A. chilensis</i> , <i>Pinus ponderosa</i> (Bosque quemado)
	<i>M. septimelata</i> (USA)	<i>A. chilensis</i> , <i>P. ponderosa</i> (Bosque quemado)
	Nueva especie filogenética (Mel-37) (Patagonia)	<i>N. dombeyi</i> , <i>L. hirsuta</i> , <i>Rosa rubiginosa</i> , <i>Pseudotsuga menziesii</i> , plantas herbáceas
PNLA, Laguna Larga, Chubut	<i>M. septimelata</i> (USA)	<i>A. chilensis</i> (bosque quemado)

Pildain et al., (2014) analizaron 65 ascocarpos de *Morchella* colectados y georreferenciados en las provincias de Chubut, Río Negro y Neuquén (Argentina). Las colecciones fueron caracterizadas según las especies dominantes en el sitio y signos recientes de fuego. Los autores encontraron *Morchella* correspondiente al clado Elata con una baja diversidad. Lo anterior, sumado al hecho de que este clado evolucionó primeramente en el oeste de Norte América (O'Donnell et al.,

2011), sugiere que *M. frustrata* y *M. septimelata* colonizaron Sudamérica desde Norteamérica planteando tres hipótesis para esto:

- a) Dispersión a larga distancia y conservación de nicho (O'Donnell et al., 2011; Du et al., 2012).
- b) Migración en el período terciario antes del cierre del istmo de Panamá (Coates y Obando 1996; Burnham y Graham 1999; Niinomi et al., 2008).
- c) Introducción antropogénica reciente de *Morchella*, de manera similar a *M. esculenta* en Nueva Zelanda y África.

La existencia de *M. frustrata* y *M. septimelata* desde bosques mixtos de árboles nativos y coníferas exóticas puede ser explicada por la introducción de *Pinus* spp. y *Pseudotsuga menziesi* desde Norte América a la Patagonia. La naturaleza micorrícica y endofítica que ha sido demostrada para *M. septimelata* hace muy probable la existencia de *morchellas* vía introducción y migración.

Además, Pildain et al., (2014) encontraron un grupo filogenéticamente distinto y posiblemente una especie diferente a las de origen norteamericano, sin embargo, su descripción morfológica no coincide con *M. patagónica* descrita por Spegazzini a comienzos del siglo XX. Las especies de *Morchella* de la Patagonia pertenecen al clado Elata y se han descrito tres linajes soportados a nivel de especie, asociados a flora nativa y árboles exóticos introducidos desde el oeste de Norteamérica.

Las especies identificadas por Pildain et al., (2014) son las siguientes:

- 1.- *Morchella frustrata*, también presente en USA y Canadá
- 2.- *Morchella septimelata*, las cuales se han descrito como adaptadas al fuego, presentes también en USA. Colectada en bosques quemados de especies nativas e introducidas desde el oeste de Norteamérica
- 3.- *Morchella* sp. Mel-37, especie filogenéticamente distinta dentro del clado Elata. Nueva especie distinta de las norteamericanas.

La primera descripción de *Morchellas* en Chile corresponde a Spegazzini (1918) quien en la revista Chilena de Historia Natural señala que no detecta diferencias entre las *morchellas* chilenas y las argentinas. Sin embargo, este autor reporta a *M. patagónica*, la cual no fue detectada por Pildain et al., (2014).

En Chile, las especies representantes del género *Morchella* que se recolectan han sido señaladas como *M. conica* y *M. esculenta* aunque son nombres de especies que sólo se sugirieron en base a unas pocas características morfológicas. Las *morchellas* en Chile se distribuyen desde la V a la XI Región (Chung, 2005b) generalmente en zonas cordilleranas asociadas a bosque nativo de *Nothofagus* spp., aunque también se ha detectado en plantaciones de *Pinus radiata* en zonas costeras, principalmente en zonas donde ha habido una conversión en el uso del suelo, es decir, zonas donde se ha reemplazado el bosque nativo por plantaciones (Pincheira, 1999). Los lugares donde es posible encontrar el hongo en bosque nativo son: Curacautín (IX), Nahuelbuta (IX), Santa Bárbara (VIII), Curepto (VII), Constitución (VII), en otros.

Recientemente en nuestro país, y luego de años de estudio, fue posible identificar tres especies presentes en bosques de *Nothofagus* de la Patagonia Aysenina, a través de un estudio que combinó una descripción taxonómica detallada con análisis moleculares, siendo el primero de su tipo para nuestro país. Los resultados mostraron la presencia de *M. tridentina* (sinónimo de *M. frustrata*), especie cosmopolita presente alrededor del mundo, y dos nuevas especies para la ciencia: *M. andinensis* (especie filogenética Mel-37) y *M. aysenina*, todas pertenecientes al clado Elata (Foto 1). De éstas, *M. tridentina* y *M. andinensis* son especies existentes tanto en la Patagonia chilena como argentina, en tanto que *M. aysenina* sólo ha sido descrita para la Patagonia chilena hasta el momento (Machuca et al., 2021).



*Morchella tridentina*  
(*M. frustrata*, Mel-2)



*Morchella andinensis*  
(Mel-37)



*Morchella aysenina*

**Foto 1.** Especies de *Morchella* de la Patagonia Aysenina (Gentileza Ángela Machuca).

## Propiedades nutricionales y bioactivas

Varias especies de hongos comestibles son apreciadas en la cocina por su sabor y versatilidad de preparaciones. Dado su contenido en biomoléculas con propiedades nutricionales y/o bioactivas, son también reconocidos como un alimento funcional y un valioso recurso nutracéutico (Heleno et al., 2013), con potencial antioxidante (Kalyoncu et al., 2010), antibiótico, antitumoral, antiinflamatorio y antimicrobiano (Yamac y Bilgili, 2006; Barros et al., 2007; Kalyoncu et al., 2010; Alves et al., 2012; He et al., 2012).

Las especies de *Morchella* minimizan el daño oxidativo en organismos, lo que se presenta en varias enfermedades crónicas según Ferreira et al., (2009). Además, estas especies pueden usarse para encontrar nuevos antimicrobianos que se superpongan a la resistencia bacteriana a los antibióticos (Alves et al., 2012). Los compuestos fenólicos, los tocoferoles y los ácidos orgánicos se consideran los más responsables de la actividad antioxidante de los hongos (Ferreira et al., 2009; Leal et al., 2013; Reis et al., 2012). Por otro lado, se ha informado que poseen compuestos de bajo peso molecular encontrados en los hongos como sesquiterpenos y otros terpenos, esteroides, antraquinonas, derivados del ácido benzoico, quinolinas y ácido oxálico, pero también compuestos de alto peso molecular como péptidos y proteínas (Alves et al., 2012).

Nutricionalmente, la *morchella* posee 35% de proteína, 2,5% de grasas, 47% de carbohidratos, y entre 8 y 10% de cenizas. Debido a sus propiedades nutracéuticas, se puede considerar un complemento dietético y un alimento funcional (Valdebenito et al., 2003). Sin embargo, en Chile no se han realizado estudios acerca de las propiedades medicinales y como el contenido nutricional varía bajo las diferentes condiciones ambientales en un gradiente latitudinal.

## Recolección y sustentabilidad

Desde el punto de vista ecológico se recomienda que la colecta intensiva sea monitoreada para evaluar el impacto potencial de las *morchellas* a largo plazo. Los recolectores distinguen las "*morchellas* naturales", que son las que fructifican en ausencia de fuego y las llamadas "*morchellas* quemadas" que crecen en gran abundancia en bosques después de un incendio.

Se desconoce por qué las *morchellas* surgen abundantemente después del fuego, se han propuesto varias teorías que tienen que ver con que el fuego cambia la disponibilidad de nutrientes, provoca término de competencia con otros microorganismos o elimina barreras físicas al crecimiento del ascocarpo (Larson et al., 2016). Los micrositios ocupados por las *morchellas* están espacialmente autocorrelacionados hasta aproximadamente 7 m, lo que indica que los factores claves que controlan la mayor productividad después del fuego son heterogéneos a escalas espaciales pequeñas. Larson et al., (2016) señalan que los límites de cosecha relativamente libres para los recolectores recreativos y de subsistencia parecen apropiados y sostenibles, al menos para los bosques de coníferas en el primer año después del fuego. La magnitud de la producción de cuerpos fructíferos post incendio supera cualquier nivel plausible de cosecha recreativa (Obst y Brown, 2000). Sin embargo, la cosecha comercial intensiva puede justificar el monitoreo para evaluar los impactos potenciales sobre la productividad a largo plazo, con posibles efectos colaterales en el ecosistema.

En Chile, no existen experiencias consolidadas de cultivos del hongo y la recolección se realiza a partir de los que aparecen en forma silvestre, no existiendo normativas que regulen la extracción y cosecha, por lo que el acceso a su recolección sólo depende de los dueños del terreno, si es que los hay, donde se encuentre el hongo (FAO 1998).

## **Costos y canales de comercialización nacionales**

En general los costos de producción son bastante imprecisos ya que no se registran los costos asociados al manejo silvicultural de *Morchella*, además, los costos de procesamiento (limpieza, secado y envasado) son en general difíciles de calcular ya que muchos pequeños productores utilizan para deshidratarlo el calor del sol, y algunos utilizan secadores a base de leña que obtienen del bosque (Chung, 2005a).

Los canales de comercialización identificados son tres (Gysling et al., 2005): desde el recolector al primer intermediario, desde el intermediario al mayorista o segundo intermediario y desde el mayorista (supermercado o exportador) al consumidor final. El primero es informal, dado que los intermediarios son normalmente conocidos o familiares de los recolectores que generalmente tienen un nivel de instrucción elemental (Gysling et al., 2005). Compran a los recolectores por encargo de terceros o para vender ellos mismos en localidades

cercanas o centros urbanos sin mayores exigencias de calidad, en estado fresco o deshidratado por los mismos recolectores. El segundo canal se establece por la compra de productos que hace el intermediario II al I para luego vender a las empresas procesadoras, siendo más formal; sin embargo, existen carencias fuertes en cuanto a regulación, y muchas veces los proveedores tratan de engañar al comprador con calidades inferiores a las pactadas o aumentando el peso de manera artificial (Gysling et al., 2005). El tercer canal es el más formal; está mediado por empresas procesadoras establecidas, que por lo general procesan otros productos del rubro y se localizan en centros urbanos de relevancia, donde el consumidor final (muy poco en Chile y el resto en el extranjero) lo adquiere, teniendo acceso a la información y procedencia del producto. Esta es la parte de la cadena que ha logrado mayor desarrollo debido a las demandas ambientales de los países extranjeros (Gysling et al., 2005; Benedetti et al., 2006). Dentro del país, los consumidores internos más importantes son los envasadores del rubro condimentos, que compran alrededor de 23 toneladas de hongos deshidratados.

Existen dos formas de comercializar este hongo: fresco, operación que debe realizarse con rapidez, ya que una vez recolectados son altamente perecibles, y deshidratado, obteniendo una mayor durabilidad del producto y un mejor precio (Valenzuela, 1995; Valdebenito et al., 2003). Además, desde el punto de vista comercial, deshidratarlo supone una importante ventaja ya que, además de agregar valor a la materia prima utilizada se reducen los costos de transporte, distribución y almacenaje debido a la reducción de peso y volumen del producto (Marin et al., 2006). Con la deshidratación, la *morchella* pierde entre 10 y 20 veces su peso (Ackerknecht, 1989; FAO, 1998).

En el país existen poderes compradores desde la región del Maule al sur. El mercado interno registra valores en el rango de los 80 a 140 US\$/kg de hongo deshidratado, en los puntos de recolección o acopio, aunque en periodos donde las condiciones climáticas no son favorables, se han observado precios por sobre los 240 US\$/kg de hongo seco. Cuando se lanzó el producto *Morchella* en la cadena de supermercados "Líder", se comercializaba en bandejas de 5 a 10 gramos a \$2.000" (Diario El Sur, 2011).

Al comienzo de cada temporada los recolectores están expectantes a los mercados locales que una vez abierta su compra generalmente comienzan con precios muy bajos y eso desincentiva mucho la actividad. La mayor dificultad que expresan los recolectores son los bajos precios que se pagan al inicio de la temporada. Los precios iniciales son de \$3.000-3.500/kg fresco y finalizan con precios de \$8.000/kg fresco en promedio, como ocurrió en la temporada

2014. Los precios de morilla seca son muy superiores y fluctúan entre \$70.000–120.000/kg.

Respecto al mercado externo, la *morchella* chilena se exporta principalmente a Europa, y el precio internacional alcanza uno de los mayores precios del mercado exportador chileno de hongos, logrando hasta 20 veces el precio de otros hongos deshidratados (Valdebenito, 2013), generando importantes retornos a las y los recolectores. Francia es el primer consumidor de *morchellas* en el mundo, y el país que más importa este producto. Las *morchellas* chilenas tienen muy buena reputación en todo aspecto. Según los importadores, el aroma, la calidad y la textura son superiores a *morchellas* provenientes de otros países competidores como China, Turquía o Rumania. Los precios son muy variables y dependen principalmente de las condiciones climáticas, especialmente las precipitaciones. En el año 2019 se registraron exportaciones cercanas a 2,1 millones de dólares con envíos de 37 toneladas de producto deshidratado (INFOR,2020).

## Comentario Final

La *Morchella* sin duda es un recurso natural valioso y con un potencial mercado, al igual que el maqui, calafate, pompón, etc. Pero se requiere, investigación para conocer su ecología, forma de crecimiento, agentes de dispersión natural, relaciones micorrízicas con los distintos tipos de especies forestales en Chile en un gradiente latitudinal, para conocer su distribución. Así mismo se requiere, investigar en la propagación *ex situ* a distintas escalas y finalmente una propuesta de normativa, para regular su cosecha y resguardar este patrimonio natural, que pertenece a todos los chilenos.

## Bibliografía

- Ackerknecht, C. 1989. Antecedentes sobre hongos comestibles en Chile. Temuco. Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile. Sede Regional Temuco.
- Anderson, S., Pilz, D., Weber, N., Brown, E., and Rockwell, V. 2002. Mushrooms, trees, and money: value estimates of commercial mushrooms and timber in the Pacific Northwest. *Environ, Manage.* 30: 129–141.
- Anderson, M., and Lake, F. 2013. California Indian ethnomycology and associated forest management. *J. Ethnobiol.* 33: 33–85.



- Alves, M., Ferreira, I., Dias, J., Teixeira, V., Martins, A., and Pintado, M. 2012. Review on antimicrobial activity of mushroom (Basidiomycetes) extracts and isolated compounds. *Planta Médica*. 78: 1707-1718.
- Apfelbaum, S., Haney, A., and Dole, R. 1984. Ascocarpo formation by *Morchella angusticeps* after wildfire. *The Michigan Botanic*. 23: 99-102.
- Barros, L., Baptista, P., Correia, D., Morais, J., and Ferreira, I. 2007. Effects of conservation treatment and cooking on the chemical composition and antioxidant activity of Portuguese wild edible mushrooms. *J. Agric. Food Chem*. 55: 4781-4788.
- Baynes, M., Newcombe, G., Dixon, L., Castlebury, L., and O'Donnell, K. 2012. A novel plant-fungal mutualism associated with fire. *Fungal Biology*. 116 (1): 133-144.
- Benedetti, S., Valdebenito, G., Garcia, E., Delard, C., Lopez, C., and Villarroel, A. 2006. Propuestas de Innovación tecnológicas sobre el recurso forestal, los procesos y los productos para los rubros maderero, apícola y hongos silvestres en el territorio Maule sur. INFOR, CORFO, CONAF.
- Bunyard, B., Nicholson, M., and Royse, D. 1994. A systematic assessment of *Morchella* using RFLP analysis of the 28S ribosomal RNA gene. *Mycologia*. 86:762-772.
- Buscot, F. 1989. Field observations on growth and development of *Morchella rotunda* and *Mitrophora semilibera* in relation to forest soil temperature. *Canad. J. Bot*. 67: 589-593.
- Burnham, R., and Graham, A. 1999. The history of neotropical vegetation: new developments and status. *Ann. Missouri Bot. Gard*. 86: 546-589.
- Carpenter, S., and Trappe, J. 1985. Phoenicoid fungi: a proposed term for fungi that fruit after heat treatment of substrates. *Mycotaxon*. 23: 203-206.
- Chung, P. 2005 a. Hongos micorrizicos comestibles: Opción productiva aplicada a las plantaciones forestales. Concepción: INFOR.
- Chung, P. 2005 b. Guía de campo: Principales hongos micorrizicos comestibles y no comestibles presentes en Chile. Concepción. INFOR.
- Dahlstrom, J., Smith, J., and Weber, N. 2000. Mycorrhiza-like interaction by *Morchella* with species of the Pinaceae in pure culture synthesis. *Mycorrhiza*. 9 (5): 279-285.

- Dalgleish, H., and Jacobson, K. 2005. A first assessment of genetic variation among *Morchella esculenta* (morel) populations. *J. Heredity*. 96: 396-403.
- De Michelis, A., and Rajchenberg, M. 2002. Hongos comestibles: teoría y práctica para la recolección, elaboración y conservación, 1<sup>st</sup> edn. INTA, Bariloche.
- De Roman, M., and Boa, E., 2004. Collection, marketing and cultivation of edible fungi in Spain. *Micología Aplicada Internacional*. 16 (2): 25-33.
- Diario el Sur. (31 de enero de 2011). Innovación: Setas tienen alto potencial de desarrollo comercial. *Diario El Sur*.
- Domínguez de Toledo, L. 1987. Sobre la presencia de *Morchella esculenta* PERS. en Córdoba (*Morchellaceae* e Pezizales). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. 25: 79-84.
- Du, X., Zhao, Q., O'Donnell, K., Rooney, A., and Yang, Z.L. 2012. Multigene molecular phylogenetics reveals true morels (*Morchella*) are especially species-rich in China. *Fungal Genetics and Biology*. 49 (6): 455-469.
- Duchesne, L., and Weber, M. 1993. High incidence of the edible morel *Morchella conica* in a jack pine, *Pinus banksiana*, forest following prescribed burning. *Can. Field-Nat.* 107 (1): 114-116.
- Food and Agriculture Organization . 1998. Productos Forestales No Madereros en Chile. Serie Forestal N° 10. Santiago. Chile: FAO.
- Ferreira, I., Barros, L., and Abreu, R. 2009. Antioxidants in wild mushrooms. *Curr. Med. Chem.* 16, 1543-1560.
- Gamundi, I. 1975. Fungi Ascomycetes Pezizales. In: Guarrera SA, Gamundi de Amos I, Rabinovich de Halperin D (eds), *Flora Criptogámica de Tierra del Fuego* FECIC. pp. 14-22. Buenos Aires.
- Greene, D., Hesketh, M., and Pouden, E. 2010. Emergence of morel (*Morchella*) and pixie cup (*Geopyxis carbonaria*) ascocarps in response to the intensity of forest floor combustion during a wildfire. *Mycologia* 102, 766-773.
- Gysling, J., Aguirre, J., Casanova, K., and Chung, P. 2005. Estudio de Mercado hongos silvestres comestibles. Concepción: INFOR.
- Harbin, M. and Volk, T. 1999. The association of *Morchella* with plant roots. In: *International Botanical Congress/Mycological Society of America Meeting Abstracts*. Lawrence, KS. Mycological Society of America. 559.

- Hawksworth, D. 2004. Fungal diversity and its implications for genetic resource collections. *Studies in Mycology*. 50: 9–18.
- He, P., Geng, L., Mao, D., and Xu, C. 2012. Production, characterization and antioxidant activity of exopolysaccharides from submerged culture of *Morchella crassipes*. *Bioprocess and Biosystems Engineering*. 35: 1325–1332.
- Heleno, S., Stojković, D., Barros, L., Glamočlija, J., Soković, M., Martins, A., Queiroz, M., Ferreira, I. 2013. A comparative study of chemical composition, antioxidant and antimicrobial properties of *Morchella esculenta* (L.) Pers. from Portugal and Serbia. *Food Research International*. 51: 236–243.
- Instituto Forestal. 2020. Productos Forestales No Madereros. Boletín N° 35 marzo 2020. ISSN 0719 – 9996. INFOR
- Irfan, M., Yang, S., Yuxin, L., and Sun, J. 2007. Genetic diversity analysis of *Morchella* sp. By RAPD. *Molecular Biology Research Communications*. 6(1):27–31.
- Kalyoncu, F., Oskay, M., Saglam, H., Erdogan, T., and Tamer, A. 2010. Antimicrobial and antioxidant activities of mycelia of 10 wild mushroom species. *J. Med. Food*. 13: 415–419.
- Keefer, M., Winder, R., and Hobby, T. 2010. Commercial development of non-timber forest resources: a case study of morels in the East Kootenay, British Columbia, BC. *J. Ecosystem. Management*. 11: 39–51.
- Kuo, M. 2005. *Morels*. University of Michigan Press, Ann Arbor.
- Kuo, M., 2008. *Morchella tomentosa*, a new species from western North America, and notes on *M. rufobrunnea*. *Mycotaxon*. 105–441.
- Kuo, M., Dewsbury, D., O'Donnell, K., Carter, M., Rehner, S., Moore, J., Moncalvo, J., Canfield, S., Stephenson, S., Methven, A., and Volk, T. 2012. Taxonomic revision of true morels (*Morchella*) in Canada and the United States. *Mycologia*. 104 (5): 1159–1177.
- Larson, A., Alina Cansler, C., Cowdery, S., Hiebert, S., Furniss, T., Swanson, M., and Lutz, J. Post-fire morel (*Morchella*) mushroom abundance, spatial structure, and harvest sustainability. 2016. *Forest Ecology and Management*. 377: 16–25.

- Leal, A., Barros, L., Barreira, J., Sousa, M., Martins, A., and Santos-Buelga, C. 2013. Portuguese wild mushrooms at the “Pharma-Nutrition” interface: nutritional characterization and antioxidant properties. *Food Res. Int.* 50: 1-9.
- Liu, Q., Ma, H., Zhang, Y., and Dong, C. 2017. Artificial cultivation of true morels: current state, issues and perspectives. *Crit. Rev. Biotechnol.* 38(2): 1-13.
- Machuca, A., Córdova, C., Gómez, C., Gerding, M., and Silva, F. 2013. Manual de recolección sustentable de *Morchella* spp. de la Patagonia Chilena. Proyecto CONAF 077/2013. Universidad de Concepción.
- Machuca, A., Gerding, M., Chavez, D., Palfner G., Oyarzúa, P., Guillén, Y., and Córdova, C. 2021 Two new species of *Morchella* from *Nothofagus* forests in Northwestern Patagonia (Chile). *Mycological Progress* (in press)
- Machuca, A., Gerding, M., Chávez, D., Palfner, G., Oyarzúa, P., Guillén, Y., and Córdova, C. 2021. Two new species of *Morchella* from *Nothofagus* forest in Northwestern Patagonia. *Mycological Progress* (in press).
- Marin, E., Lemus, R., Flores, V., and Vega, A. 2006. La rehidratación de alimentos deshidratados. *Revista Chilena de Nutrición.* 33: 3.
- McFarlane, E., Pilz, D., and Weber, N. 2005. High-elevation gray morels and other *Morchella* species harvested as non-timber forest products in Idaho and Montana. *Mycologist.* 19 (2): 62-68.
- McLain, R., McFarlane, E., and Alexander, S. 2005. Commercial Morel Harvesters and Buyers in western Montana: An Exploratory Study of the 2001 Harvesting Season. USDA Forest Service General Technical Report PNW-GTR-643.
- Mihail, J., Bruhn, J., and Bonello, P. 2007. Spatial and temporal patterns of morel fruiting. *Mycological Research.* 111: 339-346.
- Miller, S., Torre, P., and McClean, T. 1994. Persistence of basidiospores and sclerotia of ectomycorrhizal fungi and *Morchella* in soil. *Mycologia.* 86:89-95.
- Niinomi, S., Takamatsu, S., Havrylenko, M. 2008. Molecular data do not support a southern hemisphere base of *Nothofagus* powdery mildews. *Mycologia.* 100: 716-726.

- Obst, J., and Brown, W. 2000. Feasibility of a Morel Mushroom Harvest in the Northwest Territories. Arctic Ecology and Development (AED) Consulting. Deton'cho Corp. and Government of Northwest Territories, Yellowknife, NT, Canada.
- O'Donnell, K., Rooney, A., Mills, G., Kuo, M., Weber, N., and Rehner, S. 2011. Phylogeny and historical biogeography of true morels (*Morchella*) reveals an early Cretaceous origin and high continental endemism and provincialism in the Holarctic. *Fungal Genetics and Biology*. 48 (3):252-265.
- Ower, R., Mills, G., and Malachowski, J. 1986. Cultivation of *Morchella*. US patent 4594809.
- Pérez, J., Martínez, M., Yescas, A., Delgado, A., and Xoconostle, B. 2008. Wild mushroom markets in central Mexico and a case study at Ozumba. *Economic Botanic*. 62: 425-436.
- Petrzelova., I and Sochor., M. 2019. How useful is the current species recognition concept for the determination of true morels? Insights from the Czech Republic *Mycologia* 52:17-43.
- Pildain, M., Visnovsky, S., and Barroetave, C. 2014. Phylogenetic diversity of true morels (*Morchella*), the main edible non-timber product from native Patagonian forests of Argentina. *Fungal Biology*. 118:755-763.
- Pilz, D., Weber, N., Carter, M., Parks, C., and Molina, R. 2004. Productivity and diversity of morel mushrooms in healthy, burned, and insect damaged forests of northeastern Oregon. *For. Ecol. Manag.* 198: 367-386.
- Pilz, D., McLain, R., Alexander, S., Villarreal-Ruiz, L., Berch, S., Wurtz, T., Parks, C., McFarlane, E., Baker, B., Molina, R., and Smith, J. 2007. Ecology and Management of Morels Harvested from the Forests of western North America. USDA Forest Service General Technical Report PNW-GTR-710.
- Pincheira, C. 1999. Análisis prospectivo de mercado externo del hongo *Morchella* spp. Santiago. Chile: Facultad de ciencias forestales. Universidad de Chile.
- Reis, F. S., Stojković, D., Soković, M., Glamočlija, J., Cirić, A., Barros, L., Ferreira, I. 2012. Chemical characterization of *Agaricus bohusii*, antioxidant potential and antifungal preserving properties when incorporated in cream cheese. *Food Res. Int.* 48: 620-626.

- Schlosser, W., and Blatner, K. 1993. The wild edible mushroom industry of Washington, Oregon and Idaho: a 1992 survey. *J. For.* 93 (3): 31-36.
- Spegazzini, C. 1909. *Mycetes Argentinenses*. Series 4. *Anales del Museo Nacional de Historia Natural de Buenos Aires*. 19: 257- 458.
- Spegazzini, C. 1918. Tercera contribución a la micología Chilena. *Revista Chilena de Historia Natural* 22: 42-43.
- Sturgis, W. 1905. Remarkable occurrence of *Morchella* esculenta (L.) Pers. *J. Mycol.* 11. 269.
- Tiffany, L., Knaphus, G., and Huffman, D., 1998. Distribution and ecology of the morels and false morels of Iowa. *J. Iowa Acad. Sci.* 105: 1-15.
- Valdebenito, G., Campos, J., Larrain, O., Aguilera, M., Kahler, C., Ferrando, M., Garcia, E., Sotomayor, A. 2003. Boletín divulgativo nº 7. *Morchella* spp. PFMN. El bosque: Mucho más que madera. INFOR.
- Valdebenito, G. 2013. Existencia, uso y valor de los productos forestales no madereros (PFNM) del bosque nativo en Chile. INFOR.
- Valenzuela, E. 1995. Hongos superiores silvestres comestibles autóctonos y alóctonos recolectados en la X región de Chile. Valdivia: Facultad de ciencias. Universidad Austral de Chile.
- Volk, T., and Leonard, T. 1990. Cytology of the life-cycle of *Morchella*. *Mycological Research*. 94 (3): 399-406.
- Winder, R. 2006. Cultural studies of *Morchella* elata. *Mycological Research*. 110: 612-623.
- Wipf, D., Munch, J., Botton, B., and Buscot, F. 1996. DNA polymorphism in morels: complete sequences of the internal transcribed spacer of genes coding for rRNA in *Morchella* esculenta (yellow morel) and *Morchella* conica (black morel). *Appl. Environ. Microbiol.* 62: 3541-3543.
- Wurtz, T., Wiita, A., Weber, N., and Pilz, D. 2005. Harvesting morels after wildfire in Alaska. USDA Forest Service Research Note PNW-RN-546.
- Yamac, M., and Bilgili, F. 2006. Antimicrobial activities of fruit bodies and or mycelial cultures of some mushroom isolates. *Pharm. Biol.* 44: 660-667.