

# ASPECTOS ECONÓMICOS DEL RECURSO MICOLÓGICO. IMPLICACIONES PARA LA GESTIÓN FORESTAL

**Luis Díaz Balteiro**

Departamento de Economía y Gestión Forestal. ETS Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria. 28040-MADRID (España). Página WEB: <http://www.balteiro.com>

## Resumen

Los hongos comestibles constituyen un recurso forestal no maderero con gran importancia en algunas comarcas españolas. Sin embargo, a nivel agregado su importancia es residual, dentro de un sector (forestal) que sólo computa unas décimas en el PIB nacional. Desde un punto de vista económico, los productos forestales no madereros han tenido un tratamiento desigual dentro de la literatura forestal española. Dentro de ellos, los hongos, sin duda, son uno de los productos donde las informaciones han sido muy escasas hasta épocas recientes. La ausencia de una caracterización económica de este recurso justifica este trabajo y se contrapone al gran avance que a nivel internacional han experimentado en España otras áreas relacionadas con el recurso fúngico (taxonomía, ecología, inventario, gestión, etc.) durante los últimos años. En síntesis, en las próximas páginas se pretende establecer una visión de este recurso bajo una óptica económica, incluyendo tanto aspectos relacionados con el mercado de los hongos comestibles como avances en la valoración integral de estas producciones. Por último se mostrarán algunos resultados obtenidos en relación a la compatibilidad de estas producciones con otras habitualmente contempladas en la gestión forestal.

Palabras clave: *Productos forestales no madereros, Hongos comestibles, Mercado, Lactarius deliciosus*

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años se están produciendo cambios notables en la relación de la sociedad con los recursos forestales. Así, bienes y servicios que otrora quedaban diluidos bajo el paraguas de producción de madera, objetivo tradicional en la ordenación de la mayoría de los sistemas forestales, hoy en día son demandados por muchos consumidores. Un ejemplo claro de esta situación es el auge en muchos países de la importancia que se otorga a los productos forestales no madereros. Además de este aumento en el interés hacia estos productos, se está produciendo de forma paralela una creciente atención

hacia aspectos relacionados con la gestión de estos productos, como pueden ser la comercialización y marketing (PETTENELLA *et al.*, 2007). En zonas templadas, estos productos forestales no madereros se caracterizan, en muchas ocasiones, por la importancia que presentan a nivel local o regional (CHAMBERLAIN *et al.*, 1998), así como por la falta de informaciones fiables asociadas a aspectos básicos como pueden ser: su producción, los precios de venta de estos productos (BLATNER & ALEXANDER, 1998), y, en general, a su cadena de valor (TE VELDE *et al.*, 2006). Por último, y aunque la clasificación de estos productos no madereros puede diferir según sea el objeto de la misma, algunos presentan una carac-

terística distintiva: la de servir para el alimento humano. Uno de ellos es el recurso micológico, caracterizado por la gran cantidad de especies fúngicas que pueden servir para el alimento humano, así como por la práctica universalidad de su aprovechamiento (BOA, 2004), y que va constituir el eje principal de este trabajo.

Es preciso distinguir dos clases bien diferenciadas entre los hongos frescos que se comercializan en los distintos mercados. Por un lado tendríamos a los hongos que se recolectan en los sistemas forestales (“wild fungi”) y aquellos otros que son cultivados, pertenecientes a géneros como *Agaricus*, *Pleurotus*, *Lentinus*, etc. Fácilmente se puede apreciar cómo los productos son muy diferentes en cuanto a su carácter industrial o ecológico, su distribución y en cuanto al precio que alcanzan en los mercados. En este trabajo nos ocuparemos sólo fundamentalmente de los primeros, los hongos silvestres.

Los hongos en España, al igual que en otros países, se caracterizan por presentar una moderada importancia a nivel local e, incluso, en algunas regiones (BONET et al., 2008). Dejando a un lado los hongos hipogeos (*Tuber* sp.), el mercado se centra en un grupo reducido de hongos donde destacan especies de los géneros *Lactarius*, *Boletus*, *Cantharellus*, *Amanita*, *Pleurotus*, *Calocybe*, etc. Aunque más adelante se profundizará en esta cuestión, si se analiza su cadena de valor existe un gran desconocimiento tanto en la producción que se introduce en los circuitos comerciales habituales, como en los eslabones intermedios de la cadena situados entre el monte y los mercados. En efecto, se conoce que una parte significativa de la producción recolectada se canaliza a través del autoconsumo y en muchas ocasiones los intermediarios se sitúan en la economía sumergida. Estas circunstancias justifican la práctica ausencia de trabajos donde se profundice en las relaciones existentes entre los diversos agentes que intervienen desde la recolección de los hongos hasta que llegan al mercado. Algunas excepciones a este hecho serían el trabajo de ROMÁN & BOA (2006), donde se analiza la cadena de valor del níscalo (*Lactarius deliciosus* L. ex Fr. Gray), así como el trabajo de FRUTOS et al. (2008) donde se describen diversos canales de comercialización de hongos en la provincia de Soria, para después justificar y diseñar una propuesta que conlleve la

existencia de lonjas micológicas. Otros estudios se centran en aspectos relativos a la rentabilidad de los hongos en relación a la producción de madera (DÍAZ BALTEIRO et al., 2003), o en la distinción entre producción bruta y producción neta de ciertos hongos de interés comercial. Es decir, la diferencia entre producción que se observa en el monte y lo que realmente se recolecta debido a que una parte de la producción bruta es comida por la fauna silvestre, otra parte no se recolecta y, por último, existe un porcentaje de hongos dañados que tampoco son susceptibles de recolección (ORTEGA-MARTÍNEZ Y FERNÁNDEZ-PEÑA, 2008).

Habitualmente se suele contemplar a los hongos como unos bienes que fundamentalmente presentan un precio de mercado. Esta consideración no excluye que aspectos relativos a la conservación del recurso micológico no asociado con el mercado se puedan contemplar bajo un prisma económico. Así, se podría estudiar este recurso bajo objetivos tales como la conservación de la biodiversidad o también teniendo en cuenta los aspectos recreativos generados por su aprovechamiento. En definitiva, es preciso tener en cuenta que el valor asociado a estos productos no es sólo un valor de mercado, ya que en muchas ocasiones subyace dicha componente recreativa, como atestiguan algunos estudios (MATTSON & LI, 1993; STARBUCK et al., 2004). En este sentido, DE FRUTOS et al. (2009) estimaron en un monte de importante producción en *Boletus* gr. *edulis* que, en concepto de servicio recreativo, cada recolector estaba dispuesto a pagar de media una cantidad de 10€ por visita, variando entre 6€ y 15€ en función de la bondad productiva del año. No en vano, los hongos silvestres incrementan el valor de un monte, tanto en la componente de valores de uso (generados por la recolección), como en lo que respecta a valores de no uso (valor de existencia o de legado). Otro trabajo en esta misma línea es el de MARTÍNEZ DE ARAGÓN et al. (2011), donde se cifra en 40€ el valor de cada viaje con un motivo de recolectar hongos en la comarca del Solsonés, siendo más de 32€ la componente recreativa del mismo. Por último, es preciso tener en cuenta que la mayor parte de las facetas vinculadas al recurso micológico se consideran como externalidades positivas, de modo que habitualmente no se otorga compensación o contrapartida a los montes por su producción (ORIA DE RUEDA et al., 2007).

Desde el punto de vista económico, normalmente se asume que la producción de madera y hongos constituirían un ejemplo de lo que en términos económicos se considera una producción conjunta (DÍAZ-BALTEIRO & ROMERO, 2008a). Este hecho descansa en la hipótesis de que se dispone de informaciones concretas que permitan separar la producción micológica anual, de la que realmente se recolecta. Sin embargo, ésta última información suele ser un dato difícil de obtener, no encontrándose normalmente disponible (ALEXANDER *et al.*, 2002a). Este nivel sería el punto de partida si se estudian los hongos con un valor de mercado, dejando a un lado aspectos como las relaciones con otros productos forestales, sus aptitudes medicinales o la componente recreativa asociada a este output. Por otro lado, no abundan los estudios donde se profundice en el comportamiento de los mercados asociados a estos productos. Por otro lado, conviene resaltar el hecho que la casuística asociada a los hongos es bastante amplia. El caso más común lo constituye la recolección en montes donde esta producción es significativa, aunque también existen plantaciones donde se intenta que algunas especies como la trufa estén ya micorrizadas con este hongo en

el momento de la plantación. Es decir, en este caso se abandona la idea de una producción conjunta madera-hongos para centrarse únicamente en la producción de hongos.

En cuanto a la gestión del recurso micológico, es preciso destacar que este producto forestal no maderable presenta limitaciones bastante notables que muchas veces han justificado su no integración en la gestión forestal. Por un lado su carácter perecedero, con producciones irregulares y dinámico a lo largo del tiempo (cambia el cortejo micológico) no ha ayudado a incorporar a este output como un objetivo en la gestión de muchos montes. Además, el inventario resulta más complejo y costoso que un inventario centrado sólo en la madera, por lo que rara vez se ha efectuado en los proyectos de ordenación de los distintos montes productores. Por otro lado, y al igual que ocurre en otros productos forestales no madereros como algunos frutos del bosque (“wild berries”) en la producción de hongos se produce tanto una variación interanual como a lo largo del año (HOSFORD *et al.*, 1997; YANG *et al.*, 2008). Incluso algunos autores sugieren que esta volatilidad es la más elevada entre todos los productos no forestales (BLATNER & ALEXANDER, 1998). A título de ejemplo, en la Figura 1 se muestra el

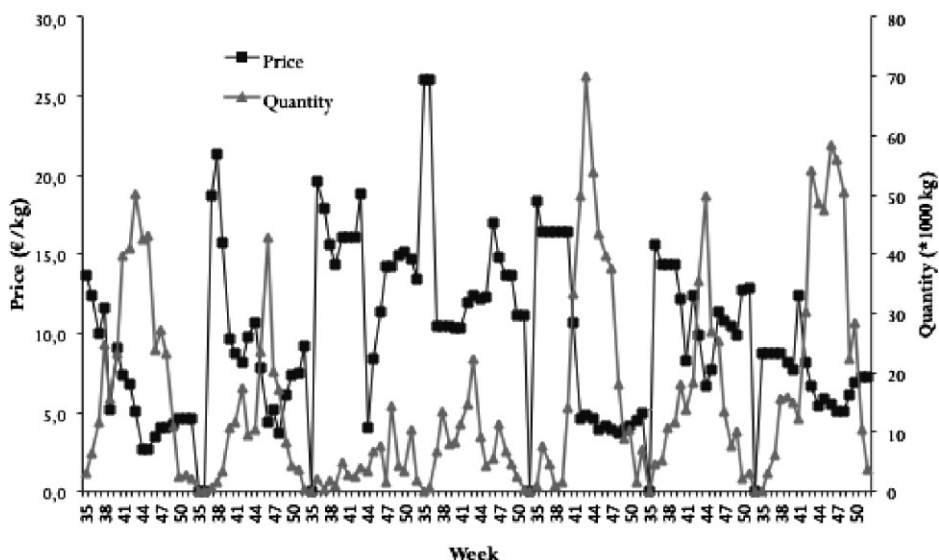


Figura 1. Precios reales y cantidades demandadas semanalmente para el niscalco en Barcelona durante los años 2002-2008. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de Mercabarna (VOCES *et al.*, 2012)

caso del níscolo en Mercabarna, donde se puede verificar este hecho. Esta circunstancia obligaría a disponer de toda la serie si se quiere calcular un precio promedio o un precio moda para un hongo en un determinado lapso temporal. Los problemas anteriormente expuestos y la existencia de pocos trabajos que pretendan dar una visión del recurso fúngico bajo esta perspectiva justifican la realización de este trabajo.

El objetivo inicial de este trabajo es mostrar, bajo una óptica económica, algunas características de los mercados asociados a este producto forestal no maderable. Esta caracterización económica se centrará en el níscolo, sin duda uno de los hongos más importantes en nuestro país, para el que se pretende calcular sendas funciones de oferta y demanda. Por último, también se pretende explorar distintas implicaciones de la consideración de este output en la gestión forestal, mediante el empleo de herramientas optimizadoras.

## MERCADOS DE HONGOS COMESTIBLES

En relación a la tipología de los mercados existentes para el recurso micológico nos encontramos con una casuística variada, que va desde mercados donde la información es mínima, caso más frecuente en muchos países, hasta otros caracterizados por su globalización (PILZ & MOLINA, 2002; ALEXANDER *et al.*, 2002a), pasando por mercados locales o regionales más o menos regulados (DE FRUTOS *et al.*, 2008). Por otro lado, se sabe que son productos cada vez más demandados, bien por ser productos naturales (JONES & LYNCH, 2007), por el acceso que puede tener la población a ellos, por el cambio en costumbres culinarias (LELLEY, 2005), por la aplicación de políticas que fomentan el desarrollo rural (PETTENELLA *et al.*, 2007) o por el aumento en el grado de conocimiento en cuanto a las especies comestibles y las venenosas. Sin embargo, este crecimiento en la demanda que están experimentando los hongos salvajes no se está viendo acompañado con estudios que profundicen en aspectos económicos básicos relacionados con estos productos (MAYETT *et al.*, 2006). Por otro lado, está usualmente admitido que los precios que se pagan por algunos hongos están relacionados con la oferta y demanda a nivel interna-

cional (PILZ *et al.*, 1998), aunque es preciso reconocer que mucha de la literatura disponible está centrada en el matsutake (*Tricholoma matsutake* (S. Ito & S. Imai) Singer), hongo que presenta un mercado claramente globalizado.

En el caso concreto del níscolo, hongo cuyo mercado es analizado en los próximos apartados de este trabajo, se conoce que en algunas regiones como Cataluña su demanda se está incrementando anualmente (DE ROMÁN & BOA, 2006). Su mercado presenta un perfil claramente nacional, aunque existen importaciones de algunos países europeos que pueden alcanzar cierta importancia, pero sólo en años donde la producción nacional es reducida. Pese a ser uno de los hongos más conocidos y comercializados en España, existen regiones donde la demanda es mucho más elevada, como Cataluña. Estas variabilidades regionales también se dan en otros países, tanto para esta especie, como para otras (SITTA & FLORIANI, 2008). Según algunos autores (DE FRUTOS *et al.*, 2008), los canales más habituales de comercialización serían a través de intermediarios, o bien la venta directa a empresas transformadoras.

Es preciso tener en cuenta que, de forma paralela al incremento en la demanda de hongos, se ha venido produciendo en los últimos años un aumento en las regulaciones asociadas a este recurso, tanto desde el punto de vista normativo y vinculado a su trazabilidad (RD 30/2009) como en relación a la demanda. Así, el establecimiento de permisos para la recolección se está extendiendo en numerosos montes de España, del mismo modo que la creación de lonjas micológicas. Estas medidas pretenden, en algunas regiones, la consecución de un producto certificado y de calidad, pero no están enmarcadas en políticas a nivel nacional para fomentar el recurso micológico. Además, se han impuesto condiciones más severas para el manejo y transporte de los hongos, con el fin de permitir un mayor control sobre la trazabilidad de estos productos. En definitiva, todo este conjunto de estadísticas proponen aumentar la transparencia en este tipo de mercados.

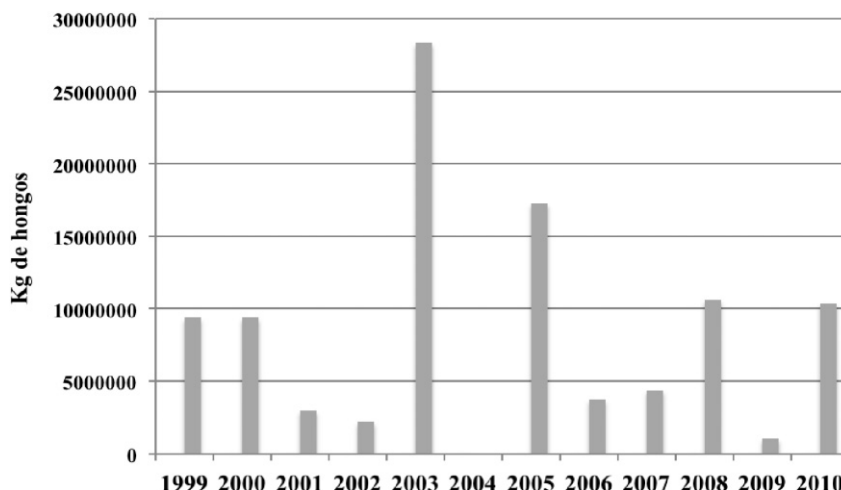
### Estadísticas

En general, se puede decir que no abundan los estudios que ofrecen datos de producción de

hongos silvestres. Así, los existentes tanto a nivel europeo como mundial son muy escasos y, en general, muestran unas cifras demasiado agregadas. Por ejemplo, CHANG & MILES (2004) ofrecen volúmenes de producción de hongos comestibles (6 millones de t en 1997), pero estos autores se refieren primordialmente a hongos cultivados. MERLO & CROITORU (2005) asignan un valor medio de la producción de hongos en los países del Sur y Oeste de Europa para el año 2001 que oscila entre 0,8 y 9,9€·ha<sup>-1</sup>. Según estos autores, la producción de hongos representa alrededor del 4,5% del valor económico total de los sistemas forestales analizados. Otras fuentes de información de carácter internacional adolecen de problemas similares. Así, FAO proporciona datos agregados sobre trufas y setas en general, mientras que Eurostat ofrece estadísticas poco precisas sobre hongos cultivados y también sobre una mezcla de productos silvestres entre los que se encuentran setas y trufas. En un trabajo reciente (DÍAZ-BALTEIRO et al., 2013) se ofrecen datos de este recurso en Europa utilizando las estadísticas de comercio exterior con el nivel de desagregación atribuido al código TARIC 70959 [“Mushrooms other than of the genus *Agaricus*, fresh/chilled ”]. Así, se muestra cómo en la UE que las importaciones de estos productos superan muy ligeramente a las exportaciones,

computándose la suma del valor del comercio exterior de estos productos (exportaciones más importaciones) en más de 600 millones de dólares en ese año, mientras que si se mide utilizando estadísticas físicas el intercambio comercial entre los países de la UE supera los 60 millones de kg de hongos, y en el caso de España se acerca a los dos millones de kg. Por último, es preciso tener una cierta precaución si se pretenden inferir datos de producción de hongos a partir de las informaciones del comercio exterior de estos productos. Por ejemplo, en ORIA DE RUEDA et al. (2008) se menciona una recolección en España de una especie micológica emblemática (*Boletus edulis* Fr.) que puede alcanzar las 8 millones de toneladas en un año. Esta cifra supone más de 4 veces el comercio exterior de todos los hongos en nuestro país.

En cuanto a las estadísticas a nivel nacional, el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente lleva recopilando desde hace algunos años datos de producción de hongos a nivel nacional, diferenciando dos categorías: trufas y otros hongos. Sin embargo, y a pesar de este encomiable esfuerzo, en muchas ocasiones los datos físicos (kg) no cubren todas las provincias y los precios asociados sólo se han registrado en el año 2005. En la Figura 2 se muestra la serie disponible para “otros hongos”.



**Figura 2.** Estadísticas oficiales de la producción de hongos silvestres (excluyendo trufas) en España. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Ministerio de Medio Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente ([http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/forestal\\_anuarios\\_todos.aspx](http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/forestal_anuarios_todos.aspx))

Sin acudir a procedimientos más complejos como puedan ser las encuestas o estudios similares, en teoría existe otra forma de computar estas producciones. En vez de acudir al lado de la oferta, se pueden contrarrestar los datos de la demanda de estos productos. Como se verá en los próximos párrafos, esta demanda puede desdoblarse en varios tipos de establecimientos, pero muchos de ellos es muy posible que las adquieran en los Mercados Centrales existentes en cada provincia o Comunidad Autónoma. A continuación, en la Tabla 1, se presentan los datos existentes para el niscal, única especie de hongos silvestres que computa MERCASA, pero circunscritos a los tres mercados más importantes (Mercabarna, Mercamadrid, Mercavalencia).

Comparando los datos de esta Tabla 1 con los expuestos en la Figura 2 se detectan los problemas de las estadísticas oficiales. Por ejemplo, en los años 2002 y 2006 la producción atribuida al niscal en estos Mercados Centrales supera la producción nacional de hongos que se recoge en los Anuarios de Estadísticas Forestales. Aún teniendo en cuenta que una parte de los niscalos que llegan a los Mercados Centrales puedan tener un origen foráneo, no parece plausible que la producción de niscalos sea en algunos años la única que se recolecta en España. Por otro lado, la Tabla 1 muestra una evolución de precios medios anuales de este hongo bastante interesante, dado que no se explican únicamente por la ley de la oferta y demanda. En efecto, aún deflactando correctamente los precios se observa, por ejemplo, cómo hay años (2008-2009) donde a pesar de incrementarse la cantidad de

hongos que se comercializan en estos Mercados Centrales, el precio se incrementa.

Es preciso resaltar que las estadísticas mostradas en este apartado sólo tienen en cuenta la producción de hongos que llega al mercado. Partiendo de los hongos que se recolectan, hay una fracción importante que no alcanza el mercado porque son objeto de un autoconsumo por parte de los propios recolectores. Esta recolección no comercial, donde no entrarían aspectos como la venta directa a restaurantes u otro tipo de establecimientos, puede alcanzar localmente una notable importancia. En España no se dispone de estadísticas al respecto, pero en Finlandia el porcentaje de hongos que se dedican a la venta comercial no supera a lo largo del período 1997-2011 el 15% (TURTIAINEN *et al.*, 2012). Además, se sabe que otros productos forestales no madereros presentan esta misma característica. A título de ejemplo, en un estudio reciente VAARA *et al.* (2013) cuantifican la recolección de frutos silvestres en Finlandia (fundamentalmente especies de los géneros *Rubus* y *Vaccinium*), llegando a la conclusión que únicamente un poco más del 30% de la misma llega a los mercados. El resto se atribuye al autoconsumo de estos frutos en los hogares fineses. Por último, y siguiendo con las estadísticas disponibles, es preciso comentar que en alguna Comunidad Autónoma, como es el caso de Castilla y León, existe una base de datos espacial que proporciona información sobre las producciones para distintas especies para una escala 1:50.000. Asimismo, incorpora un módulo que permite la predicción de las producciones en función de los datos meteorológicos (MARTÍNEZ PEÑA *et al.*, 2007).

Año	Producción (t)	Precio (€/kg)
2002	591.000	6,08
2003	379.000	8,55
2004	274.000	16,22
2005	337.000	15,06
2006	669.000	12,10
2007	472.000	13,92
2008	735.000	8,79
2009	779.000	12,17
2010	808.000	8,85
2011	481.000	13,97

**Tabla 1.** Producción y precio de niscalos en España. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de MERCASA

### Cadena de valor

Si se quieren utilizar datos estadísticos para realizar un análisis de este recurso, conviene tener presente la cadena de valor del mismo. Con este concepto empresarial se pretende únicamente definir las posibilidades en cuanto al recorrido que realizan los hongos a partir de su recolección y hasta que el consumidor los adquiere. Sin perjuicio de que en cada país, o incluso en cada región, y para cada especie de hongos puedan existir diferencias particulares, tal y como se muestra en SECCO *et al.* (2009), en la Figura 3 se plantea, de forma resumida, un esquema teórico de lo que sería una cadena de valor de los hongos desde que se recolectan hasta que llegan al consumidor atendiendo exclusivamente a aspectos relacionados con la rentabilidad privada de este recurso. En la citada Figura se muestran en líneas de color verde los flujos asociados a los hongos en fresco, mientras que las líneas de color rojo indicarían los hongos con algún grado de transformación (secado, congelado, conserva, otra preparación, etc.). Este esquema pretende ilustrar algunos hechos de relevancia para el análisis de este output. En primer lugar, conviene advertir que no abundan estudios en nuestro país en donde, por ejemplo, se muestren tanto las cantidades como los precios asociados a cada eslabón de la citada cadena de valor. Llegados a este punto, resulta conveniente recalcar que, a pesar de los últimos esfuerzos legislativos, no existe una información completa de los estadios intermedios de la cadena (intermediarios). Además, conviene tener presente una cierta homogeneidad a la hora de manejar el precio de los distintos bienes y servicios forestales. Así, si se está analizando un caso de producción de madera y hongos no se deben utilizar precios de la madera a pie de monte y precios de los hongos derivados de los estadios finales de la cadena de valor. Esta ausencia de informaciones sobre los distintos eslabones que componen la cadena de valor de estos productos se puede considerar como habitual y, como afirman GOLD *et al.* (2004) conforman una “caja negra”. Es decir, se ignora el proceso asociado a cómo cada uno de estos bienes llega al mercado. Así, el consumidor no sabe en muchas ocasiones de dónde vienen los hongos o la manipulación que ha sufrido antes de llegar a su destino, mientras que por el lado de la ofer-

ta habitualmente la preocupación sólo radica en hacer llegar el producto a los mercados, sin abordar otro tipo de estrategias comerciales.

Por otro lado, han sido escasos los trabajos que han profundizado en el conocimiento de la cadena de valor de los hongos silvestres, entendida en un sentido amplio como tal el conjunto de eslabones necesarios para que estos productos pasen del monte hasta los puntos de venta donde están accesibles para los consumidores. Algunos autores lo han hecho conjuntamente para los hongos y otros productos no forestales (ALEXANDER *et al.*, 2002a; GOLD *et al.*, 2004; PETTENELLA *et al.*, 2007). Un estudio donde se muestra el valor añadido de esta industria, además de la cadena de valor a nivel regional asociada a la recolección de distintos hongos, es el realizado por SCHLOSSER & BLATNER (1995). Otros trabajos que analizan la cadena de valor de ciertos hongos en distintas partes de mundo se pueden ver en MARTÍNEZ-CARRERA *et al.* (2005), TE VELDE *et al.* (2006), PÉREZ MORENO *et al.* (2008), SITA & FLORIANI (2008) y YANG *et al.* (2008). Por último, cabe destacar, por la proximidad a este trabajo, el estudio de DE ROMÁN & BOA (2006), donde se analiza la cadena de valor del níscolo en España en sus etapas más próximas al recolector.

Es preciso insistir en que, desde el punto de vista de la gestión, es necesario tener un conocimiento lo más preciso posible de la cadena de valor asociada a cada especie micológica, con el fin de o bien plantearse posibles actuaciones que permitan mejorar la rentabilidad de los sistemas forestales asociada a estos productos (por ejemplo, estableciendo un permiso para la recolección), o bien justificar posibles medidas desde el punto de vista de la oferta de los productos micológicos (por ejemplo, la reducción de intermediarios). Partiendo de la ya mencionada inexistencia de estadísticas fiables asociadas a la cantidad de setas que se recolectan anualmente, las posibilidades que un hongo con valor comercial dispone a la hora de llegar al consumidor final son variadas, y el porcentaje de la producción que se destina a los distintos elementos intermedios de la cadena de valor es, también desconocido, y muy dependiente de condiciones locales. En principio se diferenciarán las tres vías ya citadas que para algunos autores (DE FRUTOS Y MARTÍNEZ PEÑA, 2008) son las princi-

pales para algunas especies en España: los intermediarios, la venta directa a la industria y la venta directa a la restauración. Sin embargo, las posibilidades no acaban aquí, ya que los propios recolectores se pueden convertir en consumidores finales (autoconsumo), o bien pueden vender los hongos al pequeño comercio existente en los pueblos y comarcas donde se sitúan los montes productores. Por otro lado, también pueden existir recolectores que vendan directamente las setas en Mercados Centrales. Por último, y aunque todavía presentan una modesta implantación, en algunas zonas los recolectores pueden vender los hongos en lonjas micológicas, instrumento sin duda de gran potencialidad para mitigar los problemas derivados de la economía sumergida que rodea a este output forestal.

En esta línea, conviene destacar la figura de los intermediarios que, en muchas ocasiones, son los agentes dedicados a comprar las setas a pie de monte y venderlas después a las empresas transformadoras (la industria, según lo propuesto en la Figura 3) o a los Mercados Centrales de las grandes capitales anteriormente citados. Estos Mercados Centrales también se pueden alimentar de hongos procedentes de otros países. En SECCO *et al.* (2009) se muestran dos ejemplos para las mismas especies (*Boletus* sp.) donde la cadena de

valor puede ser más o menos larga. También en REYNA (2007) se muestra un conciso esquema de lo que podría ser una cadena de valor para la trufa en España. Por otro lado, y ya cerca del consumidor final, se ha situado un elemento clave de la cadena de distribución, como son los establecimientos comerciales donde suelen comprar los hongos los consumidores de las grandes ciudades. A diferencia de otros productos de consumo, para los hongos silvestres coexiste una venta en establecimientos especializados con las grandes superficies. Sus características de producto estacional, efímero, poco estandarizado y de difícil manejo y conservación pueden ayudar a explicar cómo algunas de las setas con un precio mayor se venden predominantemente en pequeños establecimientos especializados. Además, es preciso comentar que en la citada Figura 3 no se ha pretendido mostrar de forma exhaustiva todos los flujos de setas frescas y transformadas existentes. Así, por ejemplo, se sabe que existen intermediarios que son establecimientos comerciales y que a su vez realizan exportaciones, o de las relaciones directas entre el comercio local y las lonjas micológicas. Finalmente, dado que el objeto de este trabajo no es analizar el mercado de los productos preparados a partir de un hongo en fresco, no se han comentado los flujos que aparecen en la

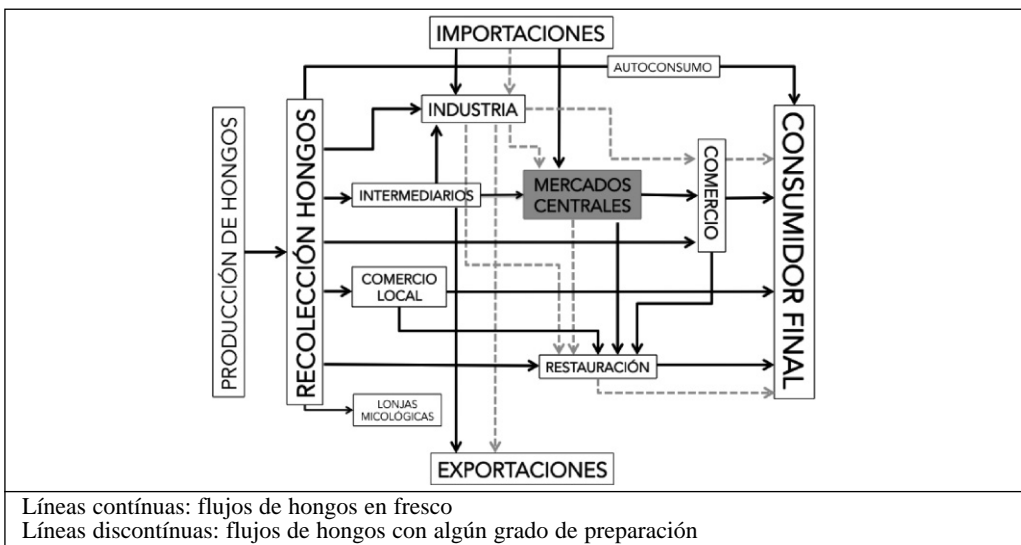


Figura 3. Esquema teórico de la cadena de valor de los hongos silvestres. Fuente: DÍAZ BALTEIRO *et al.* (2013)



Figura 3 en color rojo. Únicamente cabría puntualizar que dichos flujos no están siempre disociados, ya que hay empresas que actúan simultáneamente como meramente distribuidores y también como empresas transformadoras. Es decir, han realizado una integración vertical a lo largo de la cadena de valor de ese producto.

### **DEMANDA DE HONGOS SILVESTRES: EL CASO DEL NÍSCALO**

Las estructuras a nivel provincial anteriormente denominadas Mercados Centrales son grandes mercados que se dedican a comercializar estas “commodities” al comercio detallista, restaurantes, colectividades, etc. Dada la inexistencia de informaciones más precisas en eslabones de la cadena de valor más cercanos al consumidor, se ha asumido que se puede caracterizar la demanda de uno de los hongos más populares en España, el níscalo, con datos no directamente de los recolectores, sino de los citados Mercados Centrales de frutas y hortalizas. En concreto, se han tomado las informaciones relativas al Mercado Central de Barcelona, donde diversos autores (BONET et al., 2008) subrayan su importancia, afirmando que es el mercado más significado de hongos de España (DE ROMÁN & BOA, 2006), siendo el níscalo su especie más demandada. De hecho más del 55% de la cantidad de níscales recogida en la Tabla 1 se han comercializado en este Mercado Central. En los próximos párrafos se describirá cómo se ha podido construir una función de demanda para este output y las implicaciones de los resultados obtenidos.

A la hora de realizar un modelo como el que se propone, es necesario preguntarse si realmente se puede considerar un mercado competitivo o, por el contrario, es un mercado donde predominan prácticas de competencia imperfecta. Los datos utilizados, indican que las grandes empresas alimentarias apenas realizan compras en este mercado (solamente para sus establecimientos de gama alta), y que mucha de la demanda procede de fruterías y restaurantes, lo que hace que concurren numerosos demandantes. En el caso de la restauración, es frecuente que empresas especializadas surtan de hongos y de otros productos a los restaurantes, y dado el número amplio de

estas empresas que están situadas en los propios mercados centrales, se podría prácticamente descartar la existencia de prácticas monopolísticas.

Antes de especificar en detalle las variables que se han utilizado, así como el origen de los datos, conviene presentar ciertas características generales. En primer lugar, es preciso explicar que el período temporal analizado va desde el año 2002 hasta el año 2007. Aunque se disponía de datos semanales correspondientes al año 2008 para los níscales, para otras variables el año 2007 era el último disponible, por lo que se tomó el lapso temporal anteriormente citado. Dado que la producción de níscales se concentra en otoño, esto significa que se abarcan 6 campañas, constanding cada una de ellas de 18 semanas (semanas 35-52). Estos 108 datos se reducirán luego a 100, básicamente como resultado de la ausencia de datos al comienzo o al final de la temporada. También es preciso aclarar inicialmente que, como los datos de Mercabarna son semanales, las variables introducidas presentan esa periodicidad. Si en algún caso los datos fueran más agregados (mensuales, anuales) se han realizado las oportunas operaciones para poder homogeneizarlos. Por otro lado, para las variables asociadas a precios de algún hongo se han tomado los precios reales de cada campaña. Es decir, se han deflactado convenientemente todas las series de precios partiendo del año 2002. Es preciso resaltar que la introducción de distintas variables en el modelo está condicionada por la disponibilidad de datos, tratándose de incorporar aquellas que a priori puedan explicar la cantidad de níscales demandada en Mercabarna.

Dado que también se pretende analizar si existen relaciones entre la demanda de níscalo y otros hongos, tanto silvestres (*Boletus*, *Cantharellus*) como cultivados (*Agaricus*, *Pleurotus*), así como el papel que juegan las importaciones de otras setas y la competencia que supone la venta de estos hongos en otros Mercados Centrales, como el de Madrid, se van a citar sucintamente las variables elegidas que, como se puede apreciar, representan un conjunto bastante heterogéneo. Comenzando con las setas no cultivadas en Mercabarna, en este grupo se englobarían las setas frescas que se comercializan en este Mercado Central. Las estadísticas disponibles no permiten diferenciar un gran número de

especies micológicas, ya que sólo se dispone de datos para el níscolo y para el conjunto de los demás hongos no cultivados, sin diferenciar ninguna otra especie. Por lo tanto se tendrían 4 variables: dos relativas a la cantidad semanal y al precio alcanzado del níscolo y otras dos variables similares para el resto de hongos no cultivados. Llegados a este punto, es necesario realizar algunas puntualizaciones. En primer lugar, las estadísticas disponibles no muestran diferenciación del producto según calidad, aunque ésta es una variable muy importante que determina el precio de venta para algunos hongos (ROWE, 1997; YUN et al., 1997; BOA, 2004). Es decir, el precio semanal sería un promedio resultante de las distintas calidades asociadas a los níscolos vendidos durante esa semana. En segundo lugar, aunque en las estadísticas figura el níscolo, se debería entender como hongos del grupo *Lactarius*, lo que significaría que se estarían teniendo en cuenta hongos de, por lo menos, especies próximas como *L. sanguifluus* (Paulet) Fr., *L. semisanguifluus* Heim & Leclair y *L. vinosus* Quel. Como bien afirman algunos autores, el nombre comercial habitualmente utilizado abarca a todas ellas (BONET et al., 2008). Por otro lado, con el objetivo de comprobar si existe algún tipo de retardo entre la cantidad demandada y los registros de la semana anterior, se ha introducido una variable que mide el precio del níscolo en la semana anterior.

Asimismo, se han incluido variables (precio y cantidad semanal de níscolos) asociadas a la comercialización de níscolos en otros grandes Mercados en España. Dado que un porcentaje significativo de los níscolos que se comercializan en Mercabarna (aproximadamente el 75%) tiene su origen en provincias no catalanas, se han introducido en el modelo las variables correspondientes asociadas a Mercamadrid, un mercado similar situado en Madrid, pero con unas cantidades comercializadas de níscolos menores que Mercabarna. En este caso la estadística habla de un precio que sería la moda y no un promedio semanal de las setas vendidas. Además, es preciso indicar que no se han podido replicar estas variables en otros mercados, debido a la inexistencia de datos. También se han incluido en el modelo de demanda a estimar variables referentes al comercio exterior de setas en Cataluña. Siguiendo las estadísticas nacionales disponibles (CÁMARAS DE COMER-

CIO, 2009), se han tomado como variables la cantidad y el precio asociado a las importaciones en Cataluña de cantarelas (*Cantharellus* sp.), bien en fresco o refrigeradas (código TARIC 07095910), así como de *Boletus* sp. (código TARIC 07095930). También se añadió al modelo una variable asociada a las exportaciones de otras setas (excluyendo *Agaricus* sp., *Boletus* sp., *Cantharellus* sp.), que mide la cantidad exportada de estos hongos en Cataluña. Cabe recordar que si se exportan níscolos deberían estar incluidos en este epígrafe (código TARIC 07095990). Otras variables incluidas serían tanto el precio como la cantidad semanal importada de otras setas en Cataluña (excluyendo las del género *Agaricus*) conservadas provisionalmente (código TARIC 071159). Finalmente, se han incorporado variables asociadas al precio y a la cantidad de las importaciones que se realizan en Cataluña de otras setas frescas o refrigeradas (excluyendo *Agaricus* sp., *Boletus* sp., *Cantharellus* sp.), así como de otros hongos (excluyendo los del género *Agaricus*) que no han sido conservados ni en vinagre ni en ácido acético (código TARIC 20031030).

En relación a setas cultivadas en Mercabarna, se han tomado cuatro variables, correspondientes a los precios y las cantidades vendidas de aquellas que, bajo alguna circunstancia, pudieran competir con el níscolo. Se han tomado los datos tanto de los champiñones (género *Agaricus*) como de las gírgolas (género *Pleurotus*) durante cada semana de las campañas anteriormente definidas. Estos dos géneros son las setas cultivadas con más aceptación en España. Otras especies como el shiitake (*Lentinus edodes* (Berk.) Pegler), de gran aceptación en otros países (GOLD et al., 2008), presenta una demanda mucho más reducida, y al no existir estadísticas disponibles no se ha podido incorporar al análisis.

Con el fin de caracterizar esta función de demanda, se han incluido diversas variables asociadas al gasto de los consumidores en Cataluña, medido directa o indirectamente a través de un conjunto de variables. Estas variables macroeconómicas, como se ha comentado anteriormente, no presentan datos a nivel semanal, por lo que en general se ha tomado el valor anual disponible. Se han incorporado al modelo dos medidas del gasto real per cápita en alimentación que se realiza en Cataluña, midiéndolo tanto a través de su

valor anual, como utilizando la variación interanual. Dos variables relacionadas serían el PIB por habitante, homogeneizándose según los datos catalanes de paridad de poder de compra, y una variable “dummy” indicando si ha aumentado el poder de compra en comparación al año anterior. Por otro lado, se ha incluido una variable trimestral que mide la tasa de paro en Cataluña en porcentaje de la población activa, así como otra variable asociada al coste salarial mensual por trabajador en Cataluña. Todas estas informaciones han sido obtenidas en el Instituto de Estadística de Cataluña (IDESCAT, 2009).

Una vez descritos los datos, conviene realizar una serie de hipótesis iniciales a la hora de construir el modelo aquí planteado. La primera hipótesis que se ha supuesto es que va a caracterizar la demanda que muestran los consumidores por este hongo a partir de los datos agregados expuestos en el apartado anterior. Es decir, no se dispone de informaciones directas de los consumidores de estos productos. En principio, la cantidad semanal de níscales será la variable dependiente del modelo, mientras que el resto de variables actuarán como variables explicativas. El precio del níscolo se espera presente un signo negativo ante variaciones en la cantidad de níscales, tal y como se puede intuir en la Figura 1, y como ocurre en estudios similares (KANGAS, 1999; YANG et al., 2008). Relacionada con esta variable se ha introducido otra que intenta mostrar si existe alguna relación entre la cantidad demandada y el precio de la semana anterior. Es decir, si existe algún tipo de retardo. Algunos autores sugieren para otras especies micológicas que la demanda puede estar influenciada por el impacto de producciones anteriores, aunque sin llegar a demostrarlo (YANG et al., 2008). A priori se podría sugerir un signo negativo para esta relación.

Como se ha comentado, uno de los objetivos de este estudio sería establecer posibles relaciones de complementariedad o sustitución entre los níscales y otras setas comercializadas en Mercabarna, a pesar de que se parte del hándicap asociado a la no existencia de una estadística fiable para la comercialización de otros hongos en este mercado central. La variable que se ha introducido se refiere a un conjunto de setas, y se ha partido de la hipótesis que presenten una relación negativa en cuanto al precio, es

decir que pueden ser sustitutivas. No se ha encontrado en la literatura trabajos que profundicen en este tipo de relaciones, y que pudieran servir de orientación para establecer esta hipótesis, pero dado el precio medio y máximo que alcanzan estos hongos y el constante crecimiento que experimentan en cuanto a la cantidad que se vende, parece plausible esta hipótesis. Es decir, se está produciendo un crecimiento constante de las ventas de otras setas en este mercado, con independencia de que el año haya sido bueno o malo en cuanto a la producción de níscales. Por todo ello, se ha supuesto que si analizamos la cantidad, y no el precio, no existe relación de sustitución entre estas setas y los níscales, aunque parece conveniente insistir que si se analiza el precio ocurre lo contrario.

Por otro lado, se ha intentado comprobar si existe algún grado de interacción entre los Mercados más grandes de España a la hora de obtener mayores cantidades de níscales por parte de recolectores e intermediarios. Se dispone de los datos semanales de Mercamadrid, y se ha supuesto que esa competencia se justificaría con un signo negativo para la variable que mide los precios semanales de los níscales en dicho mercado. En relación con la cantidad de níscales en Mercamadrid, a priori no se puede determinar el signo porque en teoría se producirían dos fuerzas opuestas: una según la cual mayores cantidades de estos hongos en Mercamadrid restarían oferta en Mercabarna y, por otro lado, pudiera ser que la existencia de años micológicamente favorables pudiera justificar que existiera una relación positiva.

Por otro lado, se han introducido diversas variables asociadas al comercio exterior de distintos hongos, tanto frescos como ya procesados, con el fin de comprobar su influencia en la demanda de níscales en Mercabarna. En cuanto a las importaciones, en primer lugar conviene aclarar que se asume la no existencia de discriminación según la procedencia de los hongos de un país con respecto a otro, situación que ocurre para *Cantharellus* sp. en Estados Unidos (ALEXANDER et al., 2002) y para el matsutake en Japón (YANG et al., 2008). Las relaciones entre los níscales y otras setas como *Cantharellus* sp. y *Boletus* sp. a priori se acepta que no se orienten en la misma dirección. Como es sabido, los rebozuelos pre-

sentan un comercio internacional destacado entre los hongos comestibles (PILZ et al., 2003). Analizando el precio de venta y las cantidades que se importan, inicialmente se ha hecho la suposición que este hongo pueden ser visto como sustitutivos de los níscales. Pasando a las importaciones de *Boletus* sp., al utilizar para este trabajo datos procedentes de importaciones y correspondientes a distintas especies, podrían existir fuerzas contrapuestas dentro del mismo código TARIC. Así, cabe decir en primer lugar que bajo este nombre genérico se incluyen diversas especies que presentan atributos y precios muy distintos entre sí. Así, mientras algunas de las especies más conocidas (*Boletus edulis* Bull. Fr) fructifican en otoño, al igual que el níscolo, otras como *Boletus pinophilus* (Vitt.) o *Boletus aereus* Bull. Fr lo hacen también en primavera y verano (ORIA DE RUEDA, 2007). Muchos de los hongos encuadrados en este epígrafe son percibidos como productos exclusivos, por lo que su precio suele ser claramente más elevado que el del níscolo. Por otro lado, en los dos últimos años se percibe la existencia de partidas ingentes correspondientes a *Boletus* sp. procedentes de países europeos a un precio inferior a las setas cultivadas. Esta circunstancia, por ejemplo, explica que el precio medio de las importaciones de *Boletus* sp. en Cataluña alcance unos valores tan reducidos. En definitiva, ambas situaciones propician que nuestra hipótesis inicial es que no exista una relación de sustitución entre ambas setas, bien porque alcancen un precio muy elevado, o bien porque éste se encuentre en un nivel similar al de las setas cultivadas. Sin embargo, esta hipótesis no excluye que en años puntuales, asociados a producciones muy escasas de níscales, parte de las importaciones de *Boletus* se comporten como sustitutivos de los níscales. Por último, para el resto de hongos frescos importados es complicado establecer una relación inicial, debido al desconocimiento sobre qué especies pueden estar incluidas y su porcentaje en los resultados que aparecen en las estadísticas. Dado que observando los datos no se observan cambios significativos en los precios y las cantidades en años malos de producción de níscales, se supone que estos hongos no son sustitutivos. Además, el precio medio es sensiblemente inferior al del níscolo. No obstante, este razonamiento no excluye que exis-

tan partidas dentro de estas series asociadas a hongos que, bien puedan ser sustitutivos, o bien puedan ser el propio níscolo.

En relación con los hongos importados y que han sufrido algún grado de procesamiento, la hipótesis inicial es que tanto aquellas setas conservadas provisionalmente, excepto *Agaricus* sp., como aquellas importaciones encuadradas en el epígrafe “otros hongos (excepto *Agaricus* sp.) conservados sin vinagre ni ácido acético” no presenten relación de sustitución, ya que el precio unitario asociado a estas importaciones es muy reducido. Es decir, que si esta variable aparece en el modelo, no se espera que exhiba un signo negativo. Por último, y también en relación con el comercio exterior, se ha introducido una variable asociada a las exportaciones de hongos. Dada la imposibilidad de disponer de estadísticas desagregadas de níscales, se ha tomado como variable la cantidad de setas exportada en vez del precio, ya que las estadísticas de comercio exterior apuntan a unos precios de las exportaciones de este conjunto de hongos muy superiores a la del precio que los níscales alcanzan en Mercabarna. Aunque está documentado que el precio de algunos hongos está sujeto a la oferta y demanda a nivel internacional (ALEXANDER et al., 2002b), para el níscolo en Cataluña no se prevé que se produzca la situación que algunos autores han señalado para otros productos forestales no madereros, según la cual el precio de las exportaciones influye en el precio de las cantidades que se demandan en el país (KANGAS, 1999). Los datos parecen mostrar que existen años donde las exportaciones descienden justificadamente (año micológico malo), pero otros años no se produce esta justificación. Por ello, se ha supuesto que no existe influencia con respecto a la cantidad de níscales que se vende en Mercabarna.

Para averiguar si existe algún tipo de relación entre la demanda de níscales y las setas cultivadas que se comercializan en este mercado, se han tomado cuatro variables, correspondientes a los precios y las cantidades vendidas de champiñones (*Agaricus* sp.) y gírgolas (*Pleurotus* sp.). En principio estas relaciones se podrían justificar en el caso que la cantidad de níscales que se comercializara en Mercabarna fuera tan reducida, y, por consiguiente, el precio tan elevado, que los consumidores incrementarían la demanda

de estas setas cultivadas. Algunos autores apuntan esta posibilidad de sustitución para otra seta cultivada, el shiitake (GOLD *et al.*, 2008).

En relación a la metodología planteada, ésta se explica en detalle en VOCES *et al.* (2012). En síntesis, se ha aplicado un modelo econométrico donde la demanda semanal de níscalos se ha considerado como la variable independiente y el resto de variables serían las variables explicativas. Para la estimación del modelo se ha acudido al modelo SUR (Seemingly Unrelated Regression) propuesto por ZELLNER (1962). Los resultados muestran, como cabría esperar, que el precio del níscolo en Mercabarna es una variable significativa y con signo negativo, es decir, aumentos en el precio disminuyen la cantidad demandada. Siguiendo con los níscolos, también resulta significativo el precio del níscolo en Mercamadrid, presentando esta variable un signo positivo. Dado que se desconocen posibles interrelaciones que pudieran existir entre ambos mercados, se hace más difícil valorar este signo. Una posible explicación radica en que cuando el precio del níscolo en Madrid se incrementa, disminuye el consumo y los intermediarios buscan otros mercados como Mercabarna. Por otro lado, también ha resultado significativo en el modelo las setas cultivadas, como es el precio de las gírgolas, lo que indica la una relación de complementariedad con el níscolo. También se ha comprobado la existencia de una interacción entre el precio del níscolo y el precio de la gírgola. Esta interacción presenta un signo positivo, indicando que ambos hongos se comportan como bienes sustitutivos. Es decir, incrementos en el precio de las gírgolas provocarán un aumento en la demanda del níscolo. En relación a los rebozuelos, se ha comprobado la existencia de una relación de complementariedad entre estas importaciones y el níscolo. Esto implica que incrementos en el precio del rebozuelo provocarán una disminución de la demanda del níscolo. Por otro lado, en el modelo estimado aparecen dos variables que no están relacionadas con los hongos. Así, los cambios en el porcentaje de la población catalana nacida en Cataluña presentan un signo positivo, siendo esta variable muy significativa. Esta variable pretende aglutinar aspectos culturales asociados al destacado consumo de setas en esta

Comunidad Autónoma. Finalmente, la variable que define el consumo de las familias catalanas presenta también el signo esperado.

Es preciso insistir que en los datos de partida no existe diferenciación entre posibles calidades asociadas a los distintos hongos, aunque está claro que en la realidad existe esta discriminación. Por otro lado, un resultado inesperado de este modelo viene dado por el comportamiento del hongo blanco (*Boletus* sp.) que no parece ser una variable determinante a la hora de explicar la demanda de níscolos en Mercabarna. En definitiva, y con los datos que obran en nuestro poder, no se puede afirmar que el hongo blanco sea un bien complementario o sustitutivo del níscolo. Por último, conviene señalar aquellas variables explicativas que, según el modelo que se ha estimado, no han resultado significativas. En primer lugar el precio de algunos tipos de hongos no presentan influencia alguna en la demanda de níscolos: ni el de otros hongos, ni el de los champiñones ni el de los hongos asociados a las importaciones han resultado significativos en el citado modelo. En cuanto a los indicadores de renta, tampoco han aparecido en el modelo final ni el gasto per cápita en alimentación ni el PIB per cápita o el salario horario en Cataluña ni, por último, indicadores de tipo social como pudiera ser la tasa de desempleo o el porcentaje de la población que ha nacido en esta Comunidad Autónoma.

## OFERTA DE HONGOS SILVESTRES: EL CASO DEL NÍSCALO

A la hora de caracterizar la producción de hongos, tanto a nivel local como a nivel agregado, es preciso tener en cuenta la influencia de un conjunto heterogéneo de variables. Dejando a un lado parámetros asociados con la recolección de los mismos, numerosos autores hablan de distintos factores que interactúan entre sí y que, en distinto grado, pueden explicar la mayor o menor producción de hongos comestibles tanto en el tiempo como en el espacio. Sin pretender ser exhaustivos, y siguiendo a algunos autores (MARTÍNEZ DE ARAGÓN *et al.*, 2007), podríamos hablar de aspectos asociados a la masa arbórea que sustenta la población fúngica, y así nos

encontraríamos con factores asociados a las especies arbóreas y su edad (LAST *et al.*, 1981; PINNA *et al.*, 2010), a la selvicultura que se ha practicado en estas masas (SHAW *et al.*, 2003; EGLI *et al.*, 2010), o a condicionantes edáficos (BARROETAVERÑA *et al.*, 2008) y ecológicos (O'DELL *et al.*, 1999). Por otro lado, unos de los factores más importantes, y que están presentes en la mayoría de trabajos que pretenden estimar qué variables pueden explicar la abundancia, diversidad o producción comercial de ciertos hongos, serían las variables climáticas. Sin embargo, es preciso tener en cuenta que estos factores no pueden explicar completamente la fructificación de hongos (EGLI *et al.*, 2010), y que las fluctuaciones anuales en la producción se deben a condicionantes tanto macro como microclimáticos (OHENOJA, 1993). En definitiva, para modelizar la oferta del níscolo en Mercabarna se va a considerar tanto variables de tipo económico, como variables de tipo climático.

En relación al mercado de hongos, no se dispone de informaciones precisas sobre la cadena de valor de estos bienes. Como se ha comentado anteriormente, este hecho constituye la tónica habitual, salvo pequeñas excepciones (CAI *et al.*, 2011). Dicho de otra forma, no es posible desagregar todos los costes asociados a la comercialización de estos productos hasta un Mercado Central. Por otro lado, conviene recordar que nos encontramos ante un producto obtenido básicamente por el ejercicio de recolección y donde ni el propietario del terreno ni, habitualmente, el comprador de la producción realiza desembolsos para optimizar su producción. Ante estas limitaciones, la hipótesis que se va a realizar cobra sentido como punto de partida de este trabajo: se asume que la función de oferta queda definida directamente por el comportamiento del intermediario que transporta los hongos a Mercabarna y por distintas variables climáticas que explican la mayor o menor producción de hongos. Además, y a diferencia de otros hongos comestibles (PILZ & MOLINA, 2002), se asume que el mercado exterior no afecta a las decisiones que pueden tomar los agentes económicos implicados. Además, y dadas las peculiares características de este mercado, no se ha podido caracterizar a los intermediarios, su comportamiento, o la relación existente entre el precio del níscolo y su calidad.

Por ello se acepta que la utilización de ciertas variables proxy puede describir adecuadamente la forma de actuar de estos intermediarios.

Resulta evidente que en cualquier modelo que pretenda explicar la oferta de un determinado bien, el precio de ese bien debiera ser una variable clave, según lo indican los principios básicos de la economía. Una cuestión importante a la hora de abordar este tipo de modelos sería la imposibilidad de almacenar el producto fresco. Es decir, estamos suponiendo un mercado de hongos silvestres sin someter a los productos a ningún tipo de proceso industrial para su comercialización. Bajo estos condicionantes, los productores deberían tener un conocimiento del mismo muy actualizado para tomar sus decisiones con acierto. Esta circunstancia implicaría que únicamente puede existir un mínimo retardo desde que se toma la decisión de enviar los hongos a Mercabarna hasta que éstos llegan a su destino. En cualquier caso, se asume que incrementos en el precio provocarán ascensos de la cantidad ofertada. Por otro lado, dado que no se dispone de estadísticas concluyentes sobre las posibles calidades del níscolo existentes en Mercabarna, no se ha desagregado las informaciones correspondientes al precio del níscolo según calidades, aunque se sabe que existen estas clasificaciones (DE ROMÁN & BOA, 2006). En PILZ *et al.* (2006) también se ha adoptado la misma solución para otras especies de hongos comestibles.

Como se ha comentado anteriormente, el alcance espacial de este trabajo excede una escala de trabajo habitual en los estudios que analizan las producciones de hongos comestibles en distintos ecosistemas forestales. Por ello, es preciso utilizar datos meteorológicos habitualmente medidos como proxy de la temperatura y la humedad existente en el suelo. Esta forma de trabajar ha sido habitual en numerosos trabajos que analizan aspectos relacionados con la producción micológica (KRANABETTER & KROEGER, 2001). Esta relación directa entre estas variables climáticas y la mayor oferta de hongos se va a extender en este trabajo a las otras variables relacionadas con el agua: tanto en el aire (precipitación media, precipitación acumulada), como aquellas que miden la humedad existente en el suelo. Esta circunstancia se refleja en varios estudios empíricos relacionados con hongos micorrízicos, aunque no en el caso del níscolo (PEREDO *et al.*, 1983;

BARROETAVENA et al., 2008). De la misma forma, se ha supuesto una relación inversa entre la evapotranspiración y la producción de hongos. Por último, se ha querido utilizar una variable climática para intentar tener en cuenta la vejería de esta especie, ya que algunos autores apuntan la idea que una elevada precipitación en un año predice una baja producción micológica en el otoño siguiente (OHENOJA, 1993).

En concreto, las variables climáticas elegidas han sido: la temperatura mínima semanal, la temperatura media semanal, la precipitación acumulada semanal, la precipitación media semanal, la evapotranspiración media semanal, y la estimación semanal de la humedad edáfica. Todas estas variables se han calculado semanalmente para las campañas micológicas del período 2002–2007. El procedimiento ha sido el siguiente: a partir de los datos semanales de Mercabarna se han obtenido las provincias de donde proceden los níscales que se comercializan en este Mercado Central. Así, a la hora de analizar estos datos, se observa como un porcentaje elevado de la oferta de hongos procede únicamente de 12 provincias españolas (Barcelona, Huesca, León, Lérida, Lugo, Segovia, Soria, Tarragona, Teruel, Valencia, Zamora y Zaragoza), que son las que van a ser objeto de estudio. Así, en el intervalo analizado (2002-2007), esas provincias aportan de media un 52.3% del número de níscales comercializados en Mercabarna, llegando al 85% en 2006.

Los valores climáticos utilizados proceden de un grupo de estaciones meteorológicas que, en número y distribución representativos a nivel provincial, han sido elegidas en base a su localización respecto de masas de pinares, y a la existencia de un conjunto de datos necesario para calcular las variables escogidas. Es decir, se asume que los níscales fundamentalmente están asociados en el Hemisferio Norte con árboles de algunas especies del género *Pinus* (ORIA DE RUEDA, 2007). En concreto, en diversas zonas España las mayores producciones se han observado en pinares de *Pinus sylvestris* L. (BONET et al., 2008), mientras que en otras regiones, cuyo hábitat es más favorable para el desarrollo de otras especies de pinos, el níscales se encuentra en masas de *Pinus halepensis* Mill., *Pinus nigra* Arnold., *Pinus pinaster* Ait. e incluso con una producción menor en algunos matorrales

(DOMÍNGUEZ NÚÑEZ et al., 2008). Por ello, dada la representatividad de los pinos en España se ha asumido que la producción de níscales que llega a Mercabarna procede exclusivamente de pinares.

Asumiendo que no existen intermediarios que comercialicen hongos de otras provincias distintas a la suya, se han seleccionado, a través del Mapa Forestal de España (MFE) aquellas masas de *Pinus* sp. susceptibles de albergar potencialmente una producción de níscales en las 12 provincias seleccionadas, incluyendo tanto los polígonos donde el pino es especie principal como aquellos en donde es especie secundaria o acompañante de la principal. Sobre esta capa base se ha generado una malla de puntos, representados por las estaciones meteorológicas, utilizando para ello las coordenadas de las mismas. Sin embargo, debido a que muchas de las estaciones meteorológicas no se encuentran en el interior de un polígono caracterizado como pinar, pero sí en sus proximidades, se consideran todas las estaciones que o bien estén incluidas dentro de pinar o se encuentren a una distancia menor o igual a 2 Km. de una masa de pinar. Dicha selección espacial se ha realizado mediante Sistema de Información Geográfica (ArcGIS 9.2), tomando la información del Mapa Forestal Español (MFE). En total se han analizado los datos climáticos de 156 estaciones climáticas correspondientes a las 12 provincias objeto de análisis, considerándose como válidas aquellas estaciones con series temporales completas sobre precipitación diaria y temperatura máxima y mínima diaria durante el período analizado. A fin de conseguir la necesaria representatividad para cada provincia, varias series con datos incompletos (siempre menos del 5%) han sido completadas utilizando la media de los datos del resto de años de la serie. Teniendo en cuenta que se ha tomado para cada temporada micológica una duración de 18 semanas, el número de datos meteorológicos procesados es ingente, superando la cifra de 511.000. Finalmente, con el fin de obtener un único valor semanal de las anteriores variables, se calculó un promedio provincial de los datos correspondientes a las distintas estaciones meteorológicas, ponderándose anualmente los resultados en base a la importancia relativa de cada provincia como origen de los níscales que llegan a Mercabarna.

Por último, existen variables de otra naturaleza que podrían haber sido incluidas en este estudio, pero por diferentes razones no ha sido posible su inclusión. Una de ellas podrían ser los aspectos selvícolas, aunque su influencia en cuanto a posibles variaciones en la producción de hongos comestibles está todavía discutida. Mientras que algunos autores (SHAW *et al.*, 2003) no han encontrado oscilaciones significativas después de la aplicación de claras, otros autores muestran la existencia de relaciones entre las claras y la producción de hongos (EGLI *et al.*, 2010). En el caso del níscolo, es preciso señalar que se trata de una especie que requiere cierta luz, tal y como se puede apreciar en MARTÍNEZ-PEÑA *et al.* (2012). Asumiendo esta hipótesis, se entiende que las claras pueden favorecer su producción, aunque los años siguientes a la mismas ésta decaerá (ORIA DE RUEDA *et al.*, 2008). Para este estudio no se ha considerado esta variable, debido fundamentalmente a que los datos agregados no proporcionaban una información fiable sobre este tipo de intervenciones. Esta misma consideración se ha realizado para otro tipo de factores microclimáticos (humedad y temperatura del suelo, orientación, pendiente, etc.), a pesar de que presentan su importancia a la hora de caracterizar a una escala monte la producción de carpóforos. De hecho, para el caso del níscolo, BONET *et al.* (2008) muestran como incrementos en la pendiente reducen la producción de esta especie. Una variable potencialmente elegible en un estudio de estas características sería la edad de la masa. Es bien conocido que para distintas edades de la masa, el cortejo fúngico varía con el tiempo. En general, está ampliamente comprobado que la producción de hongos comestibles está muy directamente relacionada con la edad de la masa, pero ello no significa en todos los casos que la edad sea una variable explicativa de la producción de hongos (MARTÍNEZ DE ARAGÓN *et al.*, 2007). Para el caso del níscolo, habitualmente se asume que sus producciones más elevadas se producen cuando la masa es relativamente joven, aunque esta circunstancia no implica que estén presentes en otras clases de edad, tal y como muestran BONET *et al.* (2004). Esta misma conclusión llegan MARTÍNEZ *et al.* (2011) y MARTÍNEZ-PEÑA *et al.* (2012), pero

también muestran cómo en masas mayores de 70 años, la producción vuelve a ser muy significativa. En nuestro caso, y dado que el III IFN no proporciona datos de las edades de la masa, no se ha tenido en cuenta este parámetro como variable explicativa. Finalmente, se ha descartado introducir variables relacionadas con el suelo debido a que esa especie aparece tanto en suelos ácidos como básicos, por lo que se ha supuesto que el tipo de suelo asociado a los hongos que, una vez recolectados, llegan a Mercabana no influye en la oferta existente en este mercado.

A continuación se detallan las variables climáticas utilizadas. Comenzando por la temperatura, con los datos relativos a las temperaturas máximas y mínimas diarias se calculan los promedios de la temperatura máxima semanal y de la temperatura mínima semanal. La temperatura media semanal se calcula como la media de estas dos. La misma metodología se sigue para la precipitación: con los datos relativos a la precipitación diaria se calcula la precipitación acumulada semanal y la precipitación media semanal. Por otro lado, para el cálculo de la evapotranspiración potencial media semanal (ETP) se ha recurrido a la fórmula experimental de Thornthwaite. En relación a la humedad edáfica, se ha tomado como proxy de la misma la diferencia entre la precipitación acumulada en un periodo de 7 días y la evapotranspiración potencial durante ese mismo periodo. Para valores positivos se considera que el volumen calculado de agua (en mm) se incorpora al suelo, en caso contrario se estima que no ha existido incorporación neta de agua al suelo. Los valores negativos se han tomado como cero. Finalmente, es preciso señalar que se han tomado como variables otras relativas a la precipitación, pero consideradas fuera del período analizado. En concreto, se han tomado como variables dummy las variables precipitación estival acumulada y precipitación en el año anterior, a fin de introducir las en el horizonte temporal del análisis.

Los aspectos técnicos del análisis econométrico efectuado, así como los resultados obtenidos pueden verse en DÍAZ-BALTEIRO *et al.* (2013). En síntesis, esta modelización presenta algunas similitudes con el modelo de demanda citado en el anterior epígrafe. Así, la técnica empleada es la misma (SUR), la variable depen-



diente cantidad semanal de níscolo que se vende en Mercabarna, y las variables explicativas serán las anteriormente expuestas. Los resultados, muestran que en el modelo estimado únicamente tres variables han resultado significativas: el precio del níscolo, y dos variables climáticas como son la precipitación media y la temperatura media. En relación al precio del níscolo, el signo positivo es el esperado, ya que indica que si el precio se incrementa, como es lógico, la oferta aumentará. También presenta, como cabría esperar, un signo positivo la variable asociada a la precipitación media, ya que a mayores precipitaciones la oferta se incrementará porque la producción será mayor. Sin embargo, la temperatura media presenta un signo negativo. Esta relación inversa se explica empíricamente a partir de experiencias que muestran este hecho en determinados meses del año (OHENOJA, 1993), llegando incluso a la no existencia de una producción de hongos si las temperaturas alcanzan valores más altos de lo habitual (STRAATSMA et al., 2001). Por último, cabe resaltar el hecho que otras variables climáticas asociadas a la presencia de humedad en el suelo como la precipitación acumulada, la evapotranspiración potencial o la diferencia entre precipitación acumulada y evapotranspiración potencial no han resultado significativas en este modelo.

## ASPECTOS ECONÓMICOS DE LA GESTIÓN FORESTAL CON OBJETIVOS FÚNGICOS

Una vez que se ha repasado el mercado de hongos en España y se han introducido sendos modelos de demanda y de oferta de uno de los hongos más apreciados, se ha considerado conveniente introducir un apartado que también bajo la óptica económica centre algunos aspectos de la gestión forestal cuando la producción de hongos puede ser de importancia o, incluso, competir claramente con otras como puede ser la de madera. Si en el apartado introductorio se ha señalado cómo se puede considerar la producción de hongos como un caso de producción conjunta, no es menos cierto que esta idea se debe tomar como un ideal o una convención. En efecto, dado que no abundan montes donde la selvi-

cultura ha estado supeditada a la producción de hongos frente a la de madera, no es posible conocer con exactitud el grado de conflicto que pueden tener ambos outputs. Se asume que este conflicto es reducido y que, en general, se puede realizar una gestión donde la compatibilidad de ambas producciones es sostenible en el tiempo. A título de ejemplo, en ALDEA et al. (2011) se muestra la influencia que sobre la toma de decisiones habitualmente asociada a un proyecto de ordenación de montes puede acarrear la consideración del recurso micológico en el análisis.

Una forma sensata de abordar ambas producciones en el análisis sería a través de técnicas de investigación operativa que permitan de algún modo optimizar ambos objetivos. Durante los últimos años, algunos trabajos han avanzado en esta línea. Así, en DÍAZ BALTEIRO et al. (2003) se muestra una aplicación de la programación lineal a un caso de producción de maderas y hongos en un pinar de repoblación de pino albar en la provincia de Zamora. Asumiendo el conocimiento de la evolución de las producciones de ambos productos a lo largo del horizonte de planificación indicado (100 años) se ha resuelto un ejercicio de programación lineal considerando diversos objetivos, entre los que destacan el valor actual neto (VAN) asociado tanto a la madera como a la producción de hongos, tomando como restricciones son las habitualmente introducidas en este tipo de análisis (DÍAZ-BALTEIRO & ROMERO, 1998). En este caso, los modelos de planificación forestal estratégica propuestos ofrecen soluciones factibles que pretenden compatibilizar ambas producciones. La utilidad de los resultados obtenidos radican no tanto en mostrar un abanico de posibles soluciones, sino en presentar al gestor cuál sería el coste de oportunidad, medido tanto en unidades físicas (metros cúbicos de madera o de chapa, kilogramos de hongos) como en unidades monetarias, de tomar posibles decisiones acerca de la gestión en este monte. De hecho la rentabilidad absoluta de ambas producciones se puede calificar de pareja, situación que en otros estudios pudiera llegar a ser incluso favorable al recurso fúngico (PALAHÍ et al. 2009). Además, se ha podido comprobar cómo obtener una constancia en la renta puede llevar a una programación de cortas diferente si dicha rentabilidad se considera exclusivamente procedente de las claras y las cortas finales, si procede de la

producción de setas, o de ambas. También se ha comprobado cómo en aquellos períodos en los cuales la masa es inmadura, los ingresos debidos al recurso micológico consiguen que se obtengan flujos de caja positivos en todos los períodos. Internalizando sólo una parte de la producción fúngica se consigue un superávit en todos los períodos que puede ser destinado a intensificar la gestión que se practica en el monte.

Sin embargo, a veces no es suficiente utilizar la programación lineal. Por ejemplo, en ALDEA *et al.* (2012) se ha construido un modelo con esta técnica para proponer soluciones a la gestión en un monte productor de hongos como es Pinar Grande, en la provincia de Soria. Después de definir más de 2000 prescripciones y de considerar 7 funciones objetivo distintas, además de las restricciones exógenas propias para replicar la gestión que se está llevando actualmente en este monte, el resultado ha sido que no hubo ningún modelo de programación lineal que pudiera ofrecer una solución factible cuando se introducían en el análisis simultáneamente todas las restricciones. Para solventar este problema, se ha acudido a un modelo multicriterio utilizado para problemas continuos, como es la programación compromiso. La elección de esta técnica frente a otras más utilizadas en la gestión forestal como la programación por metas (DÍAZ-BALTEIRO & ROMERO, 2008b) se justifica tanto por el número de criterios elegido como por la dificultad de encontrar un target aceptable relacionado con el VAN procedente de la producción de hongos, condición indispensable para plantear un modelo de programación por metas (ROMERO, 1991). Los resultados muestran unos ingresos asociados a la producción de hongos que suponen aproximadamente un 20% de los de la madera a lo largo de los 100 años del horizonte de planificación establecido. Esto supone poco más de 700€·ha<sup>-1</sup>. Los resultados también indican cómo es factible integrar la producción fúngica en modelos de planificación forestal estratégica. A pesar de que en los planes vigentes de gestión en el caso de estudio no incorporan herramientas de optimización en su análisis, las técnicas anteriormente expuestas permiten comprobar el grado de conflicto existente entre dos de los outputs más valorados en el monte y la importancia económica de ambos, partiendo

de la base que aspectos como la silvicultura están únicamente orientados a la producción de madera. Por otro lado, es preciso apuntar que en este trabajo se ha tenido en cuenta exclusivamente el porcentaje de hongos que se han recolectado en el monte, con lo que su credibilidad es mayor que si únicamente se estimara una producción media anual. Finalmente, conviene insistir en que estos modelos también permiten estimar el coste de oportunidad que supondría al gestor no introducir en el análisis este tipo de productos forestales no madereros.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se ha mostrado, en primer lugar, la dificultad para disponer de un cuerpo de estadísticas que permitan mejorar la integración de este recurso en la gestión forestal que habitualmente se realiza en España. Por otro lado, a través de una cadena de valor teórica, se ha hecho hincapié en las dificultades que presenta, en general, seguir la trazabilidad de estos productos. Esta característica impide en muchas ocasiones realizar análisis a nivel de monte. Por eso se han utilizado datos agregados (Mercabarna) para desarrollar sendos modelos de demanda y de oferta de una de las setas más apreciadas en España, el níscolo. El modelo de demanda muestra cómo pueden existir ciertas relaciones de sustitución o complementariedad entre distintas especies de hongos cultivados y silvestres. Desde el punto de vista de la oferta, se ha obtenido una función que responde a una idea básica repetida en la literatura: la precipitación media influye positivamente en la producción de hongos. Esta conclusión, obtenida experimentalmente a nivel de parcela o de monte, se ha replicado a una escala mucho más agregada. El interés de este tipo de análisis radica en poder explicar cómo se forma el precio de este tipo de productos y, de esta forma, poder ayudar al productor a su toma de decisiones. Por ejemplo, se ha obtenido como resultado una relación inversa entre producción de níscolos y temperatura media, lo que podría indicarle posibles cambios en las cantidades que se comercializan a partir de la evolución de esta variable meteorológica. Por último, en todo el trabajo se ha insistido en el carácter de producción conjunta de

esta producción y la de madera, aunque sujeto a matices. La principal salvedad radica en que habitualmente no se realiza una gestión selvícola orientada a la producción fúngica. Sin embargo, ello no excluye que en algunos casos la rentabilidad privada de este tipo de productos, asumiendo algunas hipótesis asociadas a la recolección, pueda ser significativa en comparación a la de la rentabilidad privada de la madera.

### Agradecimientos

En primer lugar, quisiera agradecer a la Junta Directiva de la SECF y al Coordinador del Grupo de Trabajo de Economía Forestal de esta institución la amable invitación que me han realizado para que pudiera impartir esta ponencia en el VI Congreso Forestal Español. Por otro lado, este trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo de numerosos colegas que me han permitido introducirme en el mundo micológico y continuar analizando algunos de sus aspectos sin ser para nada un entusiasta recolector de hongos. Por ello debo a agradecer a bastantes personas que me hayan acompañado en estos desafíos. Desde el Profesor de la Universidad de Valladolid, Juan Andrés Oria de Rueda Salguero, que despertó en mí el interés por este recurso, hasta compañeros con los que en los últimos años he compartido trabajos, experiencias y publicaciones varias. Aquí querría citar expresamente al Profesor Óscar Alfranca, de la Universidad Politécnica de Cataluña, a Fernando Martínez Peña y a Jorge Aldea, de la Fundación CESEFOR, así como a Roberto Voces, de la Universidad Politécnica de Madrid. Sin su colaboración hubiera sido imposible escribir este documento. Por otro lado he tenido la fortuna de compartir experiencias en estos campos con el Profesor José Antonio Bonet, de la Universidad de Lleida, con Juan Martínez de Aragón, investigador del Centro Tecnológico Forestal de Cataluña y con los Profesores Pablo de Frutos y Andrés Martínez de Azagra, de la Universidad de Valladolid. Además, me he beneficiado de los comentarios que sobre diversos aspectos micológicos me ha brindado Luis Rubio Casas, a quien estoy particularmente agradecido por el interés mostrado en este trabajo. También quisiera destacar los áni-

mos, consejos e informaciones que me han aportado distintos compañeros del Grupo de Investigación de la UPM “Economía y Sostenibilidad del Medio Natural”. En concreto, me estoy refiriendo explícitamente a los Profesores José Alfonso Domínguez Núñez, Carlos Romero López y José Antonio Sáiz de Omeñaca. También quisiera agradecer el apoyo y los comentarios recibidos en la sesión impartida en el año 2012 en el seminario del ciclo *Madrid Environmental Economics Seminars* (MEES). Además, este trabajo se ha visto ayudado por los datos, informaciones técnicas y comentarios aportados amablemente por Josep Faura (Mercabarna) y José Luis Illescas Llanos, Olga Bacho Jiménez y Susana Ferrer Asís (MERCA-SA). A todos ellos mi más sincero agradecimiento. Además, me he visto beneficiado por el soporte prestado por los proyectos de investigación Micosylva y Micosylva+, financiados por el Programa de Cooperación Interterritorial SUDOE-Interreg. Finalmente, es necesario citar el apoyo financiero proporcionado por el Ministerio de Economía y Competitividad bajo el proyecto AGL2011-25825.

### BIBLIOGRAFÍA

- ALDEA, J.; DIAZ-BALTEIRO, L. Y MARTÍNEZ-PEÑA, F.; 2011. Integración del recurso micológico en los proyectos de ordenación de montes. *En*: F. Martínez Peña. J.A. Oria de Rueda y T. Agreda (coords.), *Manual para la gestión del recurso micológico forestal en Castilla y León*: 204-219. SOMACYL-Junta de Castilla y León. Valladolid.
- ALDEA, J.; DIAZ-BALTEIRO, L. & MARTÍNEZ-PEÑA, F.; 2012. Integration of fungal production in forest management using a multi-criteria method. *Eur. J. Forest Res.* 131 1991-2003.
- ALEXANDER, S.J.; WEIGAND, J. & BLATNER, J.; 2002A. Nontimber Forest Product Commerce. *In*: E.T. Jones, R. Maclain & J. Weigand (eds.), *Nontimber Forest Products in the United States*: 115-150. University Press of Kansas. Lawrence.
- ALEXANDER, S.J.; PILZ, D.; WEBER, N.S.; BROWN, E. & ROCKWELL, V.A.; 2002b. Mushrooms, trees, and money: Value esti-

- mates of commercial mushrooms and timber in the Pacific Northwest. *Environ. Manage.* 30: 129-141.
- BARROETAVEÑA, C.; LA MANNA, L. & ALONSO, M.V.; 2008. Variables affecting *Suillus luteus* fructification in ponderosa pine plantations of Patagonia (Argentina). *Forest Ecol. Manage.* 256: 1868-1874.
- BLATNER, K.A. & ALEXANDER, S.; 1998. Recent price trends for non-timber forest products in the Pacific Northwest. *Forest Prod. J.* 48(10): 28-34.
- BOA, E.; 2004. *Wild Edible Fungi. A Global Overview of their Use and Importance to People.* FAO. Rome.
- BONET, J.A.; FISCHER, C.R. & COLINAS, C.; 2004. The relationship between forest age and aspect on the production of sporocarps of ectomycorrhizal fungi in *Pinus sylvestris* forests of the central Pyrenees. *Forest Ecol. Manage.* 203: 157-175.
- BONET, J.A.; PUKKALA, T.; FISCHER, C.R.; PALAHÍ, M.; DE ARAGÓN, J.M. & COLINAS, C.; 2008. Empirical models for predicting the production of wild mushrooms in Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) forests in the Central Pyrenees. *Ann. For. Sci.* 65: 206.
- CAI, M.; PETTENELLA, D. & VIDALE, E.; 2011. Income generation from wild mushrooms in marginal rural areas. *For. Policy Econ.* 13 221-226.
- CHAMBERLAIN, J.; BUSH, R. & HAMMETT, A.L.; 1998. Non-timber forest products: The other forest products. *Forest Prod. J.* 48(10) 10-19.
- CHANG, S.T. & MILES, F.G.; 2004. *Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact.* 2<sup>nd</sup> Ed. CRC Press. Boca Raton.
- DE FRUTOS, P.; MARTÍNEZ PEÑA, F. Y ESTEBAN LALEONA, S.; 2008. Propuesta de ordenación comercial de los aprovechamientos micológicos a través de lonjas agrarias: análisis económico y financiero para la provincia de Soria. *Rev. Esp. Est. Agrosoc. Pesq.* 217: 73-103.
- DE FRUTOS, P.; MARTÍNEZ-PEÑA, F.; ORTEGA-MARTÍNEZ, P. & ESTEBAN, S.; 2009. Estimating the social benefits of recreational harvesting of edible wild mushrooms using travel cost methods. *Inv. Agraria; Sist. Rec. For.* 18: 235-246
- DE ROMÁN, M. & BOA, E.; 2006. The marketing of *Lactarius deliciosus* in northern Spain. *Econ. Bot.* 60 284-290.
- DÍAZ-BALTEIRO, L.; ALFRANCA, O. Y VOCES, R.; 2013. Mercado de *Lactarius deliciosus*. Modelización de la oferta en España. *Itea-Inf. Tec. Econ. Ag.* (en prensa).
- DÍAZ BALTEIRO, L.; ÁLVAREZ NIETO, A. Y ORIA DE RUEDA, J.A.; 2003. Integración de la producción fúngica en la gestión forestal. Aplicación al monte "Urcido" (Zamora). *Inv. Agraria; Sist. Rec. For.* 12: 5-19.
- DÍAZ-BALTEIRO, L. & ROMERO, C.; 1998. Modeling timber harvest scheduling problems with multiple criteria: an application in Spain. *Forest Sci.* 44: 47-57
- DÍAZ-BALTEIRO, L. & ROMERO, C.; 2008a. Valuation of environmental goods: A shadow value perspective. *Ecol. Econ.* 64: 517-520.
- DÍAZ-BALTEIRO, L. & ROMERO, C.; 2008b. Making forestry decisions with multiple criteria: a review and an assessment. *Forest Ecol. Manag.* 255: 3222-3241.
- DOMÍNGUEZ NÚÑEZ, J.A.; LÓPEZ LEIVA, C.; RODRÍGUEZ BARREAL, J.A. Y SAIZ DE OMEÑACA, J.A.; 2008. Caracterización de rodales productores de *Lactarius deliciosus* (L.: Fr.) S. F. Gray y *Lactarius sanguifluus* (Paulet ex Fr.) Fr. en la Comunidad Valenciana. *Boletín Sociedad Micológica Valenciana* 13: 2-18.
- EGLI S.; AYER, F.; PETER, M.; EILMANN, B. & RIGLING, A.; 2010. Is forest mushroom productivity driven by tree growth? Results from a thinning experiment. *Ann. For. Sci.* 67(509): 1-9.
- GOLD, M.A.; GODSEY, L.D. & JOSIAH, S.J.; 2004. Markets and marketing strategies for agroforestry specialty products in North America. *Agroforest. Syst.* 61: 371-382.
- GOLD, M.A.; CERNUSCA, M.M. & GODSEY, L.D.; 2008. A competitive market analysis of the United States shiitake mushroom marketplace. *HortTechnology* 18: 489-499.
- HOSFORD, D.; PILZ, D.; MOLINA, R. & AMARANTHUS, M.; 1995. *Ecology and management of the commercially harvested American matsutake.* General Technical Report - US Department of Agriculture, Forest Service PNW-GTR(412).
- IDESCAT, 2009. *Instituto de Estadística de Cataluña.* Available at <http://www.idescat.cat/es>

- JONES, E.T. & LYNCH, K.A.; 2007. Nontimber forest products and biodiversity management in the Pacific Northwest. *Forest Ecol. Manage.* 246: 29-37.
- KANGAS, K.; 1999. Trade of main wild berries in Finland. *Silva Fenn.* 33: 159-168.
- KRANNABETTER, J.M. & KROEGER, P.; 2001. Ectomycorrhizal mushroom response to partial cutting in a western hemlock. *Can. J. Forest Res.* 31: 978-987.
- LAST, F.T.; MASON, P.A.; SMITH, R.; PELHAM, J.; BHOJA SHETTY, K.A. & HUSSAIN, A.M.M.; 1981. Factors affecting the production of fruitbodies of *Amanita muscaria* in plantations of *Pinus patula*. *Proc. Indian Acad. Sci. (Plant Sci.)* 90: 91-98.
- LELLEY, J.I.; 2005. Modern applications and marketing of useful mushrooms. *Int. J. Med. Mushrooms* 7: 39-47.
- MARTÍNEZ-CARRERA, D.; NAVA, D.; SOBAL, M.; BONILLA, M. & MAYETT, Y.; 2005. Marketing channels for wild and cultivated edible mushrooms in developing countries: The Case of Mexico. *Micología Aplicada Internacional* 17(2): 9-20.
- MARTÍNEZ DE ARAGÓN, J.; BONET, J.A.; FISCHER, C.R. & COLINAS, C.; 2007. Productivity of ectomycorrhizal and selected edible saprotrophic fungi in pine forests of the pre-Pyrenees mountains, Spain: Predictive equations for forest management of mycological resources. *Forest Ecol. Manage.* 252: 239-256.
- MARTÍNEZ DE ARAGÓN, J.; RIERA, P.; GIERGICZNY, M. & COLINAS, C.; 2011. Value of wild mushroom picking as an environmental service. *Forest Policy Econ.* 13: 419-424.
- MARTÍNEZ-PEÑA, F.; GÓMEZ CONEJO, R.; ORTEGA MARTÍNEZ, P.; CABEZÓN CASCANTE, A.; FRANCÉS PEÑUELAS, D.; HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ DE ROJAS, A. & SEVILLANO RUIZ, J.L.; 2007. MICODATA: Sistema de información geográfica sobre la producción, aprovechamiento y ordenación del recurso micológico en Castilla y León. *Montes* 89(2): 10-18.
- MARTÍNEZ-PEÑA, F.; ÁGREDÁ, T.; ÁGUEDA, B.; ORTEGA-MARTÍNEZ, P. & FERNÁNDEZ-TOIRÁN, L.M.; 2012. Edible sporocarp production by age class in a Scots pine stand in Northern Spain. *Mycorrhiza* 22: 167-174.
- MATTSSON, L. & LI, C.; 1993. The non-timber value of northern Swedish forests: an economic analysis. *Scand. J. Forest Res.* 8: 426-434.
- MAYETT, Y.D.; MARTÍNEZ-CARRERA, D.; SÁNCHEZ, M.; MACÍAS, A.; MORA, S. & ESTRADA-TORRES, A.; 2006. Consumption Trends of Edible Mushrooms in Developing Countries: The Case of Mexico. *J. Int. Food Agribus. Market.* 18: 151-176.
- MERLO, M. & CROITORU, L. (eds.); 2005. *Valuing Mediterranean forests: Towards Total Economic Value*. CABI Publishing. Wallingford.
- O'DELL, T.E.; AMMIRATI, J.F. & SCHREINER, E.G.; 1999. Species richness and abundance of ectomycorrhizal basidiomycete sporocarps on a moisture gradient in the *Tsuga heterophylla* zone. *Can. J. Bot.* 77: 1699-1711.
- OHENOJA, E.; 1993. Effect of weather conditions on the larger fungi at different forest sites in Northern Finland in 1976-1988. *Acta Universitatis Ouluensis. Serie A* 243: 1-69.
- ORIA DE RUEDA, J.A.; 2007. *Hongos y setas. Tesoro de nuestros montes*. Ed. Cálamo. Palencia.
- ORIA DE RUEDA, J.A.; MARTÍN-PINTO, P. & OLAIZOLA, J.; 2008. Bolete productivity of cistaceous scrublands in northwestern Spain. *Econ. Bot.* 62 323-330.
- ORIA DE RUEDA, J.A.; DE LA PARRA, B.; OLAIZOLA, J.; MARTÍN P.; MARTÍNEZ DE AZAGRA A. Y ÁLVAREZ, A.; 2008. Selvicultura micológica. *En: R. Serrada. G. Montero & J. Reque (eds.), Compendio de selvicultura aplicada en España*: 833-860. INIA-Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid.
- ORTEGA-MARTÍNEZ, P. & MARTÍNEZ-PEÑA, F.; 2008. A sampling method for estimating sporocarps production of wild edible mushrooms of social and economic interest. *Inv. Agraria; Sist. Rec. For.* 17: 228-237.
- ORTEGA-MARTÍNEZ, P.; ÁGUEDA, B.; FERNÁNDEZ-TOIRÁN, L.M. & MARTÍNEZ-PEÑA, F.; 2011. Tree age influences on the development of edible ectomycorrhizal fungi sporocarps in *Pinus sylvestris* stands. *Mycorrhiza* 21: 65-70.
- PALAHÍ, M.; PUKKALA, T.; BONET, J.A.; COLINAS, C.; FISCHER, C.R. & MARTÍNEZ DE ARAGÓN, J.; 2009. Effect of the inclusion of mushroom values on the optimal management of even-aged pine stands of Catalonia. *Forest Sci.* 55: 503-511.

- PEREDO, H.; OLLIVA, M. & HUBER, A.; 1983. Environmental factors determining the distribution of *Suillus luteus* fructifications in *Pinus radiata* grazing-forest plantations. *Plant Soil* 71: 367-370.
- PÉREZ-MORENO, J.; MARTÍNEZ-REYES, M.; YES-CAS-PÉREZ, A.; DELGADO-ALVARADO, A. & XOCONOSTLE-CÁZARES, B.; 2008. Wild mushroom markets in central Mexico and a case study at Ozumba. *Econ. Bot.* 62: 425-436.
- PETTENELLA, D.; SECCO, L. & MASO, D.; 2007. NWFP&S Marketing: Lessons learned and new development paths from case studies in some European countries. *Small-Scale Forestry* 6: 373-390.
- PILZ, D.; DOUGLAS BRODIE, F.; ALEXANDER, S. & MOLINA, R.; 1998. Relative value of chanterelles and timber as commercial forest products. *Ambio* 27(Special Issue 9): 14-16.
- PILZ, D. & MOLINA, R.; 2002. Commercial harvests of edible mushrooms from the forests of the Pacific Northwest United States: Issues, management, and monitoring for sustainability. *Forest Ecol. Manage.* 155: 3-16.
- PILZ, D.; MOLINA, R. & MAYO, J.; 2006. Effects of thinning young forests on chanterelle mushroom production. *J. Forest.* 104(1): 9-14.
- PILZ, D.; NORVELL, L.; DANELL, E. & MOLINA, R.; 2003. *Ecology and management of commercially harvested chanterelle mushrooms*. USDA Forest Service - General Technical Report PNW (576): 1-83.
- PINNA, S.; GÉVRY, M.F.; CÔTÉ, M. & SIROIS, L.; 2010 Factors influencing fructification phenology of edible mushrooms in a boreal mixed forest of Eastern Canada. *Forest Ecol. Manage.* 260: 294-301.
- REYNA, S.; 2007. *Truficultura. Fundamentos y Técnicas*. Mundi-Prensa, Madrid.
- ROMERO, C.; 1991. *Handbook of Critical Issues in Goal Programming*. Pergamon Press. Oxford.
- ROWE, R.F.; 1997. The commercial harvesting of wild edible mushrooms in the Pacific Northwest Region of the United States. *Mycologist* 11: 10-15.
- SCHLOSSER, W.E. & BLATNER, K.A.; 1995. The wild edible mushroom industry of Washington, Oregon and Idaho: a 1992 survey. *J. Forestry* 93(3): 31-36.
- SECCO, L.; PETENELLA, D. & MASO, D.; 2009. Net-system' models versus traditional models in nwfp marketing: the case of mushrooms. *Small-Scale Forestry* 8: 349-365.
- SHAW, P.J.A.; KIBBY, G. & MAYES, J.; 2003. Effects of thinning treatment on an ectomycorrhizal succession under Scots pine. *Mycol. Res.* 107: 317-328.
- SITTA, M. & FLORIANI, M.; 2008. Nationalization and globalization trends in the wild mushroom commerce of Italy with emphasis on porcini (*Boletus edulis* and allied species). *Econ. Bot.* 62: 307-322.
- STARBUCK, C.M.; ALEXANDER, S.J.; BERRENS, R.P. & BOHARA, A.K.; 2004. Valuing special forest products harvesting: A two-step travel cost recreation demand analysis. *J. Forest Econ.* 10: 37-53.
- STRAATSMA, G.; AYER, F. & EGLI, S.; 2001. Species richness, abundance, and phenology of fungal fruit bodies over 21 years in a Swiss forest plot. *Mycol. Res.* 105: 515-522.
- TE VELDE, D.W.; RUSHTON, J.; SCHRECKENBERG, K.; MARSHALL, E.; EDOUARD, F.; NEWTON, A. & ARANCIBIA, E.; 2006. Entrepreneurship in value chains of non-timber forest products. *Forest Policy Econ.* 8: 725-741.
- TURTIAINEN, M.; SAASTAMOINEN, O.; KANGAS, K. & VAARA, M.; 2012. Picking of Wild Edible Mushrooms in Finland in 1997-1999 and 2011. *Silva Fenn.* 46: 569-581.
- VAARA, M.; SAASTAMOINEN, O. & TURTIAINEN, M.; 2013. Changes in wild berry picking in Finland between 1997 and 2011. *Scand. J. Forest Res.* (en prensa)
- VOCES, R.; DIAZ-BALTEIRO, L. & ALFRANCA, O.; 2012. Demand for wild edible mushrooms. The case of *Lactarius deliciosus* in Barcelona (Spain). *J. Forest Econ.* 18: 47-60.
- YANG, X.; HE, J., LI, C.; MA, J.; YANG, Y. & XU, J.; 2008. Matsutake trade in Yunnan province, China: An overview. *Econ. Bot.* 62: 269-277.
- YUN, W.; HALL, I.R. & EVANS, L.A.; 1997. Ectomycorrhizal fungi with edible fruiting bodies 1. *Tricholoma matsutake* and related fungi. *Econ. Bot.* 51: 311-327.
- ZELLNER, A.; 1962. An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and test for aggregation bias. *J. Am. Stat. Assoc.* 58: 348-368.