



LOCALIZACIÓN MEDIANTE SIG DE ZONAS POTENCIALMENTE TRUFERAS EN LA PROVINCIA DE LEÓN

Mapping of suitable areas for black truffle production in León
(Spain) using gis

José Ramón Rodríguez-Pérez, Carmen Acedo Casado, Miguel Marabel García
y María Flor Álvarez Taboada

Recibido 11/12/2006; aceptado el 16/03/2007

Resumen. *La trufa negra (Tuber melanosporum) es un hongo que forma una asociación mutualista con determinadas especies hospedadoras que determina beneficios para ambos, disponibilizando carbohidratos para el hongo y mejorando la nutrición del hospedador mediante un aumento en la absorción de elementos químicos del suelo. La aptitud del terreno para la producción trufera viene determinada por sus condiciones geológicas, edafológicas (textura y composición química), climáticas (precipitación y temperatura), geográficas (altitud y orientación), y bióticas (vegetación y organismos competidores). Se ha generado un modelo que incluye todas estas variables y se ha implementado un Sistema de Información Geográfica que ha permitido zonificar el territorio de la provincia de León con el fin de determinar posibles zonas truferas.*

Palabras clave: *Trufa negra, Tuber melanosporum, zonificación, SIG.*

Abstract. *The black truffle (Tuber melanosporum) is the carpophore of a mushroom living associated with some forestry species in a mutuality relationship in which both partners has important benefits. The truffle obtains carbohydrates (photosyntates) from the plant, which has a best nutrition by increasing the mineral nutrition and implemented the water relations. The vocation of a place to allow the development of the black truffle depends of geologic, edaphologic (texture and chemical composition), climatic (precipitation and temperature), geographic (altitude and exposition), and biotic (vegetation and competitive organisms) features. According that and, using related available information, a model implemented with a Geographic Information System (GIS) was generated, allowing us the zonification of the Leon province to simplify the location of potential truffle zones.*

Key Words: *Black truffle, Tuber melanosporum, zonification, GIS.*

CENTRO DE TRABAJO
Escuela Superior y Técnica de Ingeniería Agraria (ESTIA). Universidad de León.
AUTOR DE CONTACTO:
José Ramón Rodríguez Pérez.
ESTIA. Universidad de León.
Avda. de Astorga s/n. 24400. Ponferrada. León.
Tel: +34 987 442 022 Fax: +34 987 442 070
E-mail: jr.rodriguez@unileon.es

José Ramón Rodríguez Pérez, Carmen Acedo Casado, Miguel Marabel García y María Flor Álvarez Taboada.

1. INTRODUCCIÓN

Taxonómicamente las trufas se incluyen en el género *Tuber*, el cual pertenece a la subdivisión Ascomycotina. Entre las diversas especies del género, unas 40, destacan cuatro por su aspecto comercial: *Tuber melanosporum*, la trufa negra, *Tuber brumale*, o trufa magenca; *Tuber aestivum*, o trufa de verano y *Tuber magnatum*, o trufa blanca, originaria de Italia y muy apreciada.

La trufa negra tiene un peridio globoso irregular y compacto, cubierta de verrugas piramidales de 3-5 mm de altura. El interior (gleba) es blanquecino en los estadios juveniles, volviéndose más oscuro y con venas blancas al madurar (Llamas y Terrón, 2003)

Vive asociado a las raíces de árboles o arbustos como los avellanos, las encinas, los robles, las jaras o los pinos entre otros. Se trata de un hongo de hábito hipógeo (cuyo carpóforo se desarrolla enterrado) muy oloroso con el fin de que ciertos animales las descubran y, al comérselas, dispersen las esporas. El aroma también es muy apreciado por los humanos y reconocido por los perros, los cuales pueden ser educados para recolectarlas.

1.1 Condicionantes ambientales

Los dos factores ambientales que condicionan sobremanera la posibilidad del desarrollo de la trufa son el clima y el suelo.

La trufa puede desarrollarse de forma natural en zonas de clima mediterráneo, con sequía estival y con una precipitación media anual que supere los 600-900 mm/año (Sáez y de Miguel, 1995) o 500-900 mm/año (Reyna, 2000). La distribución de la precipitación a lo largo del año es otro factor importante observándose los mejores resultados en los años con lluvias de primavera de más de 50 mm y 100 mm entre julio y agosto (Álvarez, 2004), aunque de forma natural se desarrolla en las áreas de sequía estival.

En cuanto a los suelos, el desarrollo de la trufa se ve favorecido en los de textura franca y bien estructurada, que eviten la acumulación excesiva de humedad y permiten la aireación. La profundidad no es un factor muy limitante puesto que puede desarrollarse en suelos con una profundidad mínima de 0.10 m.

Ahora bien, la composición química es la que va a determinar la presencia o no del hongo de forma natural, puesto que sólo puede desarrollarse en suelos calizos con un pH óptimo entre 7.5 y 8.5 (Reyna, 2000).

Las altitudes a las que se han identificado árboles micorrizados son muy variables, variando entre 300-1500m. La orientación condiciona factores como la insolación, la cantidad de agua del suelo y el desarrollo de algunas especies hospedadoras, de tal manera que en la Península Ibérica las zonas de solana favorecen el desarrollo del hongo (Reyna,

2000), si bien en la zona sur la umbría favorece al hongo por la conservación de la humedad estival. Reyna (2000) señala que no es muy normal encontrar árboles truferos en zonas completamente llanas (con drenaje deficiente) ni en vaguadas, por tanto la topografía también es otro factor a tener en cuenta.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Material

La base fundamental para la realización del trabajo ha sido cartografía en diversos formatos y escalas. A continuación se describe la cartografía así como el soporte informático empleado en el estudio.

2.1.1 Cartografía digital

Modelo Digital de Elevaciones (MDE). Esta cartografía fue facilitada por el Centro de Información Territorial (CIT) de la Junta de Castilla y León. Se trata de información en formato raster (GRID), con un tamaño de pixel de 25x25m, proyectado en coordenadas UTM (Huso 30; ED 1950). De este mapa se derivan el mapa de altitudes (MAL), mapa de orientaciones (MOR) y el mapa de pendientes (MPE).

Mapa de Síntesis Geológica (MSG) a escala 1:100000. Es una cartografía elaborada a partir de la información del MAGNA (1:50000), previa formación de columnas litoestratigráficas para cada uno de los sectores geoambientales, y columnas de rocas ígneas y metamórficas. Estos datos se complementaron con el mapa geológico y minero de Castilla y León (Jiménez, 1997).

Mapa de usos del suelo (MUS) a escala 1:50.000. Este mapa fue elaborado como parte del trabajo para el Análisis del Medio Físico de Castilla y León, mediante fotointerpretación de fotografía aérea, así como de la cartografía de usos y aprovechamientos ya existente procedente del proyecto CORINE Land Cover (CLC) que tiene como objetivo fundamental la captura de datos de tipo numérico y geográfico para la creación de una base de datos europea a escala 1:100000 sobre la Ocupación del suelo. El CIT aportó las 40 hojas (nomenclatura idéntica a las del Mapa Topográfico Nacional) y a partir de ellas se elaboró un único mapa proyectado en UTM.

Mapa Forestal de España (MFE) de la provincia de León (OAPN, 2003). El MFE50 es la cartografía de la situación actual de las masas forestales, realizada desde el Banco de Datos de la Biodiversidad (DGB), siguiendo un modelo conceptual de usos del suelo desarrollados en las clases forestales a escala 1:50000. La información alfanumérica se compone de un total de diecisiete campos descriptores de la ecología y estructura de las masas que ha servido para identificar las teselas con especies susceptibles de hospedar al hongo.

Mapa de suelos (MS) de la provincia de León. Este mapa se derivó Sistema Español de Información de Suelos sobre Internet: SEIS.net (De la Rosa, 2000). Se mantiene también la leyenda que corresponde a la clasificación natural de los suelos de acuerdo con la Soil Taxonomy, en el ámbito de Grandes Grupos (USDA, 1987).

Mapas climáticos. Esta información se obtuvo del Atlas Climático Digital de la Península Ibérica (Ninyerola et al., 2005). A partir de esta fuente se generaron los mapas de temperatura media anual (MTM), precipitación media anual (MPM) y precipitación de verano (MPV) para la provincia de León.

Además también se utilizó otra cartografía para la georreferenciación de mapas escaneados y presentación final de resultados. Estas capas de información también fueron facilitadas por el CIT, en formato vectorial y proyectadas en el mismo sistema cartográfico que el MDE. Estos mapas recogen información planimétrica como hidrografía, límite provincial, infraestructuras, núcleos urbanos, etc.

2.1.2 Cartografía analógica

La cartografía de ombrotipos, termotipos y series de vegetación procede del Atlas del medio natural de la provincia de León (Gallego et al., 1995). Esta cartografía fue digitalizada mediante tablero obteniendo el mapa de series de vegetación (MSV) o en pantalla obteniendo los mapas de ombrotipos (MO) y termotipos (MT). Para ambos sistemas de digitalización se hizo una georreferenciación, proyectando al sistema ED1950 (UTM, Huso 30).

Una serie de vegetación se puede definir como la unidad sucesionista y paisajística que trata de expresar todo el conjunto de comunidades vegetales que pueden hallarse en unos espacios teselares afines como resultado del proceso de la sucesión, lo que incluye, tanto los tipos de vegetación representativos de la etapa madura del ecosistema vegetal, como las comunidades iniciales o subseriales que las reemplazan (Gallego et al., 1995). Por tanto, al MSV se le ha dado gran relevante puesto que sintetiza importantes aspectos ecológicos.

Asimismo se utilizaron otros mapas para la obtención de información general de la provincia de León (Mapa topográfico Nacional MTN25, mapas de suelos, usos y aprovechamientos, etc.) que sirvieron para validar algunos de los datos de la cartografía digital.

2.1.3 Software SIG

Todo el proceso de generación de las bases de datos y mapas, así como la organización de los datos, análisis de la información y presentación de los resultados, se ha realizado con el software ArcGIS (ESRI).

2.2 Metodología

En la primera fase del trabajo se definió el modelo conceptual para estimar la aptitud potencial del territorio (Borderías y Santos, 2002) para la producción de trufa. Los criterios o variables para evaluar el territorio se dividieron en restricciones (criterios limitantes) y factores (criterios de ponderación).

Las restricciones permiten identificar las áreas con serias limitaciones para el desarrollo del hongo y las que se han considerado en el modelo son fundamentalmente de tipo edáfico. Los factores o criterios de ponderación que se consideraron fueron de tipo climático, topográfico, además de la presencia o no de alguna especie susceptible de ser micorrizada por el hongo.

Una vez definidas las restricciones y factores, se organizó la cartografía obteniendo los mapas temáticos especificados (MAL, MOR, MPE, MSG, MUS, MFE, MS, MTM, MPM, MPV, MO, MT) para la provincia de León en formato digital. Estos mapas temáticos fueron convertidos al formato raster utilizando los coeficientes de valoración que se especifican más adelante (Tablas 1, 2, 3).

Las operaciones de análisis espacial, para la integración de los mapas temáticos, se realizaron mediante superposición utilizando como operador la suma: así cada píxel del mapa resultante será la suma de los coeficientes de los mapas superpuestos, asignados a esa posición. Posteriormente se reclasifican los rangos de valores obtenidos y se asimilan a valores cualitativos.

Siguiendo el procedimiento expuesto se generaron los mapas de limitaciones edáficas (restricciones), de factores climáticos y topográficos y de especies hospedadoras potenciales, y el mapa de zonificación que sintetiza los anteriores.

TABLA 1. Coeficientes de valoración de las restricciones edáficas

Mapa	Criterio	Coefficiente
Series de vegetación (MSV)	Serie basófila	10
	Serie acidófila	0
Geología (MSG)	Rocas calizas	10
	Rocas con pH ácido	0
	Otras rocas y mezclas	5
Suelos (MS)	Suelos calcáreos	10
	Suelos ácidos	0
	Suelos de pH neutro o mezcla	5

Fte. Elaboración propia

2.2.1 Identificación de las áreas con limitaciones edáficas

El desarrollo de la trufa no es posible en suelos ácidos por lo que lo hemos considerado limitante para su desarro-

José Ramón Rodríguez Pérez, Carmen Acedo Casado, Miguel Marabel García y María Flor Álvarez Taboada.

llo. La identificación de las zonas ácidas se realizó de forma indirecta puesto que no existe un mapa que permita evaluar con precisión el pH del suelo o bien un mapa de suelos con una leyenda que diferencie claramente los suelos originados sobre rocas calizas, de los de carácter ácido o los formados a partir de otros tipos de roca madre.

Para evaluar las limitaciones edáficas se combinó la información de tres mapas y fuentes diferentes: mapa de series de vegetación (MSV), mapa de síntesis geología (MSG) y mapa de suelos (MS). Los coeficientes asignados a cada clase varían entre 10 y 0, dependiendo de que su mayor o menor aptitud para la micorrización de la trufa (son los especificados en la Tabla 1).

A partir del mapa de series de vegetación, se han diferenciado las series climatófilas y edafófilas y las acidófilas y basófilas, identificando así áreas que potencialmente pueden presentar (o no) limitaciones edáficas para la trufa.

Estudiando la leyenda del mapa de geología se separaron las rocas de carácter básico (principalmente calizas, margas y dolomías) y las de carácter ácido. Existen recintos que presentan características intermedias en cuanto que incluyen rocas de ambos tipos, sin ningún predominio claro.

El mapa de suelos permite diferenciar cada recinto a nivel de grupo por lo cual se identificaron algunos de los suelos calcáreos y los de marcado carácter ácido. Sin embargo la leyenda no permite identificar si determinados grupos tienen carácter ácido o básico.

Así se clasificó la provincia en tres tipos de suelo: apto cuando en un área coinciden series de vegetación basófila, rocas básicas y suelo calcáreo; no apto cuando concurren serie de vegetación acidófila, rocas de carácter ácido y suelo con pH por debajo de 7; y limitado cuando ocurre cualquiera de las otras posibilidades.

2.2.2 Valoración del clima y la topografía

Una vez hecha la valoración del medio edáfico, se generó un mapa que engloba los factores climáticos y topográficos que condicionan el desarrollo del hongo. Estos factores se han dividido en intervalos y a cada intervalo se le ha asignado un valor entre 10 (óptimo) y 1 (menos favorable).

La temperatura del área de distribución natural de la trufa en España presenta un amplio rango de variación identificando como valor más favorable la temperatura media anual de 13.8 °C (Álvarez, 2004). A partir de este valor y con las recomendaciones de Reyna (2000) se han identificado siete intervalos de temperatura valorados entre 1 y 10 (Tabla 2).

La valoración de la precipitación también se ha realizado a partir de estudios climáticos del área de distribución natural, estableciendo el óptimo en el rango de precipitación media anual de 700-900 mm. También se ha considerado la precipitación de verano (junio, julio y agosto) puesto que a finales de verano y principios de otoño es cuando más se des-

arrolla el micelio del hongo; se estableció 100-200 mm como mejor rango de precipitación de verano (Tabla 2).

Para la valoración de la altitud se ha aplicado la corrección por latitud propuesta por Reyna (2000), que identifica como valores idóneos 400-800 m y 200-600, para latitudes inferiores y superiores a 42°, respectivamente.

La exposición es un factor que interviene de forma indirecta (condiciona temperatura, humedad, insolación, etc.) en el desarrollo del hongo y del hospedador. En el modelo se ha favorecido a las áreas de solana (orientaciones de noreste al oeste) frente a las orientaciones de umbría (orientaciones del oeste al noreste).

La pendiente del terreno también es otro factor limitante puesto que pendientes muy elevadas dificultan el normal

TABLA 2. Coeficientes de valoración de los factores climáticos y topográficos

Factor / Mapa	Intervalo	Coefficiente
Temperatura media anual (°C) MTM	7-9	1
	9-10	7
	10-11	9
	11-15	10
	15-16	9
	16-17	7
	17-19	1
Precipitación media anual (mm) MPM	<400	1
	400-500	7
	500-700	9
	700-900	10
	900-1200	5
	1200<	1
Precipitación media estival (junio, julio y agosto) (mm) MPV	<50	1
	50-100	8
	100-200	10
	200<	1
Altitud (m) y latitud <42° MAL	< 200	2
	200-400	7
	400-800	10
	800-1000	7
	1000 <	2
Altitud (m) y latitud > 42° MAL	200-600	10
	600-800	7
	800 <	2
Orientación MOR	solana	10
	umbría	6
Pendiente (%) MPE	<2%	9
	2-12	10
	12%<	9

Fte. Elaboración propia a partir de Álvarez (2004) y Reyna (2000)

desarrollo de los hospedadores y las pendientes nulas dificultan el drenaje del suelo impidiendo el crecimiento del hongo. También se ha utilizado la valoración propuesta por Reyna (2000).

Los coeficientes de valoración de la Tabla 2 se asignaron a los mapas temáticos indicados y se combinaron mediante superposición utilizando como operador la suma.

2.2.3 Especies hospedadoras potenciales

El otro aspecto clave para la identificación de las posibles zonas trufas es la existencia de especies susceptibles de ser micorrizadas por el hongo. Teniendo en cuenta el mapa Forestal de España (MFE) de la provincia de León (OAPN, 2003), se localizaron geográficamente las especies hospedadoras potenciales: *Betula celtiberica*, *Castanea sativa*, *Corylus avellana*, *Fagus sylvatica*, *Juniperus thurifera*, *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris*, *Quercus faginea*, *Quercus rotundifolia*, *Quercus petraea*, *Quercus robur*, *Tilia platyphyllos*, entre otras.

TABLA 3. Coeficientes de valoración de la vegetación

Campo "especie principal"	Campo "especie secundaria"	Coefficiente
Especie micorrizable	Especie micorrizable	15
Especie micorrizable	Especie no micorrizable	10
Especie no micorrizable	Especie micorrizable	5
Especie no micorrizable	Especie no micorrizable	0

Fte. Elaboración propia

En la base de datos del MFE se diferencian dos campos que identifican para cada tesela la especie principal y la secundaria. En el modelo propuesto se ha valorado cada tesela por la presencia (o no) de alguna especie micorrizable como principal y/o secundaria (Tabla 3).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Identificación de las áreas con limitaciones edáficas

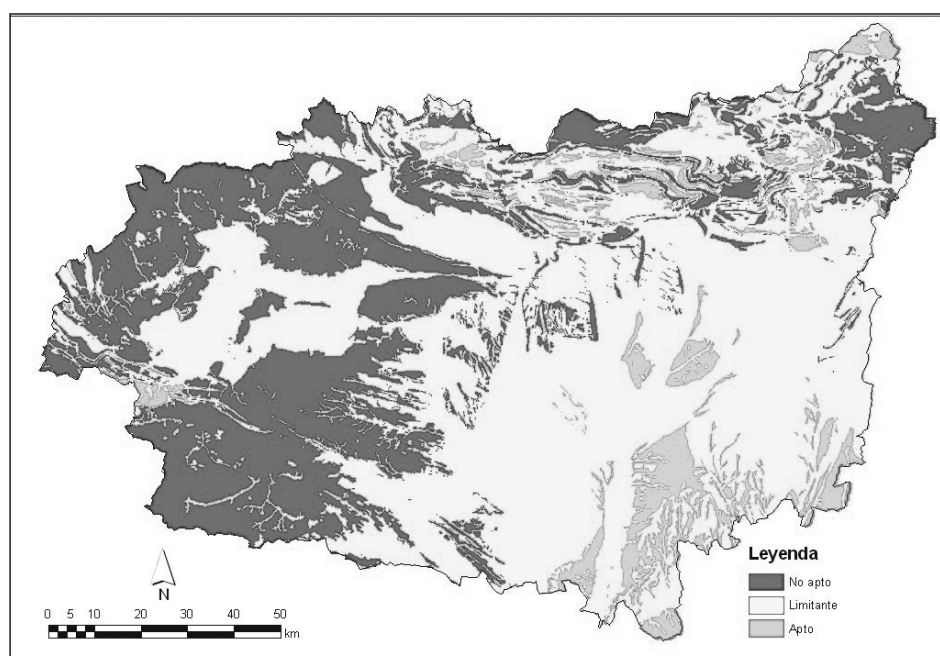
Como era de esperar, la mayor parte del territorio es calificado como «Limitante» (9453 km²) o «No apto» (5129 km²) para la trufa, puesto que en la provincia de León predominan los suelos de carácter ácido (Tabla 4). Las zonas aptas se localizan en el sureste de la provincia, al sur del Bierzo (sureste) y franjas dispersas en la parte norte. Es estas áreas predominan los suelos calcáreos y la vegetación es acidófila y en total ocupan el 6% de la superficie.

TABLA 4. Estimación de la superficie con limitaciones edáficas

Clase	Puntuación	Superficie	
		km ²	%
No apto	0-10	5129	33
Con limitaciones	15-20	9453	61
Apto	25-30	999	6
Total		15581	100

Fte. Elaboración propia a partir de MSV (Gallego et al., 1995) MSG (Jiménez, 1997) y MS (De la Rosa, 2000)

FIGURA 1. Identificación de zonas con limitaciones edáficas (MLE)



Fte. Elaboración propia a partir de MSV (Gallego, 1995), MSG (Jiménez, 1997) y MS (De la Rosa, 2000)

José Ramón Rodríguez Pérez, Carmen Acedo Casado, Miguel Marabel García y María Flor Álvarez Taboada.

En la Figura 1, mapa de limitaciones edáficas (MLE), se puede apreciar que el mapa de series de vegetación es el que más condiciona la zonificación propuesta. Esto está plenamente justificado puesto que las series de vegetación representan de forma conjunta la vegetación y el medio en el que esta se desarrolla.

3.2 Valoración del clima y la topografía

Considerando de forma conjunta los factores climáticos y topográficos, el 29 % de la provincia es potencialmente favorable para el desarrollo de la trufa, el 33 % presenta limitaciones y un 38 % se puede considerar como desfavorable.

En la Figura 2 se representa el mapa que sintetiza los factores climáticos y topográficos (MCT). Destaca el gran efecto del relieve sobre el resultado final, puesto que los mapas climáticos (MTM, MPM y MAL) han sido obtenidos interpolando datos puntuales (de estaciones climatológicas) mediante algoritmos en los que se integra la altitud (mediante el MDE).

TABLA 5. Estimación de superficies según potencial climático y topográfico

Clase	Puntuación	Superficie	
		km ²	%
Desfavorable	20-40	5800	38
Limitado	40-50	5110	33
Favorable	50-60	4671	29
Total		15581	100

Fte. Elaboración propia a partir de MDE, MTM, MPM y MAL (Ninyerola et al., 2005)

Las áreas con mayor potencial se localizan en una amplia zona del sureste de la provincia y en la Hoya del Bierzo (suroeste). Se trata de zonas con escasa pendiente, con temperaturas medias anuales superiores a 12 °C y con una pluviometría suficiente para el desarrollo de la trufa. Las zonas clasificadas como desfavorables se localizan en los macizos montañosos del norte y en todo el área montañosa que rodea la comarca del Bierzo.

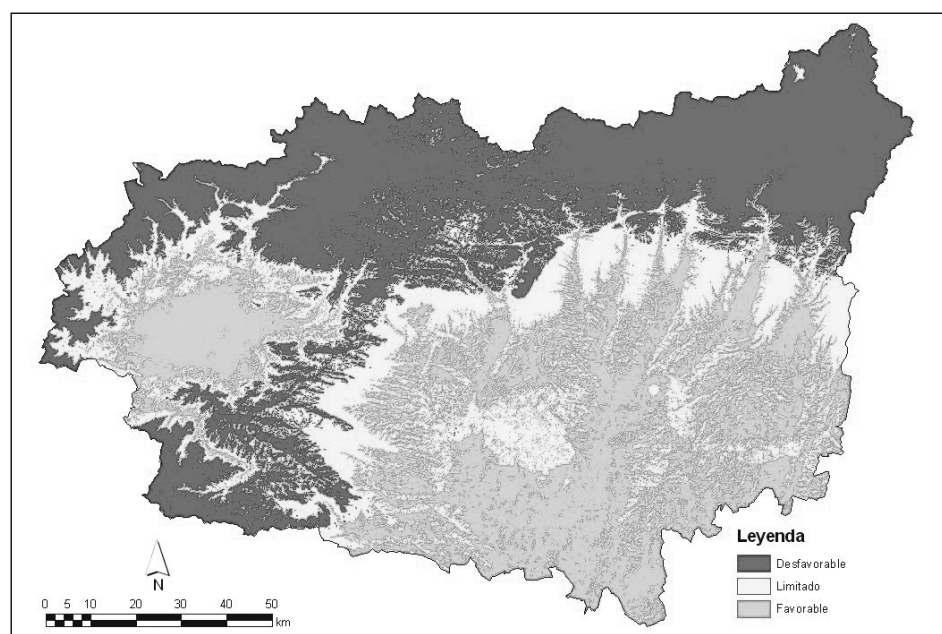
3.3 Especies hospedadoras potenciales

Aplicando los coeficientes indicados en la Tabla 3 al mapa MFE (AOPN, 2003) se obtienen los resultados cuantitativos de la Tabla 6.

La mayor parte de las teselas están ocupadas por especies que no pueden hospedar al hongo (84%). En el 16 % restante predominan las especies potencialmente micorrizables: en 1320 km² como especie principal, en 915 km² como especie secundaria y en 566 km² como especies principal y secundaria.

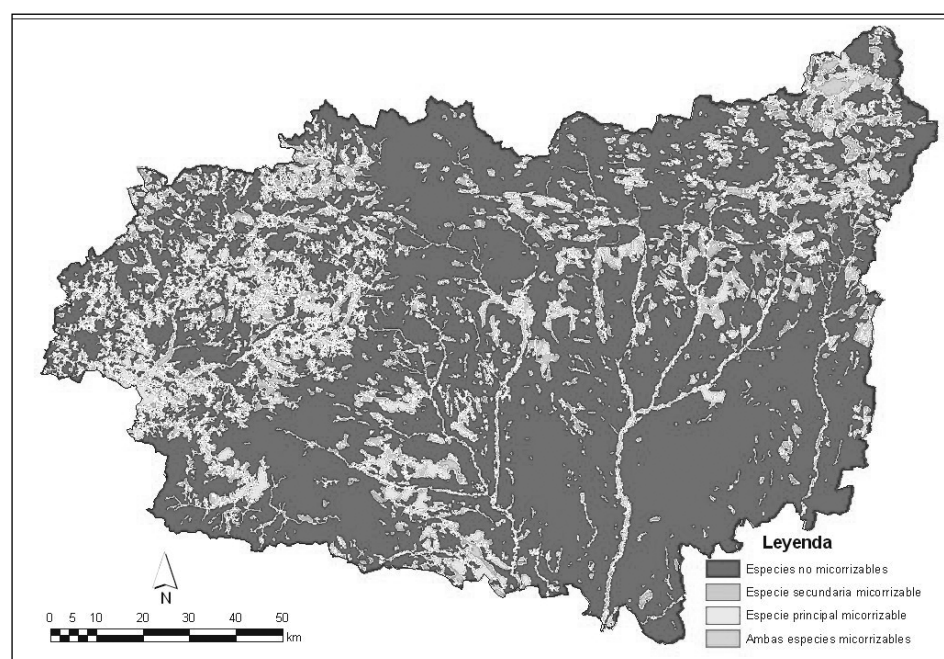
En el mapa de especies hospedadoras potenciales (MEH) puede observarse que éstas se reparten por toda la provincia (Figura 3): en la parte noreste predominan *Fagus sylvatica*, *Quercus petraea* y *Corylus avellana*; en la franja sur y oeste la especie más importante es *Quercus rotundifolia*, aunque existen amplios rodales de otras especies de *Quercus*. Siguiendo el curso de los ríos, aunque las condiciones climáticas lo permitieran no hay especies micorrizables, pues destacan por su abundancia las de los géneros *Populus* y *Salix* que no son compatibles con *Tuber*, por su diferente estatus micorrícico y por las condiciones en las que viven.

FIGURA 2. Zonificación de la superficie según potencial climático y topográfico (MCT)



Fte. Elaboración propia a partir de MDE, MTM y MPM (Ninyerola, 2005)

FIGURA 3. Especies hospedadoras potenciales (MEH)



Fte. Elaboración propia a partir de MFE (OAPN, 2003)

TABLA 6. Especies hospedadoras potenciales

Clase	Puntuación	Superficie	
		km ²	%
Especies principal y secundaria no micorrizables	0	12780	84
Especie secundaria micorrizable	5	915	5
Especie principal micorrizable	15	1320	8
Especies principal y secundaria micorrizables	20	566	3
Total		15581	100

Fte. Elaboración propia a partir de MFE (OAPN, 2003)

3.4 Localización y zonificación de zonas truferas

Superponiendo los mapas obtenidos se han localizado las áreas potencialmente productoras de trufa así como su capacidad de productiva. Para la superposición de los mapas se ha utilizado la expresión:

$$MZT = (1000 * MLE) + (100 * MCT) + (MEH) \quad \text{ec.1}$$

Así se ha obtenido el mapa de zonificación de áreas potenciales de trufa (MZT). Los valores del MZT sintetizan los mapas anteriores y permiten reconocer las características para cada tesela de 25*25 m: las decenas hacen referencia a la especie micorrizable, las centenas al potencial por clima y topografía y los millares se refieren a los limitantes edáficos.

Por ejemplo el valor numérico 2310 indica que en ese píxel la especie principal es micorrizable (10), las condiciones climáticas y topográficas son favorables (3) y las condiciones edáficas son aptas (2). En la Tabla 7 se recogen todos los valores posibles, su interpretación y la extensión que ocupa cada clase del mapa de zonificación de áreas potenciales de trufa.

Por tanto, la mayor parte de la superficie es calificada como «excluida», por limitaciones edáficas o por la no existencia de especie micorrizable. Solamente 20 km² presentan un medio edáfico «apto», están situadas en una zona con potencial climático y topográfico «favorable» y hay «especies potencialmente micorrizables»; 27 km² cuentan con especies adecuadas pero limitaciones topográficas o climáticas; 46 km² tienen medio edáfico apto, especies micorrizables y las condiciones climáticas y topográficas no son muy favorables.

4. CONCLUSIONES

Este trabajo ha servido para localizar mediante SIG zonas potencialmente truferas y la metodología descrita se puede extrapolar a otras áreas de estudio. Para la verificación de los resultados es imprescindible realizar estudios más exhaustivos centrados en las áreas identificadas. Por tanto se propone un método de trabajo que facilita la identificación de posibles áreas truferas y la planificación de los trabajos posteriores para la puesta en explotación de éstas zonas.

El uso de toda la información compilada a partir de los mapas temáticos ha puesto de manifiesto que la potenciali-

José Ramón Rodríguez Pérez, Carmen Acedo Casado, Miguel Marabel García y María Flor Álvarez Taboada.

TABLA 7. Codificación numérica del MZT y superficies que abarca cada clase

Código mapa	Limitaciones edáficas	Potencial por clima y topografía	Especies hospedadoras potenciales	Superficie (km ²)
0	No apto	Cualquiera	Sin especie micorrizable	13866
1105	Limitante	Desfavorable	Especie secundaria micorrizable	137
1110	Limitante	Desfavorable	Especie principal micorrizable	174
1115	Limitante	Desfavorable	Ambas especies micorrizables	119
1205	Limitante	Limitado	Especie secundaria micorrizable	267
1210	Limitante	Limitado	Especie principal micorrizable	334
1215	Limitante	Limitado	Ambas especies micorrizables	70
1305	Limitante	Favorable	Especie secundaria micorrizable	102
1310	Limitante	Favorable	Especie principal micorrizable	290
1315	Limitante	Limitado	Ambas especies micorrizables	129
2105	Apto	Desfavorable	Especie secundaria micorrizable	6
2110	Apto	Desfavorable	Especie principal micorrizable	28
2115	Apto	Desfavorable	Ambas especies micorrizables	12
2205	Apto	Limitado	Especie secundaria micorrizable	2
2210	Apto	Limitado	Especie principal micorrizable	20
2215	Apto	Limitado	Ambas especies micorrizables	5
2305	Apto	Favorable	Especie secundaria micorrizable	2
2310	Apto	Favorable	Especie principal micorrizable	15
2315	Apto	Favorable	Ambas especies micorrizables	3

Fte. Elaboración propia

dad de la provincia de León para la producción de trufa es escasa, si bien el método de trabajo (suma de aptitudes en cada cuadrícula) determina que algunas posiciones alcancen el valor mínimo que permite considerarlas aptas.

Los factores analizados independientemente resultan en la alta aptitud positiva de determinadas zonas, en función de ese parámetro, lo que no lleva implícita la aptitud final para el posible desarrollo de *Tuber melanosporum*, para quien todos los factores que se han considerado resultan limitantes independientemente y no pueden compensarse unos con otros (aunque se corrigiera en algunos casos).

Del análisis separado de cada uno de los factores limitantes, se podrían eliminar ya zonas de aptitud nula, por la inadecuación de uno solo de los factores (que no se compensan entre sí), si bien es cierto que en el caso de cultivo situaciones como la escasa precipitación de verano, o incluso una elevada acidez podrían enmendarse mediante riego o adición de cal respectivamente.

Aunque para objetivar el método, en todas las zonas que reúnen una serie de condiciones, resultan potencialmente aptas, hay que tener en cuenta que en determinadas condiciones *Tuber melanosporum* no puede vivir, por lo que se deben descartar del mapa final de aptitud potencial del terreno, todas las zonas en las que no pueda vivir una especie hospedadora, o aquellas que cuenten con alguna particularidad edáfica o climática inadecuada.

A pesar de que la aptitud global de la provincia de León resulte escasa para la producción de trufa, no cabe duda de la bondad de la metodología que podría extrapolarse a cualquier otra área de estudio, pero sería conveniente, a pesar de que nuestros resultados se aproximan a los esperados, testar la aptitud global del territorio mediante otros métodos que identifiquen zonas de alta similitud o probabilísticamente adecuadas, obtenidas a partir de los factores ecológicos de estaciones en las que se desarrolle la trufa de forma natural.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ AVELLO, S. (2004). *Evaluación de la potencialidad de establecimiento de Tuber melanosporum (Vitt.) en Chile. Caso de María Pinto, Región Metropolitana*. (http://www.puc.cl/agronomia/d_investigacion/Proyectos/ProyectosTitulos/pdf/CienciasForestales/SandraAlvarezA.pdf). Acceso el 28 de abril de 2006.
- BORDERÍAS URIBEONDO, M.P. y SANTOS PRECIADO, J.M. (2002). *Introducción al análisis medioambiental de un territorio*. Madrid, Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- DE LA ROSA, D. (Coord.). (2000). *WWW MicroLEIS system. Integrated system for land datatransfer and agro-ecological land evaluation* (<http://leu.irmase.csic.es>). Acceso el 2 de mayo de 2006.
- GALLEGO VALCARCE, E., ALONSO HERRERO, E. y PENAS MERINO, A. (1995): *Atlas del medio natural de la provincia de León*. Madrid, IGME.
- JIMÉNEZ BENAYOS, S. Coord. (1997). *Mapa geológico y minero de Castilla y León*. Valladolid, Sociedad de Investigación y Explotación Minera de Castilla y León (SIEMCLASA).

LOCALIZACIÓN MEDIANTE SIG DE ZONAS POTENCIALMENTE TRUFERAS EN LA PROVINCIA DE LEÓN

- LLAMAS FRADE, B. y TERRÓN ALFONSO, A. Coords. (2003): *Atlas Fotográfico de los Hongos de la Península Ibérica*. León, Celarayn.
- NINYEROLA M, PONS X y ROURE JM. 2005. Atlas Climático Digital de la Península Ibérica. Metodología y aplicaciones en bioclimatología y geobotánica. Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra (<http://www.opengis.uab.es/wms/iberia/index.htm>). Acceso el 18 de mayo de 2006.
- REYNA DOMÉNECH, S. (2000). *La trufa, truficultura y selvicultura trufera*. Madrid, Mundi-Prensa.
- OAPN: Organismo Autónomo Parques Nacionales (2003). *Mapa forestal de España. Provincia de León*. Madrid. OAPN.
- SÁEZ GARCÍA, R. y DE MIGUEL VELASCO, A.M. (1995). *Guía práctica de truficultura*. Pamplona, I.T.G. Agrícola S.A. y Universidad de Navarra.
- USDA (1987). *Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. Washington, DC USDA Handbook.

SIGLAS Y ABREVIATURAS UTILIZADAS EN LA REDACCIÓN DEL ARTÍCULO (POR ORDEN DE APARICIÓN EN EL TEXTO)

MDE: Modelo Digital de Elevaciones
CIT: Centro de Información Territorial

MAL: Mapa de altitudes
MOR: Mapa de orientaciones
MPE: Mapa de pendientes
MSG: Mapa de Síntesis Geológica
MUS: Mapa de usos del suelo
CLC: CORINE Land Cover
MFE: Mapa Forestal de España
DGB: Banco de Datos de la Biodiversidad
MS: Mapa de suelos
MTM: Mapa de temperatura media anual
MPM: Mapa de precipitación media anual
MPV: Mapa de precipitación de verano
MSV: Mapa de series de vegetación
MO: Mapa de ombrotipos
MT: Mapa de termotipos
MLE: Mapa de limitaciones edáficas
MCT: Mapa de factores climáticos y topográficos
MEH: Mapa de especies hospedadoras potenciales
MZT: Mapa de zonificación de áreas potenciales de trufa