

Mapa bioclimático del Parque Nacional Sierra de las Nieves (Málaga, España) basado en bioindicadores: implicaciones para los hábitats de pinsapar y alta montaña

Andrés Vicente PÉREZ-LATORRE & Andros SOLAKIS-TENA

Departamento de Botánica y Fisiología Vegetal, Facultad de Ciencias, Campus de Teatinos, Universidad de Málaga, 29010, Málaga, España

Correspondencia

A.V. Pérez-Latorre

E-mail: avperez@uma.es

Recibido: 7 diciembre 2023

Aceptado: 6 mayo 2024

Publicado on-line: 17 julio 2024

Resumen

En este estudio se obtienen los límites altitudinales de termotipos (pisos bioclimáticos) para generar capas de información geográfica y bioclimática que puedan utilizarse para situar bioclimáticamente hábitats de interés comunitario (HIC). La información altitudinal y bioclimática es proporcionada por bioindicadores (flora vascular y comunidades vegetales) en el Parque Nacional de la Sierra de las Nieves (Málaga, España). Dicha información ha sido cotejada con la clasificación de Rivas-Martínez (termotipos), generándose capas SIG y localizando dos HIC importantes (pinsapares: *Abies pinsapo* y vegetación de alta montaña: *Juniperus communis*) en sus intervalos altitudinales y bioclimáticos. Existe una elevada concordancia con los termotipos esperados. Los pinsapares ocupan fundamentalmente sus termotipos característicos (supra y mesomediterráneo) y escasamente oromediterráneo y termomediterráneo; la vegetación de alta montaña presenta elevada superficie en su termotipo (oromediterráneo), confiriéndole valor biogeográfico y conservacionista.

Palabras clave: Bioclima; Espacio natural protegido; Hábitat de interés comunitario (HIC); Vegetación; Pisos bioclimáticos.

Abstract

Bioclimatic map of the Sierra de las Nieves National Park (Málaga, Spain) based on bioindicators: implications for Spanish fir and high mountain habitats

In this study, the altitudinal limits of the thermotypes (bioclimatic belts) were determined in order to generate geographical and bioclimatic information layers that can be used to bioclimatically locate habitats of community interest (HCI). Altitudinal and bioclimatic information is provided by bioindicators (vascular flora and plant communities) in the *Sierra de las Nieves* National Park (Malaga, Spain). This information has been compared with the classification of Rivas-Martínez (thermotypes), generating GIS layers and locating two important HCI (pinsapares: *Abies pinsapo* and high mountain vegetation: *Juniperus communis*) in their altitudinal and bioclimatic intervals. There is a high concordance with the expected thermotypes. The Spanish firs mainly occupy their characteristic thermotypes (supra- and mesomediterranean) and scarcely oromediterranean and thermomediterranean; the high mountain vegetation has a high surface area in its thermotype (oromediterranean), meaning biogeographical and conservationist value.

Key words: Bioclimate; Protected natural area; Habitat of community interest (HCI); Vegetation; Bioclimatic belts



Introducción

La gestión de los Espacios Naturales Protegidos exige la creación de documentos que recojan todos los aspectos del medio natural (Plan de Ordenación de Recursos Naturales, PORN) para realizar una zonificación y ordenación de los usos acordes con la conservación (Plan Rector de Uso y Gestión, PRUG; Ley 42/2007).

Entre los datos del medio natural (incluibles en el PORN) el clima del espacio protegido es fundamental para entender el funcionamiento y adaptaciones de la biodiversidad y de las comunidades de seres vivos, entre ellas la diversidad vegetal (flora) y las comunidades vegetales (vegetación) (Walter 1977, De León-Llamazares 1986). La bioclimatología es la ciencia que se encarga de estudiar cómo el clima afecta a la biodiversidad, generando índices bioclimáticos y clasificaciones bioclimáticas que ayudan a entender la distribución de los seres vivos en el Planeta y a escalas menores (Allué-Andrade 1990, Fernández-González 1997, Rivas-Martínez, 2007). Entre los sistemas de clasificación bioclimática mundial, uno de los más modernos y mejor adaptados a la flora y vegetación del hemisferio norte y la península ibérica es el de Rivas-Martínez (1987, 2007) y Rivas-Martínez *et al.* (2002a, 2002b, 2011b) con ciertas adiciones (Piñas *et al.* 2008a, 2008b, Loidi, 2017). Las distintas obras botánicas definen el intervalo altitudinal en el que se desarrolla una planta como un factor muy importante para entender su distribución, y así aparece en los datos de cada taxón, por ejemplo, en *Flora iberica* (Castroviejo *et al.* 1986-2021) y Flora Vascular de Andalucía Oriental (Blanca *et al.* 2011). Por otro lado, se pueden establecer los parámetros bioclimáticos en los que se mueve una comunidad vegetal, conociendo su distribución y los datos climatológicos de las estaciones incluidas en la misma (Nieto *et al.* 1994). Esta es la base para el uso de plantas y comunidades como bioindicadores, ya que su presencia indica a su vez, de un modo bidireccional, la existencia de determinados valores de los índices bioclimáticos.

El Parque Nacional Sierra de las Nieves fue declarado en 2021 (Ley 9/2021) y aún no tiene PORN ni PRUG. Es un espacio de gran riqueza biogeográfica con 3 sectores de dos provincias distintas (Pérez-Latorre *et al.* 2019) y de muy elevada fitodiversidad, con 1387 taxones (Cabezudo *et al.* 2022). Además, se trata de un espacio fuer-

temente contrastado orográficamente, reconociéndose 4 termotipos o pisos bioclimáticos de los 5 posibles en la Península (Pérez-Latorre *et al.* 1998, Rivas-Martínez 2007), por lo que un mapa bioclimático a escala de detalle del mismo sería muy útil para su zonificación y gestión, así como base para estudios de distribución y adaptaciones de su elevada biodiversidad. Sin embargo, a la hora de realizar dicho estudio y mapa bioclimático, en el interior del Parque Nacional solo existe una estación meteorológica con datos bioclimáticos publicados (De León 1989, Rivas-Martínez 2007, López *et al.* 2009) y son muy escasas las existentes cerca de sus límites. Existen obras cartográficas con límites de series de vegetación (Rivas-Martínez 1987, Valle *et al.* 2004) que, por tanto, conllevan información sobre límites bioclimáticos (termotipos) de las mismas, pero son de escala muy grande (península ibérica y Andalucía). Aproximaciones a la bioclimatología de la provincia de Málaga y de Andalucía (por tanto, mayor escala) fueron realizadas, respectivamente, por López *et al.* (2009) y Piñas *et al.* (2009). Por otro lado, existe un estudio técnico general de la flora y vegetación del área aproximada del Parque Nacional (Cabezudo *et al.* 1998; Parque Natural Sierra de las Nieves) donde podemos destacar un capítulo de bioclimatología con fitoindicadores, sinfitoindicadores bioclimáticos y sus límites altitudinales y termotipos (pisos bioclimáticos). También se pueden encontrar estudios de espacios naturales protegidos cercanos, muy similares orográficamente y con aproximaciones a los límites altitudinales de los termotipos por parte de bioindicadores (*Los Alcornocales y Tejada-Almijara-Alhama*, Pérez-Latorre *et al.* 1999, 2005). Respecto a la relación directa entre la distribución de comunidades vegetales y los valores de los índices bioclimáticos, se han establecido modelos para la formación vegetal del alcornocal en el ámbito andaluz (Nieto *et al.* 1994).

Por otro lado, en el espacio natural estudiado, existe una gran diversidad de hábitats de interés comunitario (Directiva 92/43UE) que están definidos en gran parte por la vegetación y para los cuales se han designado Zonas Especiales de Conservación (ZEC) de la red NATURA 2000 europea para su conservación. Entre ellos, destacan en el Parque los pinsapares de *Abies pinsapo* Boiss. (*Bunio macucae-Abietetum pinsapo* y *Paeonio broteroi-Abietetum pinsapo* para el código 9520+), y la vegetación de alta montaña medite-

rránea (*Abieti pinsapo-Juniperetum sabiniae* para el 4060+). Ambos están en el punto de mira por su comportamiento futuro frente a un cambio en el clima que pueda alterar la distribución altitudinal de los mismos (Peñas *et al.* 2019, Hidalgo-Triana *et al.* 2023). Por ello pueden considerarse buenos ecosistemas piloto para estudios de variaciones en el bioclima.

El primer objetivo de este trabajo es generar un mapa bioclimático de termotipos para el Parque Nacional en forma de capa para plataformas cartográficas y sistemas de información geográfica (SIG), basado en la distribución altitudinal y bioclimática conocida de fitoindicadores y sinfitoindicadores y utilizando las isolinneas de nivel como límite entre los termotipos.

Como segundo objetivo, calcular la geolocalización cuantitativa de áreas de distribución de Hábitats de Interés Comunitario (HIC) de montaña y alta montaña en los límites altitudinales termoclimáticos propuestos y si se corresponde con lo esperado en las descripciones fitocenológicas de las fuentes bibliográficas.

Material y métodos

Fitoindicadores, sinfitoindicadores e isolinneas de nivel altitudinal

Los fitoindicadores y sinfitoindicadores y su distribución termoclimática y altitudinal provienen del trabajo de Cabezudo *et al.* (1998) modificados en algunos casos por Pérez-Latorre *et al.* (1998) (Tablas 1 y 2). En el trabajo de Cabezudo *et al.* (1998) se propusieron isolinneas de nivel altitudinal (Tabla 2) como límites espaciales para las comunidades vegetales, usando los termotipos de Rivas-Martínez (1987) (Tabla 3), y el piso bioclimático en que se desarrollaba cada bioindicador, diferenciando su frecuencia y el piso principal de desarrollo. Se han establecido los límites altitudinales de los termotipos (Tabla 3) utilizando las especies bioindicadoras de Cabezudo *et al.* (1998) de la tabla 1 (solo Parque Natural Sierra de las Nieves) según los datos en Blanca *et al.* (2011) para toda Andalucía Oriental. En la tabla 3 también se muestran los límites altitudinales de los termotipos utilizando las altitudes de los inventarios de comunidades vegetales bioindicadoras de Cabezudo *et al.* (1998) de la tabla 2. En el trabajo de Pérez-Latorre *et al.* (1998) se establecieron los siguientes límites altitudinales para los termoti-

pos: termomediterráneo de 200 a 600 (900) msnm, mesomediterráneo de 600 (900) a 1.200 (1.400) msnm, supramediterráneo de 1.200 (1.400) a 1.700 (1.800) msnm y oromediterráneo de 1.700 (1.800) a 1.919 msnm. La tabla 3 muestra todas las propuestas de límites altitudinales para los termotipos y la zona de estudio.

Respecto a las asociaciones y comunidades vegetales, los intervalos altitudinales proceden de los inventarios fitosociológicos en Cabezudo *et al.* (1998) y Pérez-Latorre *et al.* (1998). Los intervalos altitudinales y termotipos genéricos en el área de Andalucía Oriental provienen de Blanca *et al.* (2011). Las distribuciones bioclimáticas de los HIC provienen de la Guía de Identificación de HICs y de los trabajos de Rivas-Martínez (REDIAM 2022, Rivas-Martínez 1987, 2007, 2011b).

La nomenclatura de taxones y sintaxones sigue a Pérez-Latorre *et al.* (1998) y Cabezudo *et al.* (2022).

Para generar un mapa de termotipos (Rivas-Martínez 1987, 2009) (Tabla 4) más preciso, se han dividido los mismos en horizontes, tanto superior como inferior, dividiendo por la mitad sus correspondientes valores de: temperatura media anual (T), media de las máximas del mes más frío (M), media de las mínimas del mes más frío (m) (Rivas-Martínez 1987) y teniendo en cuenta los respectivos índices de termicidad (It e Itc) (Tabla 4). Para el caso del termotipo termomediterráneo, del cual está representado en el Parque su límite superior pero no el inferior, se ha tomado como inferior el nivel del mar (0 msnm) ya que según las últimas publicaciones (López *et al.* 2009) el termotipo inframediterráneo estaría presente en la misma línea de costa oriental malagueña (Algarrobo). En cuanto al oromediterráneo, solo existe altitud suficiente para la existencia del horizonte inferior, ya que, en Sierra Nevada, por ejemplo, el horizonte superior comenzaría a más de 2000 m (Pérez Raya *et al.* 1990).

Línea de cambio de orientación

Debido al fuerte efecto de solana-umbría y continentalidad (Pérez-Latorre *et al.* 1998, Cabezudo *et al.* 1998, 2022, Rivas-Martínez 2007) en el área del Parque, se ha trazado una línea (Fig. 1) que lo divide en dos mitades donde aplicar distintos límites altitudinales para los termotipos, ya que dichas altitudes son más elevadas para zonas orientadas

Fitoindicador (taxón vegetal)	TMSO	FVAO (msnm)	Fitoindicador (taxón vegetal)	TMSO	FVAO (metros)
<i>Calicotome villosa</i>	x - -	0-800 (t)	<i>Rhamnus myrtifolia</i>	. x x r	600-1.800 (t-s)
<i>Myrtus communis</i>	x - -	0-1.200 (t-m)	<i>Scabiosa turoloensis grosii</i>	. x x r	200-1.800(2.500) (t-o)
<i>Smilax altissima</i>	x - -	0-1.100 (t-m)	<i>Thymus granatensis</i>	. x x r	(600)1.000-2.200 (m-o)
<i>Arbutus unedo</i>	x r -	100-1.300 (t-m)	<i>Echinopartum boissieri</i>	. r x .	(500)800-2.200 (m-o)
<i>Aristolochia baetica</i>	x r -	0-800 (t-m)	<i>Paeonia coriacea</i>	. r x .	(1000)1.200-1.800 (m-s)
<i>Ceratonia siliqua</i>	x r -	0-700(1.000) (t-m)	<i>Ononis reuteri</i>	. r x r	900-1.900 (m-s)
<i>Chamaerops humilis</i>	x r -	0-1.200 (t-m)	<i>Santolina canescens</i>	. r x r	300-2.100 (t-o)
<i>Lapiedra martinezii</i>	x r -	0-700(800) (t)	<i>Saxifraga globulifera</i>	. r x r	300-1.300(1.800) (t-m)
<i>Nerium oleander</i>	x r -	0-1.200 (t-m)	<i>Sorbus aria</i>	. r x r	(700)1.000-1.800(2.000) (m-s)
<i>Phillyrea latifolia</i>	x r -	0-1.100 (t-m)	<i>Arenaria erinacea</i>	. r x x	1.000-2.200 (m-o)
<i>Pistacia lentiscus</i>	x r -	0-1.200 (t-m)	<i>Berberis hispanica</i>	. r x x	600-2.400 (m-o)
<i>Rubus ulmifolius</i>	x r -	100-1.500 (t-s)	<i>Bupleurum spinosum</i>	. r x x	1.000-2.500 (m-o)
<i>Asparagus acutifolius</i>	x x -	500-1.300(1.500) (t-m)	<i>Daphne laureola</i>	. r x x	800-2.000 (m-o)
<i>Cistus monspeliensis</i>	x x -	50-1.100 (t-m)	<i>Hieracium baeticum</i>	. r x x	1.300-2.000 (s-o)
<i>Halimium atriplicifolium</i>	x x -	300-1.600 (t-s)	<i>Rhamnus pumilus</i>	. r x x	1.000-2.100 (m-o)
<i>Lonicera implexa</i>	x x -	0-1.600 (t-m)	<i>Armeria villosa</i>	. . x .	1.200-1.800 (m-s)
<i>Phlomis purpurea</i>	x x -	0-1.200 (t-m)	<i>Centranthus nevadensis</i>	. . x .	(700)1.500-2.800 (s-o)
<i>Phillyrea angustifolia</i>	x x -	0-1.000 (t-m)	<i>Convolvulus boissieri</i>	. . x .	1.300-2.000 (s-o)
<i>Quercus coccifera</i>	x x -	0-1.200 (t-m)	<i>Geum sylvaticum</i>	. . x .	500-1.800 (t-s)
<i>Quercus suber</i>	x x -	0-1400(1500) (t-m)	<i>Ononis pusilla saxicola</i>	. . x .	700-1.700 (m-s)
<i>Rhamnus lycioides laderoi</i>	x x -	500-1200 (m)	<i>Asplenium caulescens</i>	. . x .	1.000-2.500 (m-o)
<i>Selaginella denticulata</i>	x x -	0-1200 (t-m)	<i>Prunus mahaleb</i>	. . x .	(700)1.000-2.000 (m-o)
<i>Teucrium fruticans</i>	x x -	0-1200 (t-m)	<i>Trifolium dubium</i>	. . x .	300-1.700 (m-s)
<i>Cistus albidus</i>	x x r	50-1600 (t-s)	<i>Trifolium repens nevadense</i>	. . x .	-
<i>Daphne gnidium</i>	x x r	50-1.600(2.100) (t-s)	<i>Veronica tenuifolia fontqueri</i>	. . x .	1.700-2.000 (o)
<i>Pinus halepensis</i>	x x r	0-1.500 (t-m)	<i>Genista longipes</i>	. . x .	(1.500)1.700-2.300 (s-o)
<i>Pinus pinaster</i>	x x r	0-1.700 (t-s)	<i>Acer opalus granatense</i>	. . x r	600-1.900 (m-s)
<i>Rosmarinus officinalis</i>	x x r	0-1.200(1.400) (t-m)	<i>Helianthemum appeninum suffruticosum</i>	. . x r	200-2.500 (t-o)
<i>Rubia peregrina</i>	x x r	0-2.100 (t-o)	<i>Vella spinosa</i>	. . x r	1.200-2.200 (s-o)
<i>Macrochloa tenacissima</i>	x x r	0-1.500 (t-m)	<i>Asplenium ruta-muraria</i>	. . x x	400-2.500 (t-o)
<i>Micromeria graeca</i>	x x r	10-1.100 (t-m)	<i>Astragalus nevadensis andres-molinae</i>	. . x x	(1.300)1.500-2.900 (s-o)
<i>Juniperus oxycedrus</i>	x x x	0-1.400 (t-m)	<i>Erinacea anthyllis</i>	. . x x	1.100-2.500 (m-o)
<i>Quercus rotundifolia</i>	x x x	0-1.700(2.000) (t-s)	<i>Erodium cheilanthifolium</i>	. . x x	900-3.200 (m-c)
<i>Ulex baeticus (y bourgaeanus)</i>	x x x	300-1.900 (t-o)	<i>Hormatophylla spinosa</i>	. . x x	900-3.400 (m-c)
<i>Juniperus phoenicea</i>	x x x r	0-1.850 (t-s)	<i>Rhodanthemum arundanum</i>	. . x x	1.600-2.000 (s-o)
<i>Rosa canina sensu lato</i>	r x x	100-2.100 (t-o)	<i>Poa ligulata</i>	. . x x	700-2.700 (m-o)
<i>Abies pinsapo</i>	r x x r	(500)1.000-1.900 (t-o)	<i>Prunus prostrata</i>	. . x x	(700)1.000-2.500(3.000) (m-c)
<i>Paeonia broteroi</i>	- x r	100-1.700 (t-s)	<i>Quercus faginea alpestris</i>	. . x x	1.400-1.800 (s)
<i>Aristolochia paucinervis</i>	- x x	500-1.900 (t-s)	<i>Rhamnus infectoria</i>	. . x x	1.200-2.200 (s-o)
<i>Cytisus fontanesii plumosus</i>	- x x	800-1.400 (m)	<i>Taxus baccata</i>	. . x x	1.500-1.800 (s)
<i>Lavandula lanata</i>	- x x	800-2.000 (m-o)	<i>Draba hispanica</i>	. . r x	1.000-2.200 (m-o)
<i>Lonicera etrusca</i>	- x x	700-1.900 (m-o)	<i>Juniperus communis hemisphaerica</i>	. . r x	(900)1.100-2.000(2.400) (s-o)
<i>Potentilla reptans</i>	- x x	0-2.000 (t-o)	<i>Juniperus sabina</i>	. . r x	1.100-2.300 (s-o)
<i>Sarcocapnos baetica</i>	- x x	700-2.100 (m-o)	<i>Silene boryi</i>	. . r x	1.000-3.300 (m-c)
<i>Phlomis crinita</i>	- x x r	1.300-2.500 (s-o)	<i>Geum heterocarpum</i>	. . . x	1.200-2.000 (m-o)
			<i>Rosa sicula</i>	. . . x	1.500-2.300 (s-o)

Tabla 1. Fitoindicadores y su distribución bioclimática de los distintos termotipos (tomados de Cabezado *et al.* (1998), con modificaciones de Pérez-Latorre *et al.* (1998)). *Sedum nevadense* Coss. se ha eliminado (Cabezudo *et al.*, 2022) y, por posible confusión altitudinal entre *Geum heterocarpum* Boiss. y *G. sylvaticum* Pourr., se han intercambiado en la tabla. x: frecuente, r: raro. Termotipos: T-termomediterráneo, M-mesomediterráneo, S-supramediterráneo, O-oromediterráneo. FVAO: intervalos altitudinales y termotipos asignados en la obra Flora Vasculosa de Andalucía Oriental (Blanca *et al.* 2011). La nomenclatura de los taxones sigue Cabezado *et al.* (2022).

Table 1. Phytoindicators and their bioclimatic distribution across different thermotypes (adapted from Cabezado *et al.* (1998), with modifications by Pérez-Latorre *et al.* (1998)). *Sedum nevadense* Coss. has been removed (Cabezudo *et al.* 2022), and, due to possible altitudinal confusion between *Geum heterocarpum* Boiss. and *G. sylvaticum* Pourr., they have been swapped in the table. x: frequent, r: rare. Thermotypes: T-termomediterranean, M-mesomediterranean, S-supramediterranean, O-oromediterranean. FVAO: altitudinal intervals and thermotypes assigned in the work Flora Vasculosa de Andalucía Oriental (Blanca *et al.* 2011). Nomenclature of the taxa follows Cabezado *et al.* (2022).

al sur y más bajas en zonas orientadas al norte. Se ha seguido para su trazado las cuencas de los ríos que se orientan hacia el sur y/o desembocan en muy pocos kilómetros en el Mediterráneo, con su efecto suavizador, oceánico, de las temperaturas (ejemplo, ríos Verde y Guadaiza, río de los Horcajos); para este caso, Marbella (río Verde), junto al mar, refleja un Ic de 11,9 (Índice de Continentalidad de Rivas-Martínez) (calculado a partir de De León-Llamazares 1989). Al norte de dicha línea de separación queda la zona más continental del Parque (López *et al.* 2009) orientada a cuencas que vierten hacia el noroeste (ejemplo, río Guada-

levín/Grande) o nordeste (ejemplo, río Turón); en este caso, Cuevas del Becerro, a 50,8 km del mar, refleja un Ic de 15,6 (calculado a partir de De León Llamazares 1989). Para ajustar puntualmente esta línea de división a un nivel de mesoescala, se han tenido en cuenta también sinfitoindicadores (comunidades vegetales bioindicadoras) en su rango altitudinal (Cabezudo *et al.* 1998, Pérez-Latorre *et al.* 1998) (Tabla 2).

Límites altitudinales de los termotipos

Como resultado principal de lo anterior, se han generado los límites altitudinales propuestos para

Sinfitoindicador (comunidad vegetal)	T	M	S	O	IPNSN	Sinfitoindicador (comunidad vegetal)	T	M	S	O	IPNSN
<i>Calicotomo villosae-Genistetum lanuginosae s. l.</i>	x				500-780	<i>Paeonio coriaceae-Quercetum rotundifoliae s. l.</i>	x				1.000-1.200
<i>Equiseto telmateiae-Salicetum pedicellatae nerietosum</i>	x				260-670	<i>Asplenio cuneifolii-Saxifragetum gemmulosae</i>	x	x			1.340-1.450
<i>Rubo ulmifolii-Coriarietum myrtifoliae</i>	x				260-670	<i>Cytiso plumosi-Ulicetum baetici</i>	x	x			1.050-1.350
<i>Notholaeno maranthae-Cheilantetum guanchicae</i>	x	r			620	<i>Galio baetici-Thymetum granatensis</i>	x	x			950-1.750
<i>Erico terminalis-Nerietum oleandri</i>	x	r			450	<i>Lavandulo lanatae-Ulicetum baetici</i>	x	x			1.000-1.330
<i>Teucro baetici-Quercetum suberis</i>	x	r			580-670	<i>Paeonio broteri-Abietetum pinsapo</i>	x	x			1.100-1.650
<i>Cirsio monspessulani-Holoschoenetum vulgaris</i>	x	x			1.050	<i>Abieto pinsapo-Juniperetum phoeniceae</i>	x	x			1.080-1.710
Comunidad de <i>Stipa tenacissima</i>	x	x			940-1.050	<i>Sarcocapno baetici-Centaureetum clementei</i>	x	x			1.100-1.700
<i>Cytiso baetici-Arbutetum unedi</i>	x	x			650	<i>Rhamno pumili-Saxifragetum granatensis</i>	x	x	r		1.000-1.750
<i>Pino pinastris-Quercetum cocciferae</i>	x	x			700-750	<i>Elymo repentis-Phalaridetum caerulescentis</i>	r	x			1.250-1.300
<i>Rubo ulmifolii-Nerietum oleandri</i>	x	x			350-680	<i>Violo demetriae-Jonopsidietum prolongoi</i>	r	x	r		1.300-1.850
<i>Galio boissierani-Staehelinetum baeticae</i>	x	x	r		630-1.350	<i>Daphno latifoliae-Aceretum granatensis quercetosum alpestris</i>	x				1.710
<i>Phlomido lychnitidis-Brachypodietum retusi</i>	r	x			630-950	<i>Lavandulo lanatae-Ulicetum baetici erinaceetosum</i>	x				1.320-1.750
Comunidad de <i>Sarcocapnos baetica</i>	r	x	x		1.100-1.560	<i>Pruno mahalebo-Berberidetum hispanicae s. l.</i>	x	r			1.250-1.720
<i>Clinopodio villosi-Origanetum virentis</i>	x				1.000-1.200	<i>Astragalo nevadensis-Bupleuretum spinosae</i>	r	x			1.440-1.750
Comunidad de <i>Cistus laurifolius</i>	x				1.200	<i>Koelerio dasyphyllae-Arenarietum erinacei</i>	r	x			1.650-1.900
Comunidad de <i>Pistacia terebinthus</i>	x				900	<i>Abieto pinsapo-Juniperetum sabiniae</i>	r	x			1.700-1.850

Tabla 2. Sinfitoindicadores más importantes y su distribución bioclimática en los distintos termotipos (tomados de Cabezudo *et al.* (1998), con modificaciones de Pérez-Latorre *et al.* (1998)). **x:** frecuente, **r:** raro. Termotipos: **T-**termomediterráneo, **M-**mesomediterráneo, **S-**supramediterráneo, **O-**oromediterráneo. IPNSN: rangos altitudinales (msnm) de los inventarios representativos de los sinfitoindicadores en Cabezudo *et al.* (1998). La nomenclatura de los sintaxones sigue a Pérez-Latorre *et al.* (1998).

Table 2. Most important synphytoindicators and their bioclimatic distribution across different thermotypes (adapted from Cabezudo *et al.* (1998), with modifications by Pérez-Latorre *et al.* (1998)). **x:** frequent, **r:** rare. Thermotypes: **T-**thermomediterranean, **M-**mesomediterranean, **S-**supramediterranean, **O-**oromediterranean. IPNSN: altitudinal ranges (MASL) of the representative inventories of the synphytoindicators in Cabezudo *et al.* (1998). Nomenclature of the syntaxa follows Pérez-Latorre *et al.* (1998).

Fuente	Termomediterráneo	Mesomediterráneo	Supramediterráneo	Oromediterráneo
Pérez-Latorre <i>et al.</i> (1998)	200 a 600 (900)	600 (900) a 1.200 (1400)	1.200 (1.400) a 1.700 (1.800)	1.700 (1.800) a 1.919
Rivas-Martínez (1987)	100 a (600) 700 (1.000)	(600) 700 (1.000) a (1.200) 1.300 (1.500)	(1.200) 1.300 (1.500) a (1.600) 1.700 (1.800)	De (1.600) 1.800 a 1.919
Bioindicadores según Cabezudo <i>et al.</i> (1998), altitudes según Blanca <i>et al.</i> (2011)	0 a 800	800 a 1.500	1.500 a 1.900	1.900 a 2.700
Cabezudo <i>et al.</i> (1998), sinfitoindicadores	260-780	hasta 1.200	hasta 1.750 m	1.750 a 1.919

Tabla 3. Resumen de límites altitudinales (msnm) propuestos para cada termotipo en la bibliografía consultada.

Table 3. Summary of altitudinal limits (MASL) proposed for each thermotype in the consulted literature.

Termotipo	Horizonte	T °C	m °C	M °C	It	Itc				
Termomediterráneo	Inferior	17 a 19	18 a 19	4 a 10	7 a 10	14 a 18	16 a 18	350 a 470	411 a 470	400 a 450
	Superior		17 a 18		4 a 7		14 a 16		351 a 410	350 a 400
Mesomediterráneo	Inferior	13 a 17	15 a 17	-1 a 4	1,5 a 4	9 a 14	11,5 a 14	210 a 350	350 a 281	285 a 350
	Superior		13 a 15		-1 a 1,5		9 a 11,5		280 a 211	220 a 285
Supramediterráneo	Inferior	8 a 13	10,5 a 13	-4 a -1	-2,5 a -1	2 a 9	5,5 a 9	60 a 210	210 a 136	150 a 220
	Superior		8 a 10,5		-4 a -2,5		2 a 5,5		136 a 61	(120) a 150
Oromediterráneo	Inferior	4 a 8	6 a 8	-7 a -4	-5,5 a -4	0 a 2	1 a 2	-30 a 60	< 61	< 120

Tabla 4. Índices bioclimáticos para cada termotipo y horizontes bioclimáticos según Rivas-Martínez (1987, 2009), tanto superior como inferior. T: temperatura media anual, M: media de las máximas del mes más frío, m: media de las mínimas del mes más frío, It: índice de termicidad, Itc: índice de termicidad compensado.

Table 4. Bioclimatic indices for every thermotype and bioclimatic horizons following Rivas-Martínez (1987, 2009), both upper and lower. T: annual average temperature, M: average of the maximum temperatures of the coldest month, m: average of the minimum temperatures of the coldest month, It: thermicity index, Itc: compensated thermicity index.

Termotipos	horizontes	Límites de isolíneas altitudinales	Límites superiores de isolíneas altitudinales
Termomediterráneo	Inferior	hasta 600 en orientación norte y 800 en sur	Hasta 300 en orientación norte y 400 en sur
	Superior		Hasta 600 en orientación norte y 800 en sur
Mesomediterráneo	Inferior	hasta 1.200 en orientación norte y 1.400 en sur	Hasta 900 en orientación norte y 1.100 en sur
	Superior		Hasta 1.200 en orientación norte y 1.400 en sur
Supramediterráneo	Inferior	hasta 1.700 en orientación norte y 1.800 en sur	Hasta 1.450 en orientación norte y 1.600 en sur
	Superior		Hasta 1.700 en orientación norte y 1.800 en sur
Oromediterráneo	Inferior	mayor de 1.700 orientación en norte y 1.800 en sur	Hasta 1.919

Tabla 5. Límites de los termotipos (pisos bioclimáticos) y límites superiores de los horizontes bioclimáticos establecidos en este trabajo (msnm).

Table 5. Limits of the thermotypes (bioclimatic belts) and upper limits of the bioclimatic horizons established in this work (MASL).

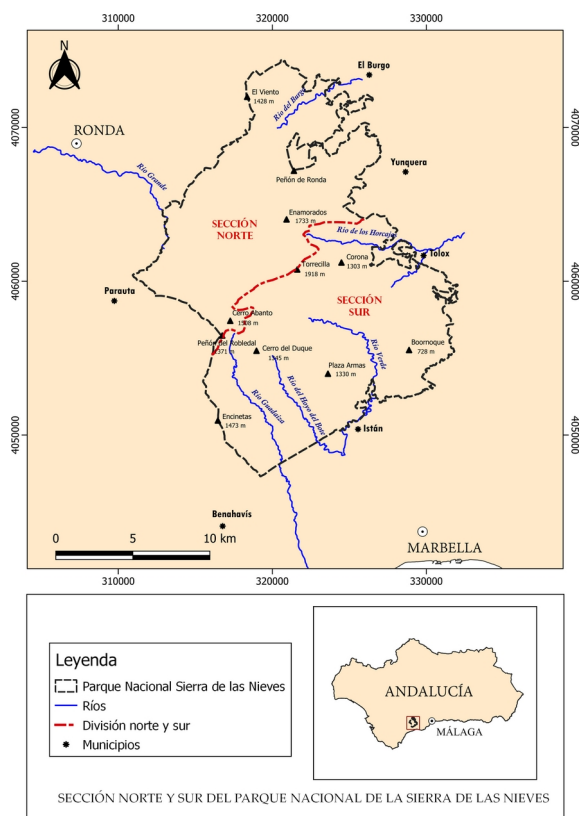


Figura 1. Línea de división para la aplicación diferencial de intervalos altitudinales debido a la orientación general de las cuencas hidrográficas y la continentalidad. SRC: ETRS89/UTM zona 30N.

Figure 1. Division line for the differential application of altitudinal intervals due to the general orientation of the watersheds and continentality. CRS: ETRS89/UTM zone 30N.

cada termotipo (Tabla 5), basados en las tablas 1-3 de datos originales de Cabezudo *et al.* (1998) y en base a las altitudes alcanzadas por los bioindicadores y sinfitoindicadores en los inventarios de vegetación, ajustadas hasta un máximo de 100 metros. En base al máximo y mínimo altitudinal de cada termotipo se ha dividido por la mitad su valor para generar el horizonte inferior y el superior. Como resultado, cada horizonte (superior e inferior) mantiene el mismo intervalo de altitud cuya suma es la del termotipo completo (Tabla 5).

Elaboración de los ficheros vectoriales (*shapefile* y *KMZ*) de las isolíneas de nivel

En primer lugar, se generaron dos capas vectoriales con la sección norte y la sección sur del Parque, partiendo los límites del espacio con la línea divisoria trazada. Se obtuvieron límites del parque en el norte y límites en el sur, y se transformaron de tipo polígono a línea. Posteriormente, se obtuvo la capa de las curvas de nivel del Instituto Geográfico Nacional (IGN) con cotas de 10 m de

2010. La capa de curvas de nivel se dividió en las dos secciones del parque: norte y sur. Se cerraron las líneas de ambas secciones, usando las capas de tipo línea generadas a partir de los límites del parque tanto para el norte como el sur y uniendo las curvas de nivel con los límites según su sección. Una vez cerradas correctamente las dos secciones del parque, se transformaron las capas de tipo línea a tipo polígono para poder trabajar con ellas. Se utilizaron las tablas de equivalencia de termotipos y horizontes (Tabla 5) para seleccionar los intervalos de isolíneas según su sección y generar una capa para cada horizonte tanto en el norte como en el sur.

Por último, se unificaron todas las capas y a la capa obtenida se le aplicó la función “*dissolve*” para que los termotipos y los horizontes quedasen unificados en la tabla de atributos. El *shapefile* obtenido se ha categorizado por tipo de horizonte en su simbología y se le aplicó la función de exportar a *KMZ* (*KML* comprimido). Tanto el *shapefile* como el *KMZ* incluyen la siguiente información en cada punto que se desee consultar: termotipo (*Piso*) y horizonte (*Horizonte*), temperatura media anual (*Tmed_anual*), media de las mínimas del mes más frío (*Tmin_mes_f*), media de las máximas del mes más frío (*Tmax_mes_f*), índice de termicidad (*It*), índice de termicidad compensado (*Itc*) y el área que ocupa cada horizonte en el Parque expresada en km^2 [Área (km^2)].

Geolocalización de los HIC y su posición bioclimática

Los HIC piloto seleccionados para el estudio fueron: 9520+ Abetales de *Abies pinsapo* (Fig. 2) y 4060+ vegetación de alta montaña (Fig. 3) (REDIAM 2022).

Se obtuvieron las distribuciones en el parque de los hábitats seleccionados a partir de las capas del mapa de Vegetación a escala detalle 1:10.000 (VEGE10) (REDIAM 2023). Se seleccionaron las comunidades de *Bunio macucae-Abietetum pinsapo* (Asensi & Rivas Mart. 1976) Rivas Mart. 1987 y *Paeonio broteroi-Abietetum pinsapo* Asensi & Rivas-Martínez 1976 para el código 9520+, y *Abieto pinsapo-Juniperetum sabiniae* Pérez-Latorre & Cabezudo in Pérez-Latorre *et al.* 1998 para el 4060+. Posteriormente, se superpuso la capa de vegetación sobre la capa de termotipos generada en este trabajo y se calcularon el área y porcentaje que ocupaba cada HIC en cada termotipo y horizonte para, de este modo, poder com-



Figura 2. Hábitat (HIC) Fitocenótico 9520+ Abetales de *Abies pinsapo* (en este caso *Paeonio broteroi-Abietetum pinsapo*) entre los límites altitudinales de 1.400-1.500 m y termotipo supramediterráneo superior en la zona de estudio.

Figure 2. Phytocoenotic Habitat (HIC) 9520+ *Abies pinsapo* forests (in this case *Paeonio broteroi-Abietetum pinsapo*) between the altitudinal limits of 1,400-1,500 m and thermotype upper supramediterranean in the study area.



Figura 3. Hábitat (HIC) Fitocenótico 4060+ vegetación de alta montaña (en este caso *Abieto pinsapo-Juniperetum sabiniae*) entre los límites altitudinales de 1.750-1.800 m y termotipo oromediterráneo inferior en la zona de estudio.

Figure 3. Phytocoenotic Habitat (HIC) 4060+ High Mountain Vegetation (in this case *Abieto pinsapo-Juniperetum sabiniae*) between the altitudinal limits of 1,750-1,800 m and thermotype lower oromediterranean in the study area.

probar que la distribución de estos HIC se ajusta a sus posiciones bioclimáticas indicadas en Rivas-Martínez (1987) y en la Guía de HICs de Andalucía (REDIAM 2022).

Resultados

Mapa de termotipos

Las capas obtenidas se han generado en el SRC EPSG:25830 (ETRS89/UTM zona 30N) (Fig. 4). En la zona noroeste del Parque predominan los termotipos meso y supramediterráneo, alcanzándose el supramediterráneo superior y oromediterráneo inferior en la zona central, la más elevada del Parque. En la zona sureste predomina el termotipo termomediterráneo con isleos mesomediterráneos en las sierras más elevadas. Las capas permiten el cálculo de la superficie de cada horizonte y sus porcentajes en el total del área del Parque Nacional (Tabla 6).

Mapa de termotipos e HICs

Los HIC se distribuyen desde el horizonte bioclimático termomediterráneo superior hasta el oromediterráneo inferior (Fig. 5). En el caso del HIC de abetales de *Abies pinsapo* (9520+) el mayor porcentaje se encuentra en el horizonte supramediterráneo inferior (46,8%) seguido del mesomediterráneo superior (29,59%), mientras que el menor porcentaje de ocupación es en el oromediterráneo inferior (0,11%) (Tabla 7). Este tipo de HIC está presente desde el horizonte termomediterráneo superior hasta el oromediterráneo inferior, es decir, en seis de los siete

horizontes presentes en el Parque. El HIC de vegetación de alta montaña (4060+) está más restringido, ya que solamente se encuentra en dos de los siete horizontes presentes en el Parque, en el supramediterráneo superior con un 44,25% y en el oromediterráneo inferior con un 55,75% (Tabla 7). El área total de cada hábitat es de 987,49 ha para los abetales de *Abies pinsapo* y de 355,12 ha para la vegetación de alta montaña. En la tabla 8 se observa el porcentaje de área que ocupa cada HIC respecto al total del área del horizonte bioclimático. Destaca la elevada proporción de territorio con termotipo oromediterráneo inferior ocupado en la actualidad por el HIC de vegetación de alta montaña (51,29%). Los pinsapares tienen su mayor representación en el termotipo supramediterráneo (23,45%), pero lejos de ser mayoritaria.

En la tabla 9 se observa la distribución bioclimática de los HIC en función de las fuentes bibliográficas principales. Para los pinsapares, en la Guía de Identificación de HICs (REDIAM, 2022) se distribuyen desde los 1.000 a 1.800 m en los termotipos mesomediterráneo y supramediterráneo. En Rivas-Martínez (1987) se establece que se distribuyen tanto en el mesomediterráneo como en el supramediterráneo, prefiriendo este último, pero desarrollándose bien en el mesomediterráneo también. Para los enebrales-sabinars de alta montaña, en la Guía de Identificación de HICs (REDIAM 2022) las altitudes oscilan desde 1.700 a 2.500 m (supramediterráneo y oromediterráneo) mientras que en Rivas-Martínez (1987) se establece que solo en el oromediterráneo, aunque este dato corresponde a *Daphno oleoidis-Pinetum sylvestris* Rivas-Martínez 1964, cuyo equivalente biogeográfico del sector rondeño es el

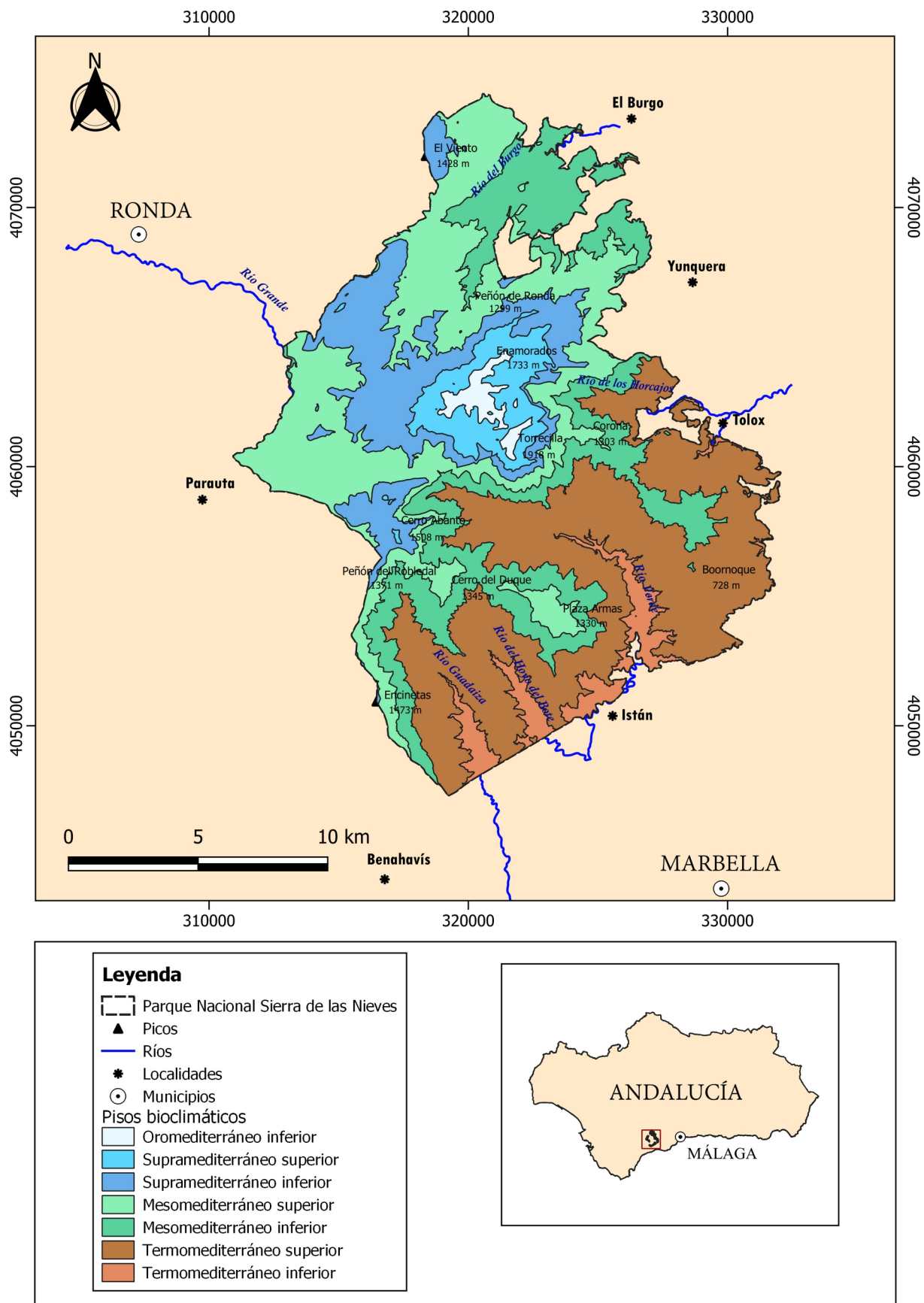


Figura 4. Mapa de termotipos (pisos bioclimáticos) y sus horizontes en el Parque Nacional de la Sierra de las Nieves. SRC: ETRS89/UTM zona 30N.

Figure 4. Thermotypes map (bioclimatic belts) and its horizons in the National Park of Sierra de las Nieves. CRS: ETRS89/UTM zone 30N.

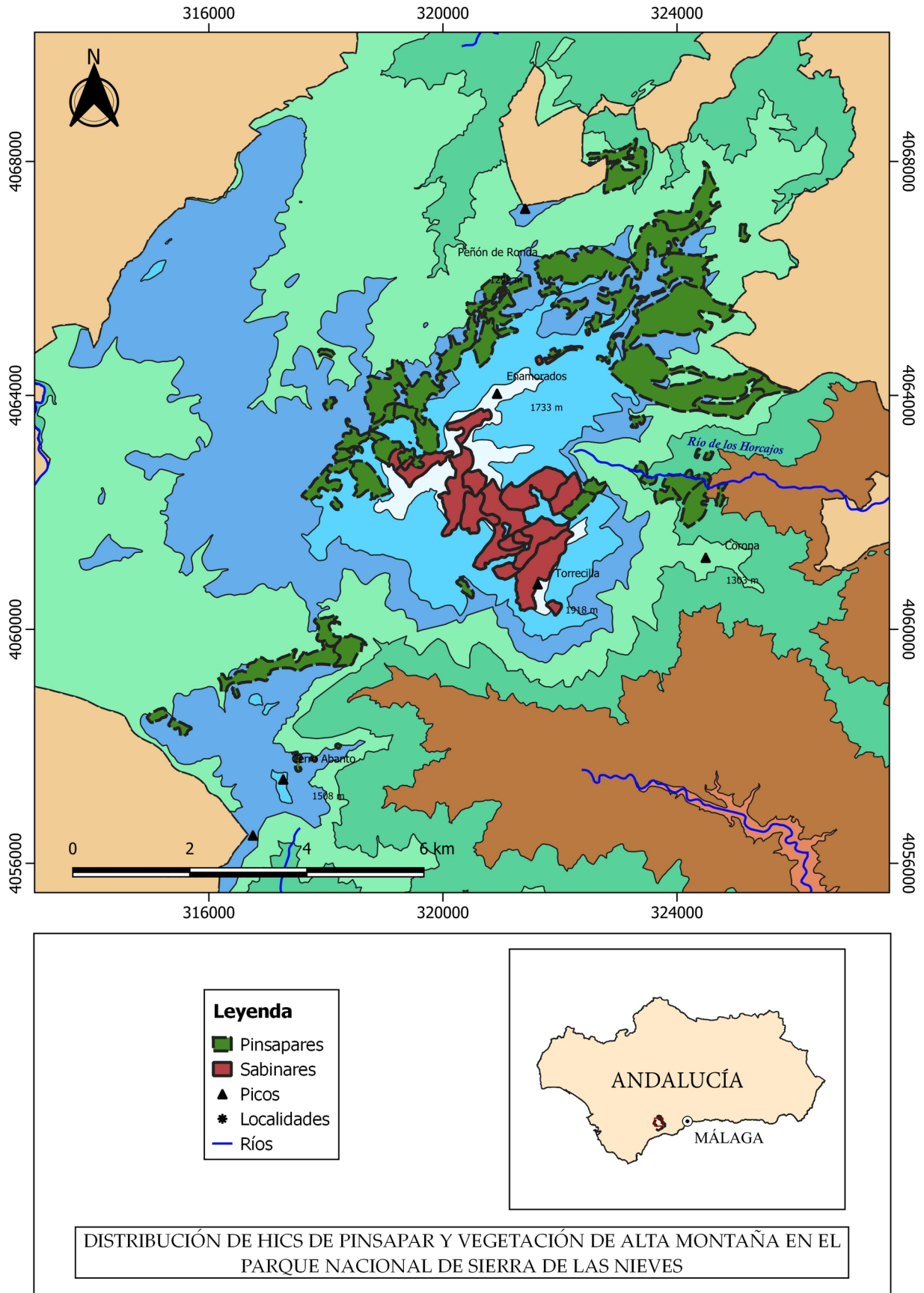


Figura 5. Localización de los HIC estudiados en el mapa de termotipos y horizontes bioclimáticos. SRC: ETRS89/UTM zona 30N.
Figure 5. Location of the studied HCIs on the map of thermotypes and bioclimatic horizons. CRS: ETRS89/UTM zone 30N.

Termotipo	Área (km ²)	% Área en el PN	Horizonte	Área (km ²)	% Área en el PN
Oromediterráneo	3,86	1,31	Oromediterráneo inferior	3,86	1,31
Supramediterráneo	53,01	18,03	Supramediterráneo superior	14,65	4,98
			Supramediterráneo inferior	38,36	13,05
Mesomediterráneo	132,49	45,08	Mesomediterráneo superior	74,31	25,28
			Mesomediterráneo inferior	58,18	19,79
Termomediterráneo	104,5	35,56	Termomediterráneo superior	91,75	31,22
			Termomediterráneo inferior	12,75	4,33

Tabla 6. Superficie de cada termotipo y horizonte bioclimático y sus porcentajes en el total del área del Parque Nacional.

Table 6. Surface area of each thermotype and bioclimatic horizon and their percentages in the total area of the National Park.

HIC	Tsup	Minf	Msup	Sinf	Ssup	Oinf
Pinsapar (%)	1,33	5,33	29,59	46,80	16,96	0,11
Pinsapar (ha)	13,07	52,59	291,89	461,63	167,25	1,05
Vegetación alta montaña (%)	0	0	0	0	44,25	55,75
Vegetación alta montaña (ha)	0	0	0	0	157,15	197,97

Tabla 7. Hectáreas y porcentaje de área ocupada por cada HIC en cada horizonte bioclimático.

Table 7. Hectares and percentage of area occupied by each HIC in each bioclimatic horizon.

Tsup: termomediterráneo superior; **Minf:** mesomediterráneo inferior; **Msup:** mesomediterráneo superior; **Sinf:** supramediterráneo inferior; **Ssup:** supramediterráneo superior; **Oinf:** oromediterráneo inferior.

Tsup: upper thermomediterranean; **Minf:** lower mesomediterranean; **Msup:** upper mesomediterranean; **Sinf:** lower supramediterranean; **Ssup:** upper supramediterranean; **Oinf:** lower oromediterranean.

HIC	Tsup	Minf	Msup	Sinf	Ssup	Oinf
Pinsapar (%)	0,14	0,9	3,93	12,03	11,42	0,27
Vegetación alta montaña (%)	0	0	0	0	10,73	51,29

Tabla 8. Porcentaje de área ocupada por cada HIC en el total del área de cada horizonte bioclimático.

Table 8. Percentage of area occupied by each HIC in the total area of each bioclimatic horizon.

Fuente	Termomediterráneo	Mesomediterráneo	Supramediterráneo	Oromediterráneo
9520+ Abetales de <i>Abies pinsapo</i> (<i>Paeonio broteroi-Abietetum pinsapo</i>)				
Rivas-Martínez (1987)	-	X	X	-
Guía HIC Andalucía	-	X (1.000 m)	X (1.800 m)	-
Este trabajo (%)	1,33	34,92	63,76	0,11
4060+ vegetación de alta montaña (<i>Abieto pinsapo-Juniperetum sabiniae</i>)				
Rivas-Martínez (1987)	-	-	-	X (asociación equivalente)
Guía HIC Andalucía	-	-	X (desde 1.700 m)	X (hasta 2.500 m)
Este trabajo (%)	0	0	44,25 (solo horizonte superior)	55,75 (solo horizonte inferior)

Tabla 9. Distribución bioclimática de los HIC estudiados (pinsapares y vegetación de alta montaña) en función de las fuentes bibliográficas y según el presente trabajo. **X:** presencia.

Table 9. Bioclimatic distribution of the HIC studied (*Abies* forest and high mountain vegetation) based on bibliographic sources and according to the present work. **X:** presence.

Abieto pinsapo-Juniperetum sabiniae, que se describió más tarde (Pérez-Latorre *et al.* 1998).

Discusión

La distribución altitudinal de bioindicadores ha permitido generar capas SIG bioclimáticas de termotipos y horizontes con un nivel de detalle mayor al existente en la actualidad (REDIAM, 2023). Estas capas permiten calcular el área ocupada por los distintos termotipos en el Parque Nacional estudiado, lo cual es un objetivo de estudio de los PORN (Ley 30/2014). Las capas además se han ajustado a la orografía, para tener en cuenta efectos como la continentalidad y el efecto solana/umbría, que hacen variar en altitud los termotipos, sobre todo en el clima Mediterráneo, y por tanto la vegetación (Fernández González 1997, Rivas-Martínez *et al.* 2017).

El cálculo del área que ocupa cada HIC en los horizontes actuales permite vislumbrar una distribución actualizada de estos sobre el bioclima actual. La distribución bioclimática del HIC de pinsapares (Tabla 9) indica sus preferencias por el termotipo supramediterráneo en su horizonte inferior, siendo frecuente también en el mesomediterráneo superior, lo cual es concordante con sus aptencias bioclimáticas descritas en bibliografía. La presencia testimonial en el termomediterráneo superior obedece a una zona de frontera con el mesomediterráneo inferior, mientras que la presencia aún más rara en el oromediterráneo, podría estar indicando la primera avanzada de este HIC en altitud. Otra hipótesis es que la presencia termomediterránea testimonial viniese dada no por el desplazamiento o existencia de los pinsapares hacia zonas más bajas, sino lo contrario, son los

pisos bioclimáticos los que podrían haber ascendido, posiblemente a causa del aumento de temperaturas, dejando reliquias. Sería interesante realizar futuros estudios que contrasten los mapas históricos de termotipos y horizontes con el actual, además de proyectar este mapa hacia los futuros escenarios del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC).

En el caso de la vegetación de alta montaña, se reparte casi por igual entre el supramediterráneo superior y el oromediterráneo inferior, coincidiendo con lo establecido en la Guía de Identificación de HICs (REDIAM 2022), aunque según Rivas-Martínez (1987) este tipo de vegetación debería ser exclusiva del oromediterráneo. Este hecho forma parte del enigma de la mezcla existente hoy día en la zona de estudio, a unos 1.700 m, de dos tipos de vegetación muy diferentes, como bosques caducifolios de *Quercus-Fagetalia sylvaticae* Br.-Bl. & Vlieger in Vlieger 1937 (supramediterráneos) y sabinar-enebrales postrados de *Pino-Juniperetea* Rivas-Martínez 1964 (oromediterráneos) (Ceballos y Vicioso 1933, Rivas-Martínez 1987, Pérez-Latorre *et al.* 1998, Cabezudo *et al.* 1998, 2022). Un movimiento de los termotipos y de su vegetación asociada, hacia arriba o abajo de modo altitudinal y justo en la frontera de esos 1.700 m, podría dar pistas sobre esa extraordinaria mezcla. Por otro lado, el porcentaje de superficie del termotipo oromediterráneo inferior ocupado por la vegetación de alta montaña (51,29%, Tabla 8), siendo el único tipo de vegetación climática posible, puede servir para calcular su actual estado de ocupación de su área zonopotencial, reducida a escasos 3,86 km², no solo en todo el Parque, sino en todo el suroeste de la península ibérica, lo que le confiere un extraordinario valor biogeográfico y de conservación.

Las capas bioclimáticas obtenidas constituyen el primer paso para permitir evaluar el cambio al que pueden estar sujetos los HIC de alta montaña y de *Abies pinsapo* que se encuentran en el Parque, comparando el mapa bioclimático actual con el histórico o el previsto en el futuro y recalculando el cambio de los límites altitudinales en los termotipos.

Esta metodología podría ser aplicable en cualquier espacio natural suficientemente contrastado altitudinalmente y que previamente tenga realizado un estudio de bioindicadores y sinfitoindicadores basados en isolinéas de nivel; por ejemplo, Los Alcornocales (Pérez-Latorre *et al.* 1996, 1999), las Sierras Tejeda-Almijara y Alhama (Pérez-Latorre *et al.* 2004) o Sierra Nevada (Pérez Raya *et al.* 1990, Peñas *et al.* 2019).

Agradecimientos

Proyecto cofinanciado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (España) con fondos del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), correspondientes al Programa Operativo Plurirregional de España 2014-2020 (POPE 2014-2020) y el Laboratorio de Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambio Climático (EnBiC2-Lab) referencia de la Universidad de Málaga: LIFEWATCH-2019-UMA-01.

Referencias

- Allué-Andrade JL. 1990. Atlas Fitoclimático de España. Taxonomías. Madrid: MAPA-INIA.
- Blanca G, Cabezudo B, Cueto M, Salazar C & Morales Torres C (Eds.). 2011. Flora Vasculare de Andalucía Oriental, 2ª ed. Granada: universidades de Almería, Granada, Jaén y Málaga.
- Cabezudo B, Pérez-Latorre AV, Navas P, Gil Y & Navas D. 1998. Cartografía y evaluación de la flora y vegetación del Parque Natural Sierra de las Nieves. Junta de Andalucía, Informe técnico, Sevilla, 367 pp.
- Cabezudo B, Casimiro-Soriguer Solanas F & Pérez-Latorre AV. 2022. Vascular flora of the Sierra de las Nieves National Park and its surroundings (Andalusia, Spain). *Phytotaxa* 534(1): 1-111. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.534.1.1>
- Castroviejo S (Coord.). 1986-2021. Flora iberica. Madrid: Real Jardín Botánico, CSIC.
- Ceballos L & Vicioso C. 1933. Estudio sobre la vegetación y flora forestal de la provincia de Málaga. Madrid: Instituto Forestal de Investigación y Experiencias.
- De León Llamazares A & Forteza M. 1986. Caracterización Agroclimática de España. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- De León Llamazares A. 1989. Caracterización agroclimática de la provincia de Málaga. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Fernández González F. 1997. Bioclimatología. En Botánica (Izco, J. & cols.). Madrid: Ed. McGraw-Hill. Interamericana, pp. 607-682.
- Hidalgo Triana N, Solakis A, Casimiro-Soriguer F, Choe H, Navarro T, Pérez-Latorre AV & Thorne J H. 2023. The high climate vulnerability of western Mediterranean forests. *Stoten* 895: 16483 [14]. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164983>
- Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Boletín Oficial del Estado 299, 14-XII-2007, pp. 51275-51327. España. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-21490>
- Ley 30/2014, de 3 de diciembre, de Parques Nacionales. Boletín Oficial del Estado 293, 4-XII-2014, pp. 99762-99792. España. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2014-12588>
- Ley 9/2021, de 1 de julio, de declaración del Parque Na-

- cional de la Sierra de las Nieves. Boletín Oficial del Estado 157, 2-VII-2021, pp. 78572-78635. España. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2021-10958
- López ML, Piñas S & López MS. 2009. Isobioclimas de la provincia de Málaga y su Cartografía. En Biogeografía Scientia Biodiversitatis (Actas del V Congreso Español de Biogeografía). (Real R & Márquez AL, ed.). Málaga, pp. 121-130.
- Nieto JM, Pérez-Latorre AV & Cabezudo B. 1994. Caracterización bioclimática de los alcornocales andaluces (series de vegetación). Anais do Instituto Superior de Agronomia 44(1): 269-283.
- Peñas J, Cañadas E & Del Rio J. 2019. Fitogeografía de Sierra Nevada e implicaciones para la conservación. En Biología de la Conservación de plantas en Sierra Nevada. Principios y retos para su preservación (Peñas J & Lorite J, eds.). Granada: Editorial Universidad de Granada, pp. 77-112.
- Pérez-Latorre AV, Navas P, Navas D, Gil Y & Cabezudo B. 1998. Datos sobre flora y vegetación de la Serranía de Ronda (Málaga, España). Acta Botanica Malacitana 23: 149-191. <https://doi.org/10.24310/abm.v23i0.8557>
- Pérez-Latorre AV, Galán De Mera A, Navas P, Navas D, Gil Y & Cabezudo B. 1999. Datos sobre la flora y vegetación del Parque Natural de los Alcornocales (Cádiz - Málaga, España). Acta Botanica Malacitana 24: 133-184.
- Pérez-Latorre AV, Navas Fernández D, Gavira O, Caballero G & Cabezudo B. 2004. Vegetación del P. N. de las Sierras Tejeda, Almijara y Alhama. Acta Botanica Malacitana 29: 117-190.
- Pérez-Latorre AV, Hidalgo Triana N, Cabezudo B & Martos Martín J. 2019. Mapa Biogeográfico de la provincia de Málaga (España). Málaga: Diputación Provincial de Málaga y Universidad de Málaga.
- Pérez-Raya F, López-Nieto JM, Molero-Mesa J & Valle F. 1990. Vegetación de Sierra Nevada. Granada: Ayuntamiento de Granada y Universidad de Granada.
- Piñas S, López MS & López Fernández MS. 2008a. Termotipos de la España Peninsular y Balear, y su cartografía. Publicaciones de Biología de la Universidad de Navarra, Serie Botánica, 17: 237-242.
- Piñas S, López F MS & López Fernández ML. 2008b. Ombrotipos de la España Peninsular y Balear, y su cartografía. Publicaciones de Biología de la Universidad de Navarra, Serie Botánica, 17: 243-248.
- Piñas S, López ML & López MS. 2009. Andalucía: Cartografía y Áreas de sus Bioclimas, Continentalidad, Termotipos y Ombrotipos. En Biogeografía Scientia Biodiversitatis (Actas del V Congreso Español de Biogeografía (Real R & Márquez AL, ed.). Málaga, pp. 109-119.
- REDIAM Junta de Andalucía. 2022. Guía de Identificación de Hábitats de Interés Comunitario en Andalucía. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. Disponible en: <https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/acceso-rediam> (accedido XII-2022)
- REDIAM Junta de Andalucía. 2023. Red de Información Ambiental de Andalucía. Disponible en: <https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/acceso-rediam> (accedido XII-2022).
- Rivas-Martínez S. 1987. Memoria y mapa de las series de vegetación de España. ICONA. Madrid.
- Rivas-Martínez S, Penas A & Díaz TE. 2002a. Bioclimatic Map of Portugal and Spain: 1, Bioclimates (and Variants). Itinera Geobotanica, 15: 14-15.
- Rivas-Martínez S, Penas A & Díaz TE. 2002b. Bioclimatic Map of Portugal and Spain: 2, Thermoclimatic Belts. Itinera Geobotanica, 15: 16-17.
- Rivas-Martínez S. 2007. Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España (Memoria del mapa de vegetación potencial de España) Parte I. Itinera Geobotanica 17: 5-436.
- Rivas-Martínez S. 2011a. Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España (Memoria del mapa de vegetación potencial de España, 2011) Parte II. Itinera Geobotanica 18(1): 5-424.
- Rivas-Martínez S, Rivas Sáenz S & Penas A. 2011b. Worldwide bioclimatic classification system. Global Geobotany, 1: 1-634.
- Rivas-Martínez S, Penas A, Del Río S, Díaz González TE & Rivas-Saenz S. 2017. Bioclimatology of the Iberian Peninsula and the Balearic Islands En The vegetation of the Iberian Peninsula (Loidi J, ed.). Cham, Switzerland: Springer, pp 29-80.
- Valle F, Algarra JA, Arrojo E, Asensi A, Cabello J, Cano E, ... Torres JA. 2004. Datos botánicos aplicados a la gestión del medio natural andaluz II: Series de vegetación. Sevilla: Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente.
- Walter H. 1977. Zonas de vegetación y clima. Barcelona: Ed. Omega.