



Aptitud climática para la producción de trufa negra (*Tuber melanosporum*) en Argentina

Alvaro Manuel Lamas^(*) y Silvina Maio¹

¹Facultad de Agronomía da Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453, C1417DSE CABA, Argentina.

E-mails: lamas@agro.uba.ar y smaio@agro.uba.ar

(*)Autor corresponsal.

INFORMACIÓN

Historia del artículo:

Recibido el 8 de noviembre de 2019

Aceptado el 24 de marzo de 2020

Palabras clave:

bioclima

caracterización

zonificación

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es determinar las zonas climáticamente aptas para la producción de trufa negra (*Tuber melanosporum*). Si bien en Argentina su cultivo es incipiente tiene una gran potencial productivo, debido a la amplia oferta ambiental del país y por la posibilidad de producir a contra estación de los principales mercados del hemisferio Norte, lo que permitiría una excelente oportunidad comercial. Tanto las prácticas productivas como los criterios de plantación están basados en la experiencia de cultivos de España, sin considerar las condiciones climáticas locales. La importancia de este estudio está dada en determinar patrones climáticos que faciliten la toma de decisiones a partir de zonas aptas para su cultivo. Se consideró los rangos de valores de temperatura media anual, temperatura media de enero y las precipitaciones medias anuales, de aquellos lugares de distribución natural que corresponden al suroeste de Europa, centro y norte de Italia, sur de Francia y este de España. Como resultado se obtuvo tres zonas aptas, la más extensa en el centro de la Región Pampeana, una segunda zona es el oeste de la Patagonia y una última en la parte central de la provincia de Jujuy.

© 2020 SBAGro. All rights reserved.

Introducción

La trufa negra es el cuerpo de fructificación de un hongo que produce sus esporas en carpóforos bajo tierra. Su principal característica es ser micorrítico, o sea, no pueden completar su ciclo sin estar asociados a una planta huésped. En esta simbiosis el hongo crece alrededor y entre las células externas de las raíces formando una estructura conocida como micorriza, permitiendo el intercambio entre ambas especies. Las plantas huéspedes que forman micorrizas con *Tuber melanosporum*, son encinas

(*Quercus ilex*), robles (*Quercus robur*), avellanos (*Corylus avellana*). Sin embargo, las que son utilizadas en Argentina son encinas y robles. El micelio impide el crecimiento de malezas alrededor de la planta huésped formando el efecto conocido como quemado. Su ciclo biológico de la trufa negra comienza con la diseminación de esporas. Al germinar se produce el crecimiento de filamentos que al tomar contacto con las raíces de la planta huésped da lugar a la formación de micorrizas. Continúa colonizando el suelo encontrando nuevas raíces, al cabo de unos años y bajo condiciones edáficas y climáticas ideales, produce los

cuerpos de fructificación que luego de crecer y madurar se transforman en trufas. Existe una relación muy estrecha entre los rendimientos, los factores climáticos y el ciclo de la trufa negra. El mismo comienza cuando el micelio del hongo inicia su crecimiento en la primavera, dando lugar a los primordios que se van desarrollando durante el verano y el otoño, para madurar en el invierno (Callot, 1999).

En la actualidad su producción se limita al suroeste de Europa, centro y norte de Italia, sur de Francia y este de España. Las condiciones ideales se encuentran en los climas mediterráneos y oceánicos (Bencivenga et al., 1990; Ricard et al., 2003; Le Tacon, 2014). En la mayoría de los países productores de Europa los estudios realizados son meramente descriptivos, proporcionando límites climáticos basados en encuestas (Pacioni, 1987; Ricard et al., 2003; García-Barreda et al., 2007-García-Barreda et al., 2019). Cuando hay incertidumbres o desconocimiento en cuanto a necesidades de los cultivos, una alternativa es caracterizar las condiciones climáticas en la zona de origen, definiendo los límites de tolerancia, para luego aplicarlo a la región de interés. Este enfoque fue utilizado para la jatrofa (Yamada & Sentelhas, 2014; Peña, 2016) y la caoba africana (Casaroli et al., 2018).

La zonificación agroclimática realizada permite delimitar ambientes homogéneos desde la perspectiva del cultivo y proporciona un enfoque útil para la difusión de esta producción tan particular y rentable. Además, abre nuevas perspectivas en la planificación regional e innovadores desafíos a la investigación. (Yamada & Sentelhas, 2014).

El objetivo de este trabajo es definir la zonificación climática para la producción de trufas en Argentina.

Materiales y métodos

En este estudio se realizó el análisis de la información bioclimática y la recopilación de valores climáticos de las áreas de dispersión que definen el hábitat para la trufa negra. La mayoría de los datos disponibles hacen referencia a zonas trufas naturales de Francia, Italia y España. Utilizamos datos agroclimáticos relacionados con el área de distribución natural de *T. melanosporum* (Bardet & Fresquet, 1995; Ricard et al., 2003; García-Barreda et al., 2007; Le Tacon et al., 2014). Las variables consideradas fueron temperatura media, máxima y mínima medias de los meses de enero y julio, más cálido y el más frío respectivamente y precipitación media anual, de las principales zonas trufas de los países mencionados. Los datos corresponden al periodo 1998-2015 (Colinas et al., 2007; Alonso Ponce et al., 2010; Serrano-Notivoli et al., 2015 e 2016) suministrados por Climate-Data.Org Agencia, para los de temperatura, mientras que los datos de lluvia se obtuvieron de la Agencia Estatal de Meteorología

(AEMET-España). En la Tabla 1 se presentan las estaciones meteorológicas seleccionadas con sus respectivos datos.

La zonificación agroclimática permite delimitar entornos homogéneos desde la perspectiva de un cultivo concreto, en este caso las trufas (Yamada & Sentelhas, 2014). Lo que implica un avance significativo para el desarrollo de la truficultura en Argentina y proyectarse como una alternativa productiva. Consideramos tres aspectos necesarios para dicha caracterización a) deducción y clasificación de índices agroclimáticos, b) determinación de los tipos agroclimáticos y c) ubicación geográfica de la posible área de producción.

El mapa de aptitud se generó cruzando las necesidades climáticas de las trufas con las condiciones climáticas interpoladas de las regiones de origen. Los límites de precipitación utilizados fueron la isoyeta de 400 mm y la de 1500 mm. Las isotermas de temperatura media de 8° C y 18° C y la de temperatura máxima correspondiente a 24° C. (Alonso Ponce et al., 2010).

El uso del SIG para el desarrollo de la zonificación agroclimática ha demostrado ser una herramienta fundamental porque puede ser utilizada para varios procedimientos, por ejemplo la recopilación de datos básicos o como en este caso la generación de información para definir zonas aptas para determinados cultivos (Cámara et al., 1992), Murphy (2008)

Con el software QGIS se georreferenciaron las estaciones meteorológicas. Con la interpolación de estos puntos se generó un mapa asociando los elementos mencionados. Con la herramienta "calculadora raster" categorizamos los valores del Mapa bioclimático de la Argentina. Finalmente para generar las regiones potenciales, se realizó una superposición de los elementos interpolados y categorizados. Estas regiones determinadas muestran un diagnóstico del clima en relación a la aptitud o marginalidad.

Resultados y Discusión

Los límites climáticos obtenidos para la temperatura media del aire del mes más frío posee un rango óptimo entre 1,4 °C y 10,6 °C (Tabla 1). Para el caso del mes más cálido el límite inferior fue de 18,3 °C y el límite superior de 27,6 °C respectivamente. (Tabla 1). En cuanto a la precipitación los valores son de 88 mm hasta 1053 mm. Con respecto a las lluvias con 49 años de datos de producción de trufas, Büntgen, et al. (2019), de España, Francia e Italia, demostró que la tasa de rendimientos, dependen significativamente de las precipitaciones, por ejemplo valores por sobre los límites en otoño afecta negativamente a la subsiguiente cosecha de invierno. Le Tacon et al. (2014) y Baragatti et al. (2019) observaron que existe una alta relación de los rendimientos de trufa negra y la variabilidad de las

Tabla 1. Temperaturas en estaciones meteorológicas de Europa.

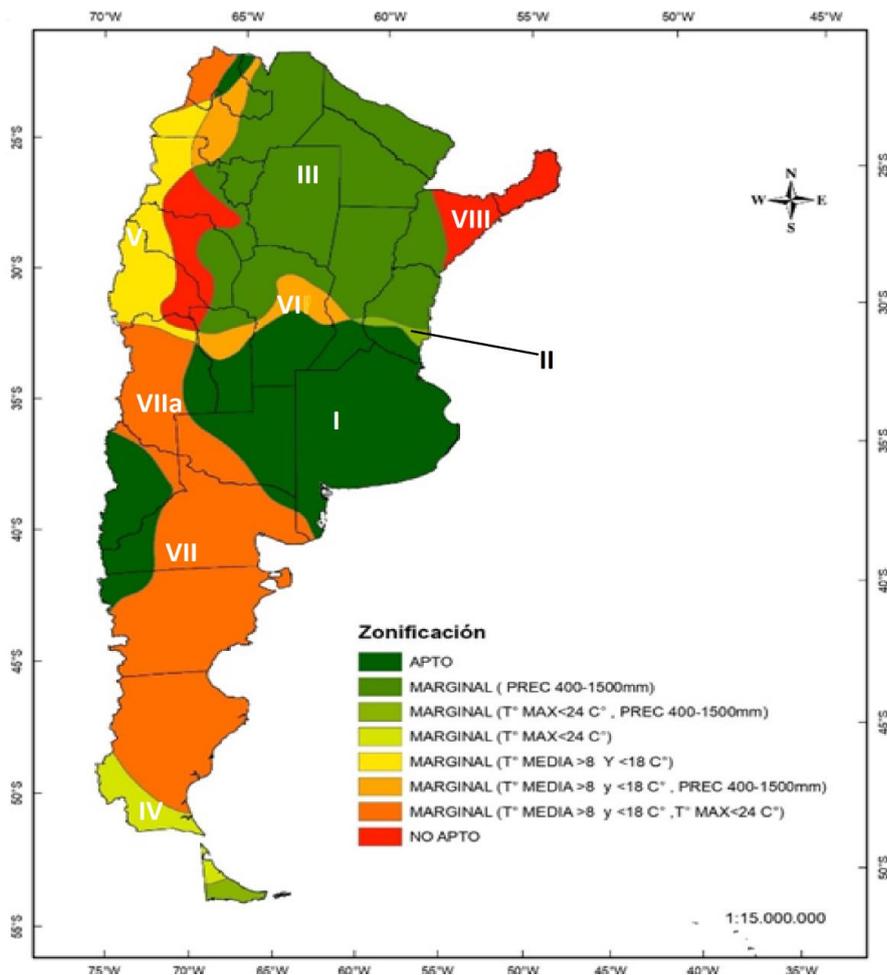
Localidades	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Temperatura °C		Precipitación (mm)
				Media enero	Media julio	
Albacete	38° 57'	1° 51'	702	5.2	25.0	384
Barcelona	41° 17'	2° 4'	4	9.2	23.9	612
Castellon	39° 57'	0° 4'	43	10.6	25.3	581
Granada	37° 11'	3° 47'	567	6.5	25.3	450
Jaen	37° 46'	3° 48'	580	8.6	27.6	552
Guadalajara	40° 39'	3° 10'	639	4.9	23.7	416
Burgos	42° 21'	3° 37'	891	3.1	19.5	575
Huesca	42° 5'	0° 19'	546	5.2	24.1	474
Navarra	42° 46'	1° 39'	459	5.2	21.2	1053
Girona	41° 54'	2° 45'	143	7.1	23.6	729
Lerida	41° 37'	0° 35'	185	5.5	25.2	423
Soria	41° 46'	2° 28'	1082	3.2	20.5	568
Valence	44° 9'	4° 8'	125	3.3	21.6	829
Montpellier	43° .6'	3° .8'	37	5.9	22.3	745
Perigueux	45° .1'	0° 7'	108	4.7	19.9	88
Sarry	48° .9'	4° .4'	83	1.9	18.3	631
Turin	45° 0'	7° .6'	245	1.4	23.6	848
Perugia	43° .1'	12° .3'	450	3.8	22.0	873
Florenia	43° .7'	11° .2'	61	5.2	24.4	864

Fuente: datos de temperatura, Climate-Data.Org Agencia. Datos de precipitación, Agencia Estatal de Meteorología (1981-2015)

precipitaciones. Los resultados destacan la importancia de las precipitaciones de verano para la producción de trufas en invierno. Büntgen, et al. (2019) señala que las temperaturas del mes más cálido por encima de los límites establecidos podrían tener un efecto negativo en la colonización micorrízica de las raíces y la formación y sexualización del micelio. A su vez otoños fríos con temperaturas por debajo de los límites afectan en forma negativa la producción del invierno. Georreferenciando los valores de la Tabla 1 sobre el mapa de Argentina obtuvimos áreas que consideramos aptas y otras áreas marginales, ya sean desde lo térmico o desde lo hidrológico. Asimismo también se obtuvieron no aptas, es decir no es posible la producción de trufas en aquellas zonas. La Figura 1 muestra las ocho zonas delimitadas. Puede observarse que la zona I es aquella en la que cumplen todos los requerimientos establecidos, tanto térmicos como de precipitación. Se ven zonas marginales desde distintos aspectos climáticos, la pequeña zona II posee lluvias por encima de los 1500 mm, sin embargo desde el punto de vista térmico cumple los requerimientos demandados. En aquellos años en los que se registren menos precipitaciones podría comportarse como un área apta. La amplia zona definida como III presenta marginalidad tanto térmica, por temperaturas por encima de la isoterma de 24° C, como hídricas por presentar precipitaciones por sobre los límites tolerados.

Esta situación concuerda con lo hallado por Büntgen et al. (2012) para sur de Francia y norte de España, este escenario reduce significativamente la maduración de la trufa, con la consecuente merma en los rendimientos. Las zonas IV y V presenta marginalidad por casi completa en temperaturas y precipitaciones, mientras que la zona VI cuenta con escasos valores de temperatura media, sin embargo en aquellos años en los que se presenten más cálidos sería posible la producción de trufas. Para casos similares en el oeste de España, Thomas & Büntgen (2019) encuentran que las fluctuaciones térmicas por encima de los valores medios, podrían no impactar en los rendimientos. La zona VII presenta la particularidad de poder delimitar una subárea VIIa, la misma por tratarse de una región con buenas disponibilidad de riego, podría ser allí factible la producción de trufas. Coincide con lo señalado (Fischer & Schär, 2010; Trnka et al 2018) que concluyen que ante la gravedad de las sequías estivales en el Mediterráneo el riego complementario asegura la maduración de la trufa. A su vez, la zona definida como VII es marginal sin posibilidad de incorporarla al área productiva. Por último categorizamos la zona VIII como no apta por ser aquellas en que las limitaciones son tan significativas que no hay alternativas de manejo que pueden realizarse.

Figura 1. Zonas climaticamente aptas, marginales y no aptas. Argentina.



Conclusiones

La metodología ha demostrado ser útil como un enfoque a gran escala para el cultivo de la trufa en la Argentina, proporcionando información sobre los factores climáticos que determinan la posibilidad de una producción rentable. Las zonas identificadas como aptas presentan una alternativa sumamente valiosa a cultivos perennes tradicionales. En una segunda etapa se evaluarán aspectos puntuales como temperatura del suelo, el almacenaje de agua y tipos de suelo, a los efectos de evaluar el potencial productivo. Este estudio de aptitud agroclimática es un aporte significativo al desarrollo de la truficultura en nuestro país.

Agradecimiento

Se agradece la colaboración del Ing. Agr. Leandro Calabrese, en la confección del mapa de zonificación.

Referencias

ALONSO PONCE, R.; ÁGUEDA, B.; ÁGREDA, T.; MODREGO, M.P.; ALDEA, J.; MARTÍNEZ-PEÑA, F. Un modelo de potencialidad climática para la trufa negra (*Tuber melanosporum*) en Teruel (España). **For. Syst.**, v.19, n.2, p.208-220, 2010.

BARAGATTI, M.; GROLLEMUND, P.-M.; MONTPIED, P.; DUPOUEY, J.-L.; GRAVIER, J.; MURAT, C.; Le TACON, F. Influence of annual climatic variations, climate changes, and sociological factors on the production of the périgord black truffle (*Tuber melanosporum* Vittad) from 1903-1904 to 1988-1989 in the Vaucluse (France). **Mycorrhiza**, v.29, n.2, p.113-25, 2019.

BARDET, M.-C.; FRESQUET, C. Influence de la pluviométrie et de la température du sol. **InfosCtifil**, n.110, p.39-42, 1995.

BENCIVENGA, M.; CALANDRA, R.; GRANETTI, B.. Ricerche sui terreni e sulla flora delle tartufi naturali di *Tuber melanosporum* Vittad. **Atti Del II Congresso Internazionale Sul Tartufo**, Comunità Montana dei Monti Martani e del Serano, Spoleto, Italy, 1990.

BÜNTGEN, U.; EGLI, S.; CAMARERO, J. J.; FISCHER, E. M.; STOBBE, U.; KAUSERUD, H.; TEGEL, W.; SPROLL, L.; STENSETH, N. C. Drought-induced decline in Mediterranean truffle harvest. **Nat. Clim. Change**, v. 2, n.12, p.827-829, 2012. <https://doi.org/10.1038/nclimate1733>

BÜNTGEN, U.; EGLI, S.; SCHNEIDER, L.; VON ARX, G.; RIGLING, A.; CAMARERO, J. J.; SANGÜESA BARREDA, G.; FISCHER, C. R.; OLIACH, D.; BONET, J. A.; COLINAS, C.; TEGEL, W.; RUIZ BARBARIN, J. I.; MARTÍNEZ-PEÑA, F. Black truffle winter production depends on Mediterranean summer precipitation. **Environ. Res. Lett.**, v.14, 074004, 2019.

CALLOT, G. **La truffe, la terre y la vie**. Editorial INRA. Paris, 210 p., 1999.

CÂMARA, N. G.; CASANOVA, M. A.; HERMELY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B. **Anatomia de sistemas de informações geográficas**. Campinas, SP: Universidade Estadual de Campina, 1996.

COLINAS, C.; CAPDEVILA, J. M.; OLIACH, D.; FISCHER, C. R.; BONET, J. A. **Mapa de aptitud para la trufa negra (*Tuber melanosporum* Vit) en Cataluña**. Centre Tecnologic Forestal de Catalunya, Solsona, 134 p., 2007.

- CASAROLI, D.; ROSA, F. O.; ALVES JÚNIOR, J.; EVANGELISTA, A. W. P.; BRITO, B. V.; PENA, D. S. Aptidão edafoclimática para o mogno africano no Brasil. *Ciência Florestal*, v. 28, n. 1, p. 357- 368, 2018.
- FISCHER, E. M.; SCHÄR, C. Consistent geographical patterns of Changes in high-impact European heat waves. *Nat. Geosci.*, v.3, p.398-403, 2010.
- GARCIA-BARREDA, S.; REYNA, S.; PÉREZ, R.; RODRÍGUEZ, J. A. Ecología de la trufa y las áreas truferas. REYNA, S. (Coordinador). **Truficultura: Fundamentos y Técnicas**, Ed. Mundi-Prensa, p. 153-208, 2007.
- GARCIA-BARREDA, S.; SANCHEZ, S.; MARCO, P.; ROBERTO SERRANO-NOTIVOLIC, R. Agro-climatic zoning of Spanish forests naturally producing black truffle. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 269-270, p.231-238, 2019.
- LE TACON, F.; MARÇAIS, B.; COURVOISIER, M.; MURAT, C.; MONTPIED, P.; BECKER, M. Climatic variation plain annual fluctuations in French 'Périgord blacktruffle' wholesale markets but do not explain the decrease in 'blacktruffle' production over the last 48 years. *Mycorrhiza*, v.24, p.115-125, 2014.
- LE TACON, F. Influence of climate on natural distribution of *Tuber* species and truffle production. In book: **True Truffle (Tuber spp.) in the World**, 2016.
- MURPHY, G. M. (Ed.) **Atlas Agroclimático de la Argentina**. Buenos Aires, Editorial Facultad de Agronomía, UBA, 130 p., 2008.
- PENA, D. S.; EVANGELISTA, A. W. P.; ALVES JÚNIOR, J.; CASAROLI, D. Agroclimatic zoning for jatrophia crop (*Jatropha curcas* L.) in the state of Goiás. *Acta Scientiarum*, v. 38, n. 3, p. 329-335, 2016.
- PACIONI, G. **El cultivo moderno y rentable de la trufa**. Editorial De Vecchi, Barcelona, 1987.
- RICARD, J.-M. **La truffe: Guide pratique de trufficulture**. CTIFL, Paris, France, 270 p., 2003.
- SERRANO-NOTIVOLI, R.; INCAUSA-GINÉS, A.; MARTÍN-SANTAFÉ, M.; SÁNCHEZ-DURÁN, S.; BARRIUSO-VARGAS, J. J. Modelización espacial del hábitat potencia de la trufa negra (*Tuber melanosporum* Vittad.) en la provincia de Huesca (España). **ITEA-Información Técnica Económica Agrar**, v.111, n.3, p.227-246, 2015.
- SERRANO-NOTIVOLI, R., MARTÍN-SANTAFÉ, M.; SÁNCHEZ, S.; BARRIUSO, J. J. Cultivation potentiality of black truffle in Zaragoza province (Northeast Spain). **J. of Maps**, v.12, n.5, p.994-998, 2016.
- TRNKA, M.; HAYES, M.; JURECKA, F. et al. Priority questions in multidisciplinary drought research. **Clim. Res.**, v.75, n.3, p.241-260, 2018.
- THOMAS, P.; BÜNTGEN, U. A risk assessment of Europe's black truffle sector un derpredicted climate change. **Sci. of the Total Environ.**, v. 655, p.27-34, 2019.
- YAMADA, E. S. M.; SENTELHAS, P.C. Agro-climatic zoning of *Jatropha curcas* as a subsidy for crop planning and implementation in Brazil. **Int. J. Biometeorol.**, v.58, n.9, p.1995-2010, 2014.

REFERENCIANDO

LAMAS, A. M.; MAIO, S. Aptitud climática para la producción de trufa negra (*Tuber melanosporum*) en Argentina. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.28, e026624, 2020.



Climatic suitability for black truffle (*Tuber melanosporum*) production in Argentina

Alvaro Manuel Lamas^{1(*)} and Silvina Maio¹

¹Facultad de Agronomía da Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453, C1417DSE CABA, Argentina.

E-mails: lamas@agro.uba.ar and smaio@agro.uba.ar

(*)Corresponding author.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 8 November 2019

Accepted 24 March 2020

Index terms:

bioclimate

characterization

zoning

ABSTRACT

The aim of this work is to determine the climatic zones suitable for the production of black truffle (*Tuber melanosporum*). Although in Argentina its cultivation is incipient it has a great productive potential, due to the wide environmental offer of the country and the possibility of producing against the season of the main markets of the northern hemisphere, which would allow an excellent commercial opportunity. Both the production practices and the implementation criteria are based on the experience of crops in Spain, without considering the local climatic conditions. The importance of this study is given in determining climatic patterns that facilitate decision making from areas suitable for cultivation. The ranges of values of average annual temperature, average temperature of January and average annual rainfall, of those places of natural distribution that correspond to the southwest of Europe, such as central and northern Italy, southern France and eastern Spain, were considered. As a result, three suitable areas were obtained, the most extensive in the center of the Pampas Region, a second area is western Patagonia and a last one is in the central part of the province of Jujuy.

© 2020 SBAgrom. All rights reserved.

CITATION

LAMAS, A. M.; MAIO, S. Aptitud climática para la producción de trufa negra (*Tuber melanosporum*) en Argentina. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.28, e026624, 2020.