



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Centro de Estudios de Postgrado

BIOCLIMATOLOGÍA APLICADA A LAS ÁREAS FORESTALES DE SIERRA MORENA (ESPAÑA).

Alumno/a: Luque Martínez, Sergio

Tutores/as: Prof. D. Eusebio Cano Carmona & Ana Cano Ortiz

Dpto: Biología Animal, Vegetal y Ecología

ÍNDICE

1. RESUMEN / ABSTRACT.....	3
2. INTRODUCCIÓN	4
2.1. Geobotánica y Fitosociología	4
2.1.1. <i>Generalidades</i>	<i>4</i>
2.1.2. <i>El Método Fitosociológico</i>	<i>4</i>
2.1.3. <i>Bioclimatología</i>	<i>7</i>
2.2. Sierra Morena	8
3. OBJETIVOS	10
3.1. Objetivos generales	10
3.2. Objetivos específicos	10
4. METODOLOGÍA	11
4.1. Toma de datos	11
4.2. Análisis estadístico	15
5. RESULTADOS	17
5.1. Análisis Canónico de Correspondencias (ACC)	17
5.2. Mapas bioclimáticos	19
5.2.1. <i>Mapa de termotipos</i>	<i>19</i>
5.2.2. <i>Mapa de ombrotipos</i>	<i>20</i>
5.2.3. <i>Mapa de continentalidad</i>	<i>21</i>
6. DISCUSIÓN	23
7. CONCLUSIONES	24
8. BIBLIOGRAFÍA	25
9. AGRADECIMIENTOS	30
10. ANEXO	31

1. RESUMEN

Los indicadores bioclimáticos son una herramienta muy útil para conocer las características físicas y climáticas de un territorio, además de poner de manifiesto alguna anomalía o problema en el medio. Es por ello importante identificar las plantas indicadoras de termotipos y ombrotipos, para así tener un mayor conocimiento de cómo es el territorio y los cambios que el mismo sufre. En nuestro trabajo pretendemos conocer los bioindicadores que se encuentran en Sierra Morena, utilizando para ello datos climáticos de las estaciones meteorológicas allí presentes, datos de las series de vegetación y de los inventarios realizados en las zonas cercanas a las estaciones, además de nuestros propios datos tomados *in situ*; con el objetivo de establecer un análisis de correlación entre los valores bioclimáticos y la vegetación existente, además realizamos mapas bioclimáticos de termotipos, ombrotipos y continentalidad para que puedan ser utilizados en la gestión agrícola y forestal.

ABSTRACT

Bioclimatic indicators are a very useful tool for understanding the physical and climatic characteristics of a territory, in addition to highlighting any anomaly or problem in the environment. It is therefore important to identify the plants that serve as indicators of thermotypes and ombrotypes in order to gain a greater knowledge of the characteristics of the territory and the changes it is undergoing. Our work aims to contribute to an understanding of the bioindicators in the Sierra Morena using climate data from meteorological stations located in the area, data on vegetation series and from inventories taken in areas near the stations, in addition to our own data collected *in situ*. The goal is to establish a correlation analysis between bioclimatic values and the existing vegetation, and to create bioclimatic maps of thermotypes and ombrotypes that can be used in agricultural and forestry management.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. Geobotánica y Fitosociología

2.1.1 Generalidades

La Geobotánica es una ciencia relativamente reciente que relaciona la Vegetación con el medio en el que vive. El término Geobotánica fue descrito por primera vez por Rübel (1922) con el fin de unir en una misma ciencia las disciplinas de Botánica, Ecología y Geografía entre otras. Esta ciencia comparte gran parte de sus contenidos con otras como la Biogeografía, la Bioclimatología y la Fitosociología (Rivas-Martínez, 2004).

Esta última ciencia, que estudia principalmente las comunidades vegetales, sus interrelaciones y su relación con el medio, fue definida por Braun-Blanquet (1964), y su aplicación más importante, el Método Fitosociológico, ha sido utilizado por la gran mayoría de geobotánicos y fitosociólogos desde que fue creado hasta la actualidad (Rivas-Martínez, 1995; Costa, 1982), incluyendo una gran variedad de aplicaciones (Cano-Ortiz *et al*, 2007). Además este método tiene una gran relevancia en el campo de la conservación a nivel de la Unión Europea, ya que se utilizan las asociaciones vegetales incluidas en el mismo para indicar los hábitats de interés comunitario dentro de la directiva hábitat (Directiva 92/43/CEE) (García Río, 2007).

2.1.2. El Método Fitosociológico

El Método Fitosociológico consta de tres fases: la fase analítica, en la cual se toman los datos mediante inventarios fitosociológicos; la fase sintética: en la que se comparan todos estos inventarios; y la fase sintaxonómica, en la que se toman conclusiones y se clasifican los datos tomados (Alcaraz Ariza, 2008).

Para realizar un inventario fitosociológico, en primer lugar tenemos que seleccionar un área que posea una vegetación homogénea y tomar sus coordenadas UTM y su altitud. El tamaño de la parcela variará dependiendo de si la vegetación estudiada es arbórea, arbustiva o herbácea (Tabla 1), aunque siempre existen variaciones dependiendo del tipo de inventario que se pretenda hacer y el área donde se realice.

Otros datos que se deben tomar son la orientación e inclinación de la ladera, y la cobertura y altura media de la vegetación (Braun-Blanquet, 1964). Posteriormente se listan todas las plantas que se encuentren en nuestro área (también se puede muestrear sólo plantas de un estrato de vegetación, ignorando el resto de estratos), acompañadas de un índice de abundancia de Braun-Blanquet (1964) (Tabla 2).

Tipo de vegetación	Área (m²)
Bosques, bosques abiertos y matorrales altos	200
Matorrales bajos, tomillares	50
Vegetación herbácea	16
Vegetación acuática y de turberas	4

Tabla 1: Área estándar del inventario para cada tipo de vegetación. Fuente: Alcaraz Ariza, 2008.

Índice	Significado
r	Un solo individuo, cobertura despreciable
+	Más individuos, cobertura muy baja
1	Cobertura menor del 5%
2	Cobertura del 5 al 25%
3	Cobertura del 25 al 50%
4	Cobertura del 50 al 75%
5	Cobertura igual o superior al 75%

Tabla 2: Índices de abundancia de especies de Braun-Blanquet. Fuente: Alcaraz Ariza, 2008.

El Método Fitosociológico, y la Fitosociología en general, tienen como punto de partida su unidad básica en el sistema taxonómico: la asociación. Este término fue utilizado por primera vez por von Humboldt (1807) y se describe como una comunidad vegetal de composición florística determinada, propia de condiciones ecológicas uniformes y de fisionomía homogénea. Cabe destacar que, al igual que ocurre con los taxones florísticos, las unidades fitosociológicas o sintaxones representan una unidad abstracta o tipo que resulta de la síntesis

de los inventarios realizados en muchas poblaciones semejantes con cierto aislamiento entre ellas (Braun-Blanquet, 1964).

Para nombrar estas asociaciones se utilizan normalmente el nombre de una o dos plantas que sean las características de esa asociación, poniendo en segundo lugar la especie dominante seguida de un sufijo, y en primer lugar la especie diferenciadora de esa asociación, ambas separadas por un guión (ej.: *Paeonio broteroi* – *Quercetum rotundifolia*). Además, de la misma forma que en el resto de taxones vegetales, animales, microbianos, etc., existen niveles inferiores y superiores al de asociación, cada una con sus correspondientes sufijos (Tabla 3). Las variantes y las fasciaciones no tienen prefijo propio, sino que sirven para diferenciar en última instancia las pequeñas variaciones que pueden sufrir dos comunidades de la misma asociación por mínimos cambios en las condiciones ambientales (Rivas-Martínez, 2004).

Nivel de clasificación	Sufijo
Clase	-etea
Subclase	-enea
Orden	-etalia
Suborden	-enalia
Alianza	-ion
Subalianza	-enion
Asociación	-etum
Subasociación	-etosum
Variante	-
Fasciación	-

Tabla 3: Niveles de clasificación de los taxones fitosociológicos y sus sufijos. Fuente: Rivas-Martínez, 2004.

Dependiendo del grado de alteración que posea un territorio pueden aparecer distintas asociaciones, produciéndose una sucesión por degradación. Es decir, si un encinar es degradado, poco a poco se irá colonizando por otras plantas

que toleran más esa degradación, y estas a su vez por otras, produciéndose una sucesión de asociaciones. Este conjunto de estadios sucesionales se conoce como serie de vegetación o sigmetum, y cada una comprende sus propias etapas sucesionales, diferentes de las de otras series. Así la etapa con menor grado de degradación a la que puede aspirar una serie se conoce como etapa clímax (Rivas-Martínez, 1995).

Dependiendo del factor que condiciona la serie, se pueden clasificar en tres tipos: las series climatófilas, que dependes principalmente de las temperaturas y las precipitaciones; las series edafoxerófilas, que están ligadas principalmente a suelos muy secos y dependen totalmente de los mismos; y las series edafohigrófilas, que dependen totalmente del agua y se encuentran principalmente en riveras, turberas, saladares, etc. (Rivas-Martínez, 2004).

2.1.3. Bioclimatología

La Bioclimatología es una ciencia que explica las variaciones que se producen en la distribución de los seres vivos debido al clima y sus cambios. La primera clasificación bioclimática la realizó Köppen (1918), pero la más utilizada por los fitosiociólogos y la más universal es la de Rivas Martínez. En esta clasificación se reconocen 5 macrobioclimas, 27 bioclimas y 5 variaciones bioclimáticas (Rivas-Martínez, 1996).

T ^a	Temperatura media anual
It	Índice de termicidad
I _{tc}	Índice de termicidad compensado
I _o	Índice ombrotérmico anual
I _{os2}	Índice ombrotérmico del bimestre más cálido del trimestre estival
I _{os3}	Índice ombrotérmico del trimestre estival
I _c	Índice de continentalidad o intervalo térmico anual
P	Precipitación media anual
ETP	Evapotranspiración
ETR	Evapotranspiración real
e	Evapotranspiración residual
D _f	Déficit hídrico
D _r	Drenaje
D	Disponibilidad de agua

Tabla 4: Índices y parámetros bioclimáticos. Fuente: Rivas-Martínez, 2004

Una parte fundamental de esta clasificación son los índices bioclimáticos y los parámetros climáticos en los que se basa principalmente esta clasificación. Los índices y parámetros más importantes y que se utilizarán en este trabajo están reflejados en la Tabla 4.

2.2. Sierra Morena

Sierra Morena es un territorio que ha despertado un gran interés a diversas ramas de la ciencia por sus peculiares características (Devesa & Cabezudo, 1978; Cano & Valle, 1996; García Río, 1999). Es la cadena montañosa con menos altitud de la península ibérica, alcanzando los 1000 metros de altitud en solo un 3% del territorio y teniendo su cota máxima en el Pico de la Bañuela, en Sierra Madrona, a 1332 metros sobre el nivel del mar (Muñoz, 1992).

Su longitud supera los 450 kilómetros entre sus extremos este y oeste, y tiene una anchura máxima de 120 Kilómetros en un transecto Norte-Sur en el tramo de Extremadura. El sustrato está formado principalmente de roca silíceas, por lo que sus suelos son pobres en bases (Loidi, 1999), aunque existen algunas islas calcáreas, como la Sierra de Santa Bárbara, en la provincia de Huelva (Cano *et al.*, 2003).

Este territorio se originó gracias al denominado plegamiento Varisco o Hercínico, que comenzó en el periodo Carbonífero. Esta orogenia sometió a grandes deformaciones y transformaciones a los depósitos de turbiditas que allí se encontraban, provocando la formación de rocas metamórficas y diversos pliegues y fracturas con direccionalidad de Este a Oeste (Loidi, 1999), entre las que se encuentran parte de tres de las zonas estratigráficas de Lozte (1945), que consisten en terrenos procedentes de zonas cercanas a las actuales Islas Británicas que, mediante fallas *strike-slip*, que quedaron unidas a ciertas zonas de nuestro territorio (Wagner, 2013).

En esta orogenia también se formó la Meseta Española, conocida además como Zócalo Hercínico o Herciniano, que limita con nuestro territorio por el norte, de hecho, diversos autores consideran que Sierra Morena es el borde fracturado de la Meseta (Rodríguez Vidal *et al.*, 1988).

Además el territorio se ha ido modelando durante la historia gracias a los fenómenos de erosión, propiciados en parte por los dos grandes ríos que rodean Sierra Morena: el Guadalquivir y el Guadiana (Loidi, 1999), aunque es durante el Terciario cuando, con influencia tanto directa como indirecta del plegamiento alpino, se produjo aproximadamente el modelado que existe en la actualidad (Martín Serrano, 1994).

Pero no todo el material geológico de la zona se formó en esta época, sino que en ciertas zonas de Sierra Morena podemos encontrar intrusiones de otros periodos geológicos, como minerales ordovícicos con plomo tales como galena en la zona circundante a Linares y La Carolina (Jacquin & Pineda Velasco, 1980), rocas metamórficas del cámbrico y del precámbrico, acompañadas de materiales tanto volcánicos como detríticos y kársticos, en la Sierra Morena de Córdoba y Sevilla (Baeza Rojano *et al.*, 1981; Baena Escudero & Díaz del Olmo, 1988; Díaz del Olmo *et al.*, 1998), además de otras superficies postmiocénicas, como la falla escalonada que enlaza con el bajo Guadalquivir (Díaz del Olmo, 1983). La red fluvial de Sierra Morena se cree que se formó a principios de la era cuaternaria y que tiene relación con el retroceso marino del plioceno (Rodríguez Vidal *et al.*, 1991).

Aunque debido al relieve del territorio existe poca capacidad para albergar explotaciones agrarias (lo que provoca que haya una baja densidad de población) (Loidi, 1999), existe un alto grado de antropización, principalmente debido a la ingente cantidad de fincas privadas dedicadas casi exclusivamente a la caza mayor y en el que las repoblaciones forestales con *Pinus halepensis* han tenido también cierta repercusión (Araque Jiménez & Sánchez Martínez, 2006).

A pesar de que gracias a la destrucción y cambio de las cubiertas vegetales originales se está produciendo una gran erosión, los procesos de edafogénesis siguen predominando sobre los procesos erosivos, aunque con los cambios del uso del suelo se está incrementando la erosión rápidamente (Moreira, 1989).

3. OBJETIVOS

En este trabajo hemos perseguido los siguientes objetivos:

3.1. Objetivo general

- Realizar un estudio de los bioindicadores vegetales de Sierra Morena a partir de datos climáticos y bioclimáticos.

3.2. Objetivos específicos

- Observar la influencia de cada parámetro sobre los bioindicadores mediante un análisis estadístico.
- Realizar mapas bioclimáticos de la zona basándonos en los datos climáticos y de vegetación de las estaciones seleccionadas.

4. METODOLOGÍA

4.1. Toma de datos

Nuestra área de estudio (Sierra Morena) ocupa seis provincias administrativas (Badajoz, Córdoba, Ciudad Real, Jaén, Huelva y Sevilla) y se incluye en su mayor parte en el Sector Mariánico-Monchiquense, perteneciente a la Subprovincia Luso-Extremadurese, que a su vez pertenece a la Provincia Mediterránea Ibérica Occidental (Rivas-Martínez, 2004).

En primer lugar se seleccionaron 57 estaciones climáticas (En tres de ellas se utilizaron datos de dos periodos temporales diferentes, por lo que están duplicadas y en total hay 60 estaciones): 9 en la provincia de Badajoz, 12 (14) en la de Córdoba, 11 en la de Ciudad Real, 11 (12) en la de Jaén, 9 en la de Huelva y 5 en la de Sevilla (Tabla 5).

El principal criterio que utilizamos para delimitar nuestra área de estudio fue que incluyera todas las estaciones climatológicas seleccionadas, respetando en la medida de lo posible los límites del Sector Mariánico-Monchiquense. Todas estas estaciones están ubicadas en Sierra Morena y poseen más de 20 años de datos de precipitaciones y/o de temperaturas (Figuras 1 & 2).

Provincia	Estación	UTM	Abreviatura
Badajoz	Berlanga	30S 253635 4241006	BERL
	Cabeza del Buey	30 S 307281 4287668	CABU
	Cabeza la Vaca	30 S 307281 4287668	CAVA
	Fregenal de la Sierra	29 S 705870 4226917	FREG
	Granja de Torrehermosa	30 S 274099 4242259	GRAN
	Jerez de los Caballeros	29 S 695246 4243311	JERE
	Montemolín	29 S 751768 4207844	MTML
	Usagre	29 S 747596 4248450	USAG
	Zafra	29 S 725486 4257057	ZAFR
Córdoba	Almodóvar del Río	30 S 322312 4186846	ALRI
	Azuel	30 S 383775 4242782	AZUE

	Hinojosa del Duque	30 S 312592 4263615	HINO
	Hornachuelos 1	30 S 302670 4189144	HOR1
	Hornachuelos 2	30 S 302670 4189144	HOR2
	Montoro	30 S 378543 4209562	MTRO
	Pantano del Guadalquivir	30 S 353334 4211518	PAGM
	Pantano de Puente Nuevo	30 S 329498 4220462	PAPN
	Peñarroya-Pueblonuevo	30 S 301395 4242075	PEPU
	Posadas	30 S 314459 4185786	POSA
	Pozoblanco 1	30 S 337997 4249430	POZ1
	Pozoblanco 2	30 S 337997 4249430	POZ2
	Torreblanca	30 S 352275 4260275	TORR
	Villanueva de Córdoba	30 S 357663 4242738	VNCO
Ciudad Real	Almadén Minas	30 S 340722 4292480	ALMI
	Almodóvar del Campo	30 S 398550 4284132	ALCA
	Calzada de Calatrava	30 S 431852 4280078	CACA
	Cózar	30 S 494199 4277940	COZA
	Fontanosas	30 S 366757 4290151	FONT
	Mestanza	30 S 405578 4265548	MEST
	Puertollano	30 S 408652 4280310	PUER
	Santa Cruz de Mudela	30 S 459383 4276192	SCDM
	Torre de Juan Abad	30 S 482605 4281656	TDJA
	Villanueva de los Infantes	30 S 500000 4287185	VNIN
	Villanueva de San Carlos	30 S 430338 4272693	VNSC
Jaén	Andújar	30 S 407453 4210724	ANDU
	Baíén	30 S 432128 4216955	BAIL
	Castellar de Santisteban	30 S 488662 4234248	CAST
	El Centenillo 1	30 S 436237 4243739	CEN1
	El Centenillo 2	30 S 436237 4243739	CEN2
	Linares	30 S 444303 4216246	LINA
	Marmolejo	30 S 395538 4213180	MARM
	Montizón	30 S 493532 4246110	MTZN
	Pantano del Encinarejo	30 S 411981 4223621	PAEN
	Pantano del Guadalén	30 S 457617 4223563	PAGN
	Pantano del Jándula	30 S 414983 4231296	PAJA
	Pantano del Rumblar	30 S 429144 4223916	PARU

Huelva	Alájar	29 S 706711 4193625	ALAJ
	Aracena	29 S 715460 4195700	ARAC
	Aroche	29 S 681704 4196733	AROC
	Cabezas Rubias	29 S 670133 4189084	CARU
	Encinasola	29 S 686972 4222759	ENCI
	Minas de Riotinto	29 S 711585 4175241	RIOT
	Santelmo	29 S 677547 4185541	SANT
	Valdezufre	29 S 721424 4192157	VALD
	Zufre	29 S 729066 4181261	ZUFR
Sevilla	Almadén de la Plata	29 S 757600 4186952	ALPL
	Guadalcanal	30 S 256475 4215686	GUAD
	Las Navas de la Concepción	30 S 283540 4201349	NAVA
	Pantano de Cala	29 S 757143 4178612	PACA
	Pantano del Pintado	30 S 240759 4207913	PAPI

Tabla 5: Estaciones climáticas ordenadas por provincias con sus respectivas coordenadas UTM y sus abreviaturas utilizadas para el ACC.



Figura 1: Situación del área de estudio. Fuente: QGIS. PNOA.

Los datos climáticos fueron obtenidos de Rivas-Martínez & Rivas-Sanz, 1996-2015 y de INM, 1991, a partir de los cuales se realizaron los diagramas bioclimáticos, de los cuales se obtuvieron los parámetros e índices bioclimáticos (Figuras 7, 8, 9 y 10 (Ver anexo)).

A continuación se le adjudicaron uno o dos inventarios fitosociológicos a cada estación. Estos inventarios eran realizados en un lugar cercano a la estación o en su defecto en una zona similar, siempre teniendo en cuenta las características del terreno (Orientación, temperatura, índices bioclimáticos, precipitaciones, altura).

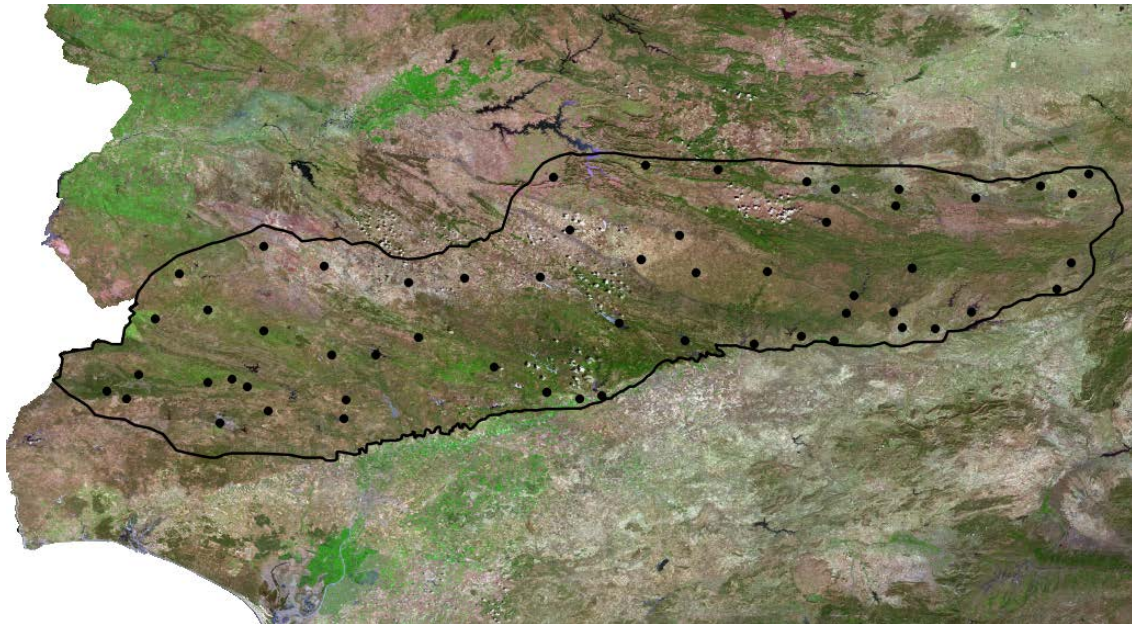


Figura 2: Situación de las estaciones climatológicas dentro del área de estudio. Fuente: QGIS. PNOA.

Estos inventarios fueron extraídos en su mayoría de la aplicación web “SIVIM” (Sistema de Información de la Vegetación Ibérica y Macaronésica), que engloba un gran número de inventarios fitosociológicos de diversas publicaciones (Cano *et al.*, 2004; Cano & Valle, 1990; García-Fuentes, 1996; Ladero Álvarez *et al.*, 2006; Melendo, 1998; Pérez Latorre *et al.*, 1993; Rivas-Goday *et al.*, 1959; Rivas-Goday, 1964). También se utilizaron inventarios de otras publicaciones (Raya, 2008; Cano *et al.*, 2003), además de inventarios propios.

De estos inventarios solo se cuantificaron las plantas más representativas bioclimáticamente hablando que tuviesen más de un dos en su índice de abundancia en al menos un inventario (Tabla 6 y Figura 3). Estas exclusiones se realizaron para evitar el posible ruido a la hora de realizar los análisis estadísticos, ya que son plantas que, o tienen muy poca abundancia, o son muy generalistas, y por tanto no son indicadoras de ningún parámetro.

4.2. Análisis estadístico

Una vez recopilados todos los datos, el siguiente paso fue realizar un Análisis de Correspondencias Canónicas (ACC), para el cual utilizamos el complemento para Excel XLSTAT 2009. Para poder realizar este análisis, los índices de abundancia de cada planta en los inventarios se tradujeron a los índices propuestos por Van Der Maarel (1979), cuya transformación desde los índices de Braun-Blanquet (1964) consiste en sumarle dos a los mismos, con el fin de evitar los valores “r” y “+”, que pasarían a ser “1” y “2” respectivamente, ya que nos crearía problemas a la hora de realizar el análisis estadístico.

Planta	Abreviatura	Termotipos	Ombrotipos
<i>Quercus broteroi</i>	Quebro	Meso	Subhum-Hum
<i>Arbutus unedo</i>	Arbune	Termo-Meso	Subhum-Hum-Hiphum
<i>Viburnum tinus</i>	Vibtin	Meso	Subhum-hum
<i>Phillyrea angustifolia</i>	Phyang	Termo-Meso	Seco-Subhum
<i>Smilax aspera</i>	Smiasp	Termo-Meso inf	Seco-Subhum
<i>Myrtus communis</i>	Myrcom	Termo-Meso inf	Seco-Subhum
<i>Quercus rotundifolia</i>	Querot	Termo-Meso-Supra	Seco
<i>Pyrus bourgaeana</i>	Pyrbou	Meso	Seco
<i>Olea sylvestris</i>	Olesyl	Termo-Meso inf	Seco
<i>Pistacia lentiscus</i>	Pislen	Termo-Meso inf	Seco
<i>Cistus monspeliensis</i>	Cismon	Meso	Seco
<i>Quercus suber</i>	Quesub	Termo-Meso	Subhum-Hum
<i>Quercus coccifera</i>	Quecoc	Termo-Meso	Semiari-Seco-Subhum
<i>Pistacia terebinthus</i>	Pister	Termo-Meso-Supra	Subhum-hum
<i>Phillyrea latifolia</i>	Phylat	Termo-Meso	Seco-Subhum
<i>Quercus pyrenaica</i>	Quepyr	Termo-Meso-Supra	Hum
<i>Erica arborea</i>	Eriarb	Termo-Meso-Supra	Subhum-hum
<i>Cistus populifolius</i>	Cispop	Termo-Meso	Subhum-hum

Tabla 6: Plantas seleccionadas con sus respectivas abreviaturas para el ACC y sus termotipos y ombrotipos óptimos.

A continuación se utilizaron los datos climáticos obtenidos con anterioridad, utilizando técnicas de interpolación, para generar los mapas de los parámetros It/ltc, lo e lc con ArcGIS y Quantum GIS, valiéndonos principalmente de

técnicas de Cokriging (Díaz Viera, 2002) a partir del modelo digital del terreno que obtuvimos de la página web del Instituto Geográfico Nacional. Para realizar estas técnicas, solo se necesitó transformar los datos en el caso de los mapas de lo, ya que tanto para el It/ltc como para el lc los datos seguían una distribución normal.

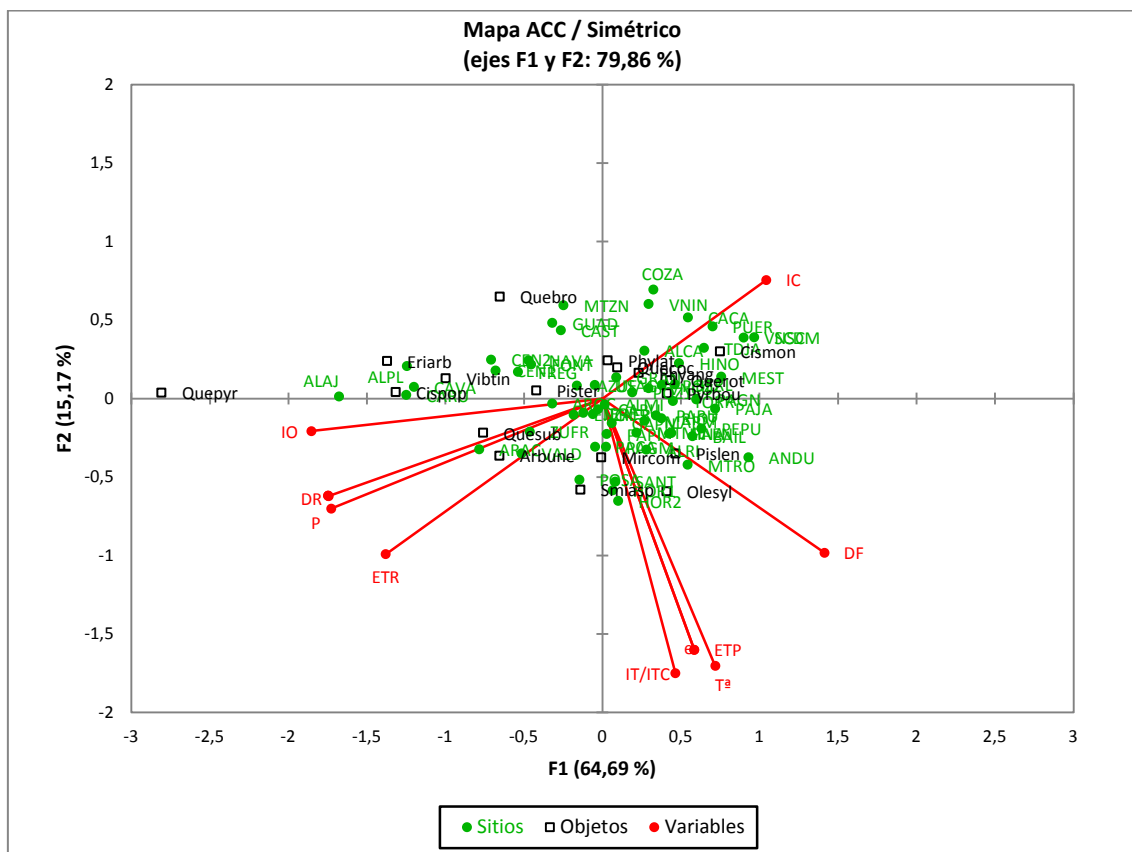


Figura 3: Plantas utilizadas colocadas siguiendo el mismo orden que la tabla 6.

5. RESULTADOS

5.1. Análisis Canónico de Correspondencias (ACC)

En primer lugar se realizó un Análisis Canónico de Correspondencias con todas nuestras variables. Como podemos observar en la gráfica 1, el intervalo de confianza es relativamente bajo, ya que para que sea correcto, su valor tiene que estar lo más próximo posible al cien por ciento. Para solucionar esto, se eliminaron las variables redundantes para evitar que hicieran ruido y poder tener un análisis estadístico más fiable. Como podemos observar en la gráfica 2, utilizando solo 4 variables (IC, IT/ITC, IO, ETP) aumenta significativamente el valor de confianza y se reduce el ruido, por lo que los resultados son más fiables.

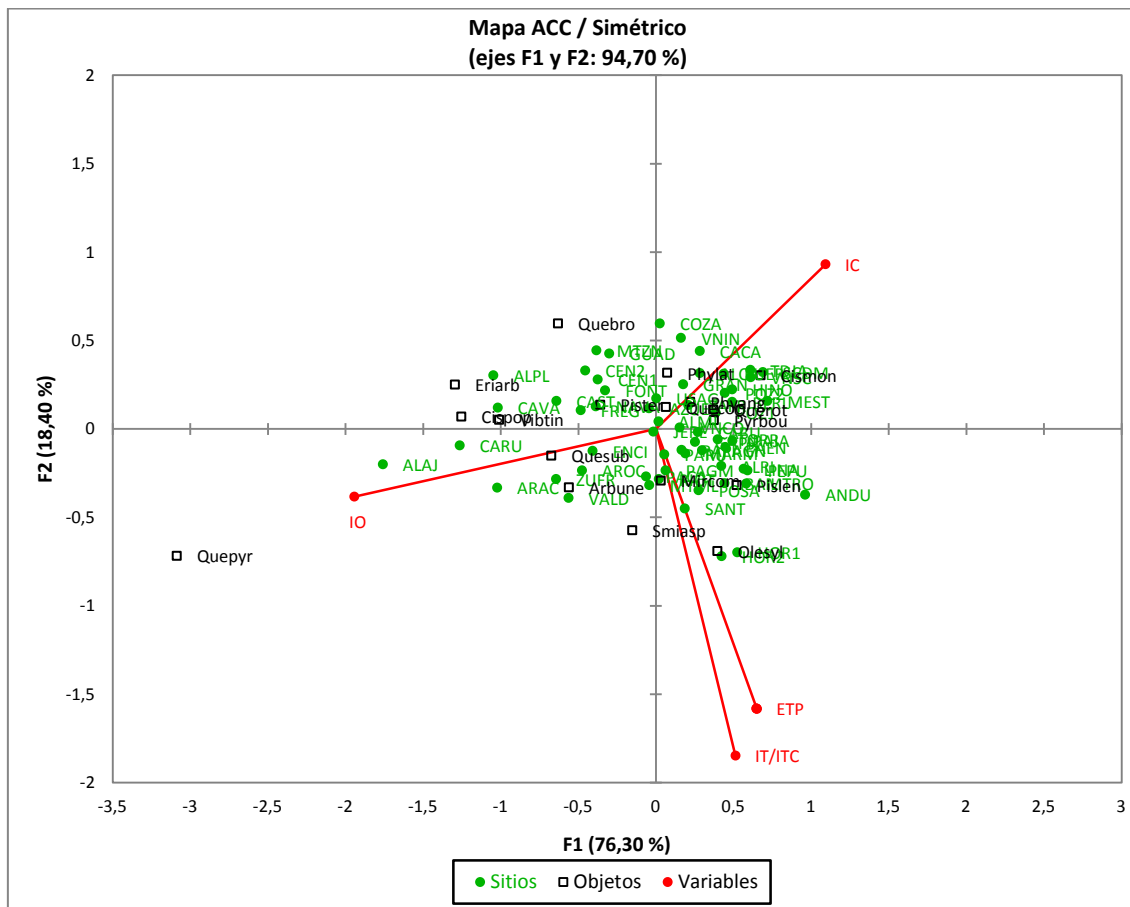


Gráfica 1: Análisis de Correspondencias Canónicas realizado con todas nuestras variables.

Estos resultados muestran la influencia que tienen los índices bioclimáticos utilizados en las plantas y estaciones seleccionadas. En la gráfica 2 podemos ver como las plantas más termófilas (*Smilax aspera*, *Olea sylvestris*, *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*) están más desplazadas hacia el It/Itc; las que requieren más humedad (*Quercus pyrenaica*, *Erica arborea*, *Cistus populifolius*,

Viburnum tinus, *Quercus suber*, *Arbutus unedo*, *Pistacia terebinthus*, *Quercus brotero*) están más cerca del Io; las que se adaptan mejor a la continentalidad (*Cistus monspeliensis*, *Phillyrea latifolia*) se acercan más al Ic; y las plantas más generalistas (*Quercus rotundifolia*, *Quercus coccifera*, *Phillyrea angustifolia*, *Pyrus bourgaeana*) están situadas en torno al centro de la gráfica.

Esto deja claro la importancia de los bioindicadores y, a su vez, la de los índices bioclimáticos ya que, con la ayuda de ambos factores, podemos saber a ciencia cierta cuáles son las condiciones de esa zona en concreto y podríamos predecir los posibles cambios que se puedan producir en el ambiente, lo que ayuda en gran medida a la gestión y conservación del medio.



Gráfica 2: Análisis de Correspondencias Canónicas realizado solo con las variables que más influyen en los análisis.

Como hemos visto en la gráfica anterior, el Io, el It/Ic y el Ic son las variables más representativas y, por tanto, las que usamos para confeccionar los mapas.

5.2. Mapas bioclimáticos

5.2.1. Mapa de termotipos

En la figura 4 podemos observar el mapa de termotipos, en el que tenemos un termomediterráneo superior en el sur del territorio, junto al río Guadalquivir; un mesomediterráneo superior en la zona Noreste, la zona de la meseta; y un mesomediterráneo inferior en el resto del territorio.

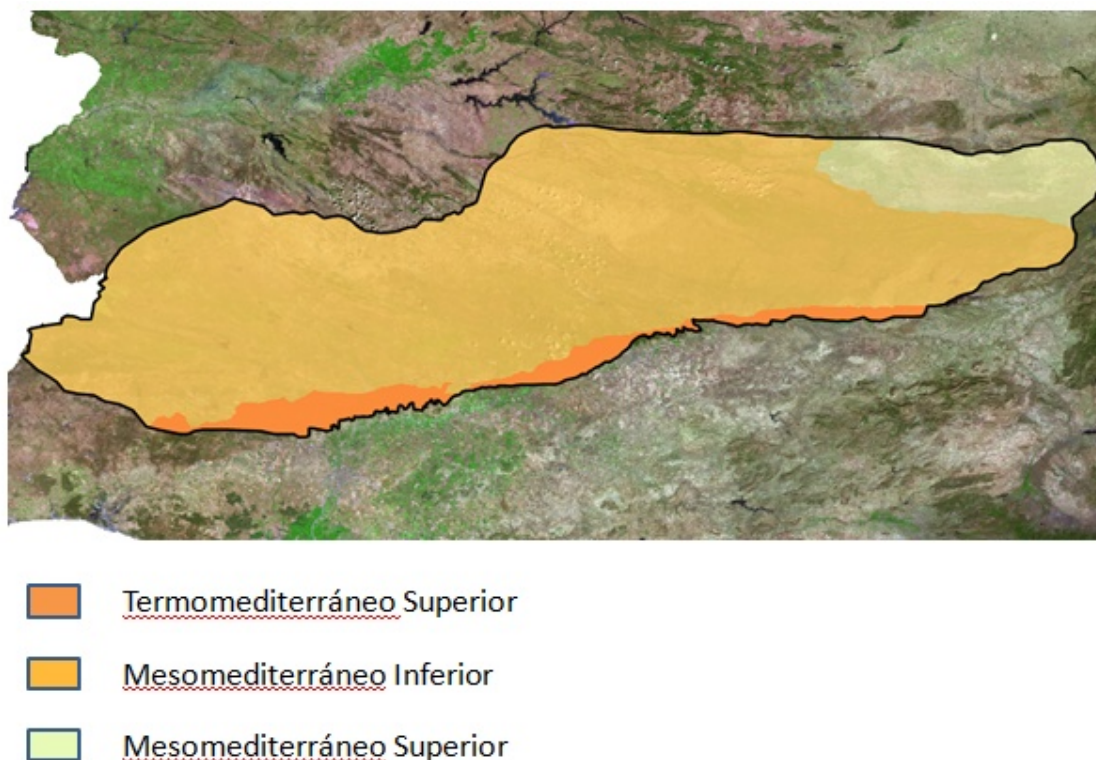


Figura 4: Mapa de Termotipos (It/Itc).

Cabe destacar que en la zona de Despeñaperros encontramos el termotipo supramediterráneo por encima de los 1100-1150 metros, ya que allí se encuentra la asociación *Sorbo torminalis-Quercetum pyrenaicae* (Cano & Valle, 1990), que consiste principalmente en un bosque caducifolio supramediterráneo y húmedo de *Quercus pyrenaica* acompañado de *Sorbus torminalis*, *Sorbus aria* y *Acer monspessulanum* entre otras plantas.

Aunque estas no son las únicas comunidades existentes que nos indican el termotipo en éste territorio, ya que existen otras plantas y comunidades como *Genista florida* o *Festuca elegans*, que también nos indican que allí existe este termotipo, así como las comunidades de fenalar, *Avenula occidentalis*-

Festucetum elegantis (Cano et al. 1996), *Echinosparto iberici-Juniperetum lagunae* (Cano et al. 2007), *Genisto floridae-Adenocarpetum argyrophylli* (Pinto Gomes et al. 2012), asociaciones que han sido descritas todas ellas en el supramediterráneo de sierra Morena oriental, aunque otras como *Quercus pyrenaica* presente el supramediterráneo en este territorio solo si está acompañado de *Sorbus torminalis* y otras plantas supramediterráneas (Tabla 7).

Planta	Asociación
<i>Quercus pyrenaica</i>	<i>Sorbo torminalis-Quercetum pyrenaicae</i>
<i>Luzula forsteri</i>	
<i>Erica aragonensis</i>	<i>Halimio ocymoidis-Ericetum aragonensis</i>
<i>Echinospartum ibericum</i>	<i>Echinosparto iberici-Juniperetum lagunae</i>
<i>Genista florida</i>	<i>Genisto floridae-Adenocarpetum argyrophylli</i>
<i>Festuca elegans</i>	<i>Avenulo occidentalis-Festucetum elegantis</i>

Tabla 7: Plantas bioindicadoras del supramediterráneo y las asociaciones a las que corresponden en Sierra Morena.

Esto no se refleja en el mapa porque, al haber basado el trabajo en datos de estaciones climáticas, nos encontramos con la desventaja de que estas estaciones se encuentran principalmente en municipios o pantanos, por lo que no tenemos datos de las cumbres, y por lo tanto no se reflejan en nuestro mapa.

5.2.2. Mapa de ombrotipos

En la figura 5 observamos el mapa de ombrotipos, en el podemos ver que hay un ombrotipo subhúmedo en la zona de Castellar de Santisteban y por toda la zona de la Sierra de Aracena y Picos de Aroche, llegando incluso al subhúmedo superior e incluso al húmedo en algunos puntos; un ombrotipo seco inferior en la zona de la meseta, los pueblos de Jaén situados junto al río Guadalquivir y algunos puntos de la Sierra Morena Cordobesa; y un ombrotipo seco inferior en el resto del territorio.

Cabe destacar también que en la Sierra de Despeñaperros, entre los 700 metros de altitud y la cumbre, se dan los ombrotipos subhúmedo y húmedo en las caras Norte, representados por la asociación *Doronico plantaginei-*

Quercetum canariensis en los barrancos, rodeada de *Arbutus unedo*-*Quercetum pyrenaicae*. Esto ocurre exactamente por la misma razón que ocurría en el mapa de termotipos: la falta de datos en las cumbres.

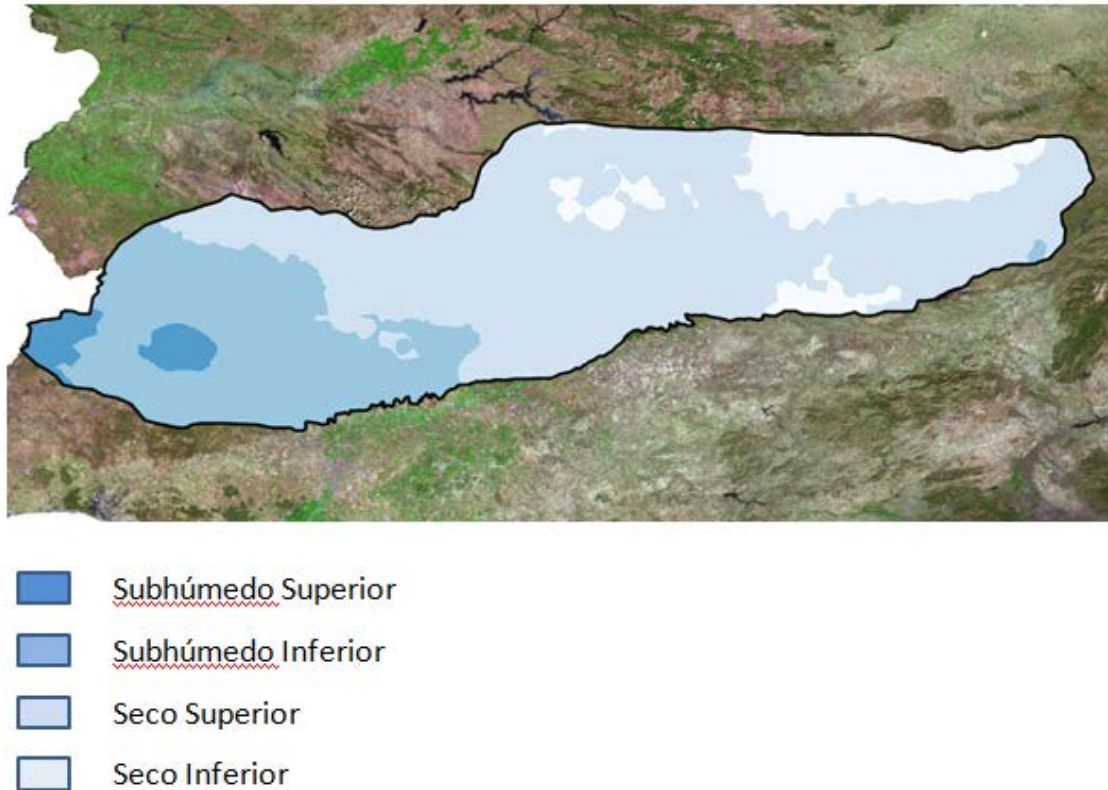
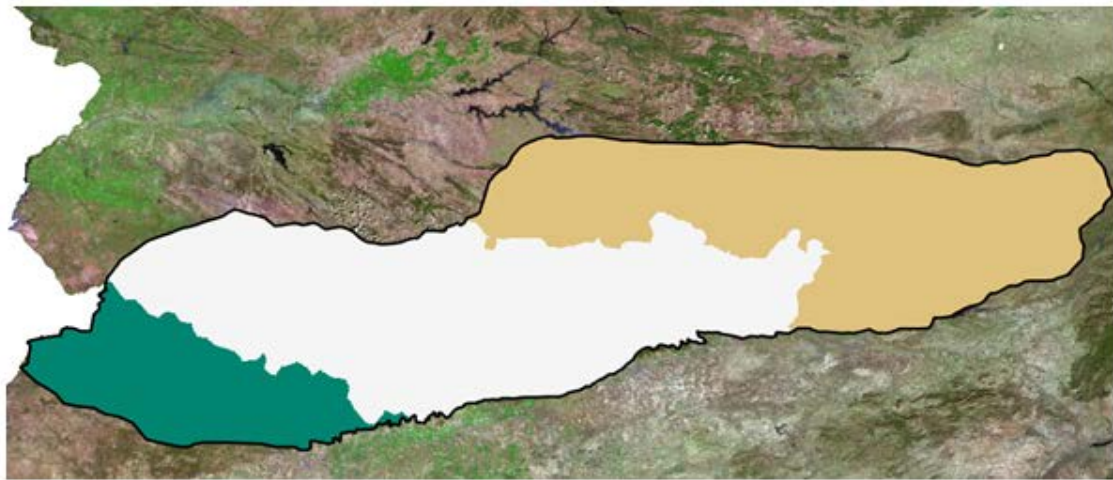


Figura 5: Mapa de Ombrotipos (Io).

5.2.3. Mapa de continentalidad

En la figura 6 observamos el mapa de continentalidad, en el que obtenemos un semicontinental acusado en las provincias de Ciudad Real y Jaén principalmente; un semicontinental atenuado en las provincias de Córdoba, Sevilla y Badajoz; y un oceánico en la provincia de Huelva. En este caso, al no tener influencia las cumbres en la continentalidad, el mapa no precisa ningún tipo de corrección.



-  Semicontinental Acusado
-  Semicontinental Atenuado
-  Euoceánico

Figura 6: Mapa de Continentalidad (Ic).

6. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo se corresponden en gran medida con los obtenidos por otros investigadores en diversos estudios realizados en la zona.

La gráfica 2 corrobora lo indicado por Cano *et al.* (2004) respecto a la localización y el ambiente de los quejigares de *Quercus broteroi*: estos quejigares, además de requerir cierta humedad, aguantan muy bien los cambios bruscos de temperatura propiciados por la continentalidad, por lo que ocupan los nichos de *Quercus suber* cuando aumenta la misma.

En la figura 3 tenemos un termotipo mesomediterráneo inferior en casi todo el territorio pero, como ya comentamos anteriormente, existe el termotipo mesomediterráneo superior y el supramediterráneo, corroborado por Cano & Valle (1990), aunque con nuestros datos y siguiendo nuestro procedimiento de procesamiento de los mismos no era posible representar estos termotipos en un mapa.

En la figura 4 podemos observar que existe un ombrotipo seco superior en la zona más nororiental del territorio, más concretamente en los municipios de Cózar y Villanueva de los Infantes, tal y como afirman Ladero *et al.* (2006).

7. CONCLUSIONES

Las conclusiones de este trabajo son las siguientes:

Existe una correlación muy clara entre las especies vegetales y el ambiente en el que viven, teniendo cada una apetencias por cada factor diferentes de otras plantas del mismo territorio.

Los datos de las estaciones climáticas de Sierra Morena por si solos no son suficientes para poder realizar correctamente los mapas de termotipos y ombrotipos, sino que se precisa de la interpolación de datos de abundancia de especies vegetales bioindicadoras en las zonas de máxima altitud, como ocurre con *Festuca elegans* y *Genista florida* entre otras para el termotipo supramediterráneo. Esto no ocurre con el mapa de continentalidad.

Las especies bioindicadoras y los índices bioclimáticos son un gran recurso a la hora de estudiar un territorio desde el punto de vista bioclimático y florístico, por lo que su uso en éste tipo de estudios es esencial.

8. BIBLIOGRAFÍA

Alcaraz Ariza, F. (2008): Geobotánica. *Universidad de Murcia*.

Araque Jiménez, E. & Sánchez Martínez, J. D. (2006): La propiedad de los montes en Sierra Morena Occidental (Jaén), a través de algunas fuentes documentales. *Elucidario*, 1, 175-236.

Baena Escudero, R. & Díaz del Olmo, F. (1988). Paleokarst de Sierra Morena (Sector Cazalla-Constantina, Hespérico meridional): Superficies de corrosión y poljes. *Cuaternario y Geomorfología*, 2 (1-4), 13-22.

Baeza Rojano, L. J., Ruiz García, C., Ruiz Montes, M. & Sánchez, A. (1981): Mineralización exhalativo-sedimentaria de sulfuros polimetálicos en la Sierra Morena Cordobesa (España). *Boletín Geológico y Minero*, T. XCII-III, 203-216.

Braun Blanquet, J. (1964): Pflanzensoziologie. grundzüge der vegetationskunde *Springer-Verlag*, Wien. [Traducción, 1979: Fitosociología, bases para el estudio de las comunidades vegetales. *Editorial Blume*, Madrid].

Cano, E., García-Fuentes, A., Torres, J.A., Pinto-Gomes, C.J., Cano-Ortiz, A., Montilla, R.J., Muños, J.J. & Rodríguez, A. (2004): Estudio de los quejigares de Sierra Morena oriental. *Lagascalia*, 24, 51-61

Cano, E., Melendo, M. & Cano-Ortiz, A. (2003): Vegetación basófila de Sierra Morena. *In Memoriam al Profesor Dr. Isidoro Ruiz Martínez*, 79-99.

Cano, E. & Valle, F. (1990): Formaciones boscosas en Sierra Morena Oriental (Andalucía, España). *Acta Bot. Malacitana*, 15, 231-237.

Cano, E. & Valle, F. (1996): Catálogo florístico de Sierra Quintana: Sierra Morena (Andújar, Jaén). *Monogr. Jard. Bot. Córdoba*, 4, 5-73.

Cano, E., Sánchez Pascual, N. & Valle, F. (1996): Nuevas asociaciones vegetales para el suroeste ibérico (España). *Documents phytosociologiques*, XVI, 79-84.

Cano, E., Rodríguez Torres, A., Pinto-Gomes, C., García Fuentes, A., Torres, J.A., Salazar, C., Ruiz, L., Cano Ortiz, A. & Montilla, R. (2007):

Analysis of the *Juniperus oxycedrus* L. in the centre and south of the Iberian peninsula (Spain and Portugal). *Acta Bot. Gallica*, 154 (1), 79-99.

Cano-Ortiz, A., Esteban, F. J., Pinto-Gomes, C., Rodríguez-Torres, A., Goñi, J., De la Haza, I. & Cano, E. (2007): Caracterización de comunidades agroforestales: Análisis multivariable y bayesiano. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.*, 22, 25-29.

Costa, M. (1982): Pisos Bioclimáticos y Series de Vegetación en el área valenciana. *Cuad. de Geogr.*, 31, 129-142.

Devesa, J. A. & Cabezudo, B. (1978): Contribución al estudio florístico del batolito de los pedroches. *Lagascalia*, 8(1), 53-103.

Díaz del Olmo, F. (1983): Sierra Morena. Nuevas consideraciones en sus interpretaciones de geomorfología y geología regional. *Revista de Estudios Andaluces*, 1, 35-42.

Díaz del Olmo, F., Baena Escudero, F. & Álvarez García, G. (1998): Karst y paleokarst de Sierra Morena (Sector Ossa-Morena, Hespérico meridional). *Karst en Andalucía*, 87-92.

Díaz Viera, M. A. (2002): Geoestadística Aplicada.

García-Fuentes, A. (1996): Vegetación y Flórula del Alto Valle del Guadalquivir: Modelos de Regeneración. *Tesis Doctoral Universidad de Jaén*.

García Río, R. (1999): Aportaciones a la flora de Sierra Morena (Ciudad Real, España). *Botanica Complutensis*, 23, 115-132.

García Río, R. (2007): Flora y vegetación de interés conservacionista de Sierra Madrona y su entorno (Ciudad Real, Sierra Morena, España). *Ecosistemas*, 16(1), 97-111.

Humboldt, A. v. (1807): Ideen zu einer Geographie der Pflanzen nebst einem Naturgemälde der Tropenländer. *Mit einer Kupfertafel*, Tübingen/Paris: Cotta/F. Schoell. I cite the reprint in: Alexander von Humboldt, *Studienausgabe*, Sieben Bände, hrsg. von Hanno Beck, Band I, 42–161 (Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1989). In: Knobloch, 2006.

Instituto Nacional de Meteorología. (1991): Síntesis de los datos climáticos elementales de Andalucía.

Jacquin, J. P. & Pineda Velasco, A. (1980): Sobre la metalogenia del subdistrito de La Carolina (Sierra Morena oriental, España). Una nueva interpretación posible. Reflexiones sobre su investigación. *Studia Geologica Salmanticensia*, XVI, 59-70.

Knobloch, E. (2006): Alexander von Humboldt: The explorer and the scientist. *2nd International Conference of the European Society for the History of Science*, chapter 2.

Köppen, W. (1918): Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahresablauf (Classification of climates according to temperature, precipitation and seasonal cycle). *Petermanns Geogr. Mitt.*, 64, 193-203, 243-248.

Ladero Álvarez, M., Luengo Ugidos, M., Santos Bobillo, M.T., González Iglesias, J., Alonso Beato, M.T. & Sánchez Rodríguez, M.E. (2006): Vegetación del entorno del Balneario de Cervantes, Santa Cruz de Mudela (Ciudad Real). *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia*, 72, 321-368.

Loidi, J. (1999): General description of the Iberian Peninsula: substrate and relief. *Itinera Geobotanica*, 13, 17-41.

Lotze, F. (1945): Zur gliederung der Varisciden der Iberischen Meseta. *Geotektonische Forschungen*, 6, 1-12 [Traducción, 1950: Observaciones respecto a la división de las varíscides de la Meseta Ibérica. *Publicaciones extranjeras sobre Geología de España*, 5, 149-166]. In: Wagner, 2013.

Martín Serrano, A. (1994): El relieve del Macizo Hespérico: Génesis y cronología de los principales elementos morfológicos. *Cuaderno del Laboratorio Xeológico de Laxe*, 19, 37-55.

Melendo, M. (1998): Cartografía y ordenación vegetal de Sierra Morena: Parque Natural de las Sierras de Cardeña y Montoro (Córdoba). *Tesis Doctoral Universidad Jaén*.

Moreira, J. M. (1989): La erosión de los suelos en Andalucía Occidental. *El Cuaternario en Andalucía Occidental. AEQUAMonografías*, 1, 171-187.

Muñoz, J. (1992): Estructura geológica y modelado fluvial en la diferenciación morfológica de Sierra Morena. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 12, 255-263.

Pérez Latorre, A. V., Nieto Caldera, J. M. & Cabezudo, B. (1993): Contribución al conocimiento de la vegetación de Andalucía. II. Los alcornocales. *Acta Bot. Malacitana*, 18, 223-258.

Pinto-Gomes, C., Cano-Ortiz, A., Quinto-Canas, R., Vila-Viçosa, C., Martínez Lombardo, M^a C. (2012): Analysis of the Cytisetea scopario-striati scrubs in the south-west-centre of the Iberian Peninsula. *Acta Botanica Gallica*, 159(2), 251-266.

Raya, J. (2008): Análisis de la variabilidad de la vegetación de Sierra Morena (España). *Tesis Doctoral Universidad de Córdoba*.

Rivas-Goday, S. (1964): Vegetación y flórmula de la cuenca extremeña del Guadiana. *Publicación Diputación Provincial Badajoz*.

Rivas-Goday, S., Borja Carbonell, J., Esteve Chueca, F., Fernández-Galiano, E., Rigual Magallon, A. & Rivas Martínez, S. (1959): Contribución al estudio de la Quercetea ilicis hispánica. *Anales Inst. Bot. Cavanilles*, 17 (2), 285-403.

Rivas-Martínez, S. (1995): La Fitosociología en España. Discurso de investidura como Doctor Honoris Causa a Salvador Rivas Martínez por la Universidad del País Vasco.

Rivas-Martínez, S. (1996): Geobotánica y Bioclimatología. *Discurso del Acto de Investidura como Doctor Honoris Causa*, Publ., Universidad de Granada.

Rivas-Martínez, S. (2004): Global Bioclimatics (Clasificación bioclimática de la Tierra). *Centro de Investigaciones Fitosociológicas*, España.

Rivas-Martínez, S & Rivas-Sáenz, S. (1996-2015): Sistema de Clasificación Bioclimática Mundial. Centro de Investigaciones Fitosociológicas, España. <http://www.ucm.es/info/cif>.

Rodríguez Vidal, J., Cáceres Puro, L. & Rodríguez Ramírez, A. (1991): La red fluvial cuaternaria en el piedemonte de Sierra Morena Occidental. *Cuadernos I. Geográfica*, 17 (1-2), 37-45.

Rodríguez Vidal, J., Villalobos, M., Jorquera, A. & Díaz del Olmo, F. (1988): Geomorfología del sector meridional de la Cuenca del Guadiana. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 1, (1-2), 157-164.

Rübel, E. (1922): Geobotanische Untersuchungsmethoden. *Gebrüder Borntraeger*, Berlin.

Unión Europea (1992): Directiva 92/43/CCE del Consejo de 21 de Mayo de 1992 relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, L 206, 7-50.

Van Der Maarel, E. (1979): Transformation of cover abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio*, 39, 97-114.

Wagner, R. H. (2013): El significado geológico de las cuencas carboníferas con flora fósil de Sierra Morena. *XXIX Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*, 40-55.

9. AGRADECIMIENTOS

Por la ayuda prestada en la realización de este trabajo quiero agradecer a D. Jose Carlos Piñar Fuentes, así como a todos y cada uno de los asistentes al Seminario Internacional en Gestión y Conservación de la Biodiversidad IX: “La Geobotánica aplicada a la gestión de Espacios Naturales”, Riaño (León, España), 20 al 25 de Julio 2015, por sus consejos y observaciones.

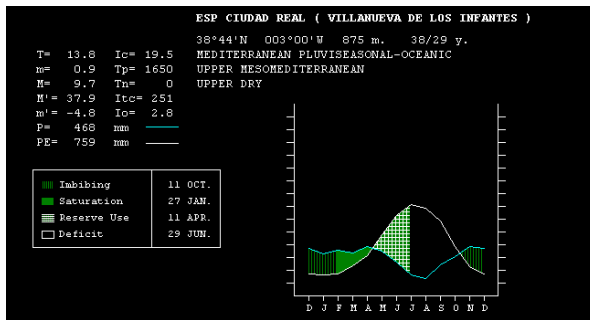


Figura 8: Ejemplo de diagramas bioclimáticos para el ombrotipo seco superior (Villanueva de los infantes).

Fuente: www.globalbioclimatics.org.

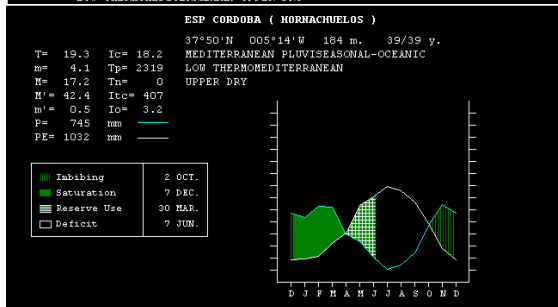
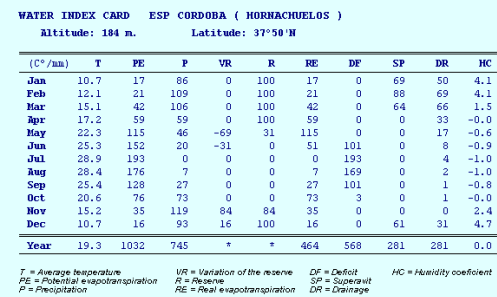
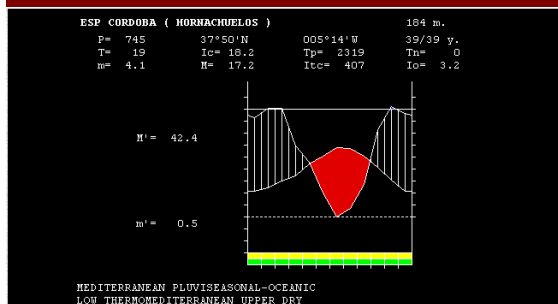
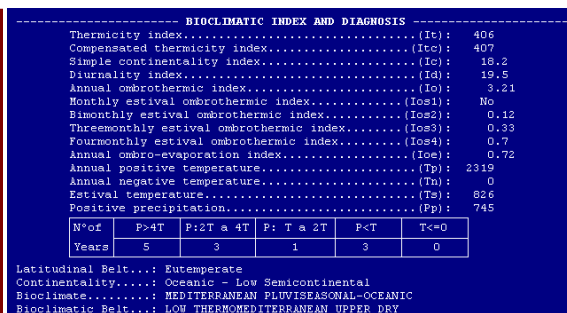
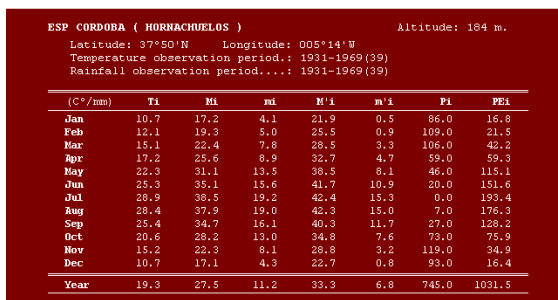
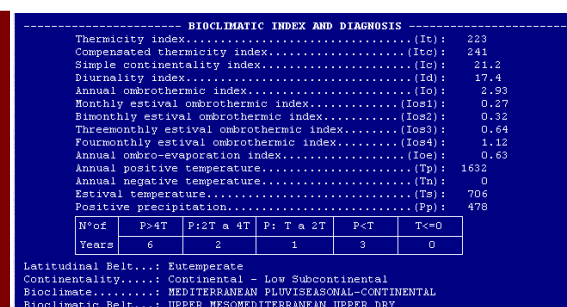
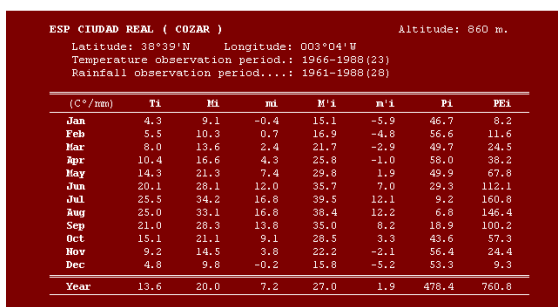


Figura 9: Ejemplo de diagramas bioclimáticos para el termotipo termomediterráneo (Hornachuelos).

Fuente: www.globalbioclimatics.org.



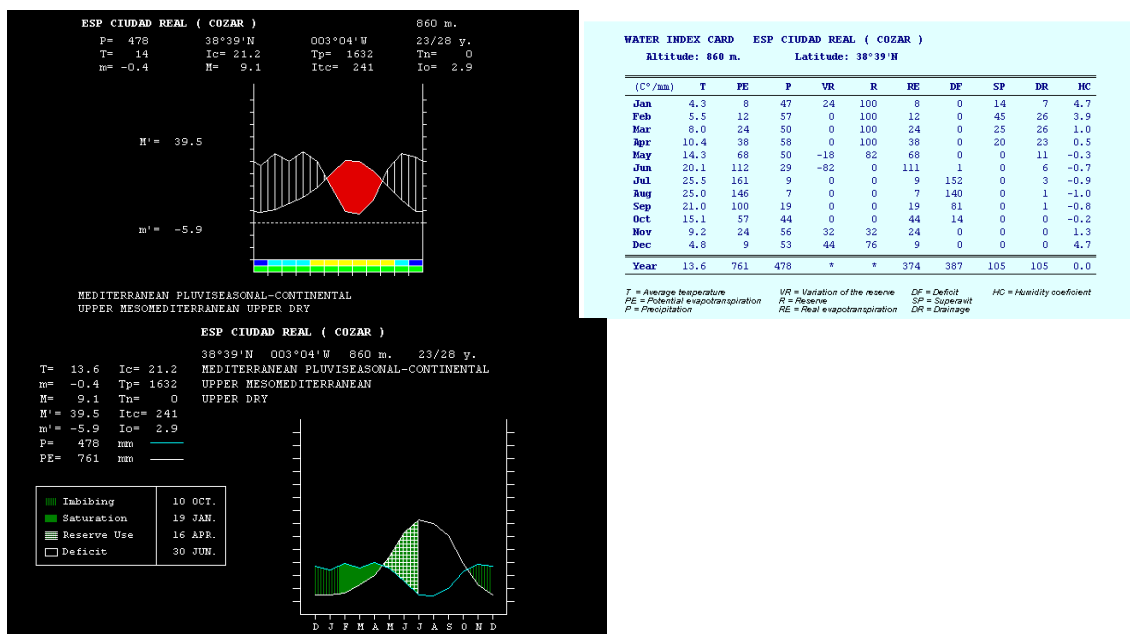


Figura 10: Ejemplo de diagramas bioclimáticos para el termotipo mesomediterráneo superior (Cádiz).

Fuente: www.globalbioclimatics.org.