

TERMOHIGROMETRÍA DEL AIRE Y DEL SUELO DE LOS SABINARES DE LA ISLA DE EL HIERRO (CANARIAS)

Montserrat SALVÀ CATARINEU¹, Ferran SALVADOR FRANCH¹, Pedro Agustín PADRÓN PADRÓN², Amparo CORTÉS LUCAS³, Joan Albert LÓPEZ BUSTINS¹

¹*Departament de Geografia Física i A.G.R. Universitat de Barcelona*

²*Laboratorio Insular de El Hierro, Cabildo de El Hierro*

³*Departament de Productes Naturals, Biologia Vegetal i Edafologia, Universitat de Barcelona*

salva@ub.edu, fsalvador@ub.edu, papadron@el-hierro.org, acortes@ub.edu, jlopezbustins@ub.edu

RESUMEN

En la isla de El Hierro se encuentran los sabinares de *Juniperus turbinata* más extensos de las Islas Canarias. La extensión actual de estos bosques termófilos es muy reducida en comparación con su distribución potencial debido a su intensa explotación durante siglos. Actualmente, la recuperación de su hábitat natural tiene un alto interés ambiental y paisajístico por tratarse de una especie protegida en Europa; sin embargo, es indispensable mejorar el conocimiento de los factores ambientales que favorecen o limitan esa recuperación. En el marco del proyecto JUNITUR se están estudiando las poblaciones de sabinares de El Hierro y Doñana, donde se ha establecido un conjunto de parcelas de trabajo en las que se realiza el control de la biodiversidad y de las condiciones bioclimáticas de dichas poblaciones. El objetivo principal de este trabajo es analizar los datos del primer ciclo anual (septiembre 2012 a agosto 2013) de temperatura y humedad del aire y del suelo (-5 cm) obtenido en dos sabinares de El Hierro. Para el registro de la temperatura y humedad, con frecuencia horaria, se han utilizado sensores-registradores de alimentación autónoma tipo U23-001 HOBO® Pro v2 Temp/RH para el aire y HOBO® U12 con TMC6-HD(T) y ECH₂O EA10 (H) para el suelo. Los resultados obtenidos hasta la fecha muestran ciclos termohigrométricos del aire muy similares entre las dos áreas de estudio. Las mayores diferencias entre ambos enclaves se dan en la temperatura del suelo en verano e invierno y en la humedad del suelo en invierno. Los resultados de esta investigación permiten avanzar en el conocimiento de la bioclimatología de los sabinares de la isla más occidental de las Canarias.

Palabras clave: sabinares, *Juniperus*, temperatura, humedad, El Hierro

ABSTRACT

The biggest extension of juniper woodlands *Juniperus turbinata* throughout the Canary Islands is located in the island of El Hierro. The current extent of these thermophilous woodlands is very small compared with the potential distribution due to heavy exploitation for centuries. Currently, the recovery of its natural habitat has such a high environmental and scenic interest because this is a protected species in Europe; however, an improved understanding of the environmental factors that help or limit the recovery is indispensable. Under the JUNITUR project the populations of juniper woodlands on El Hierro and Doñana are being studied. A set of plots has been studied in order to know the biodiversity and bioclimatic environment of these juniper woodlands. The main objective of this paper is to

analyse the data of the first annual cycle (September 2012 to August 2013) of temperature and humidity of air and soil (-5 cm) registered in two juniper woodlands of El Hierro. We are using air data loggers U23-001 HOBO® Pro v2 Temp / RH and ground data loggers HOBO® U12 with TMC6-HD (T) and ECH2O EA10 (H) types for recording hourly temperature and humidity data. The results to date show thermohygrometric air cycles very similar between the two study areas. The largest differences were found in soil temperature in summer and winter, and soil moisture in winter. The results of this research contribute to the knowledge of the juniper bioclimatology in the westernmost of the Canaries Islands

Key words: juniper woodlands, *Juniperus*, temperature, moisture, El Hierro

1. INTRODUCCIÓN

En las Islas Canarias hay dos especies de sabinas silvestres: *Juniperus cedrus* W.B. y *Juniperus turbinata* Guss. La sabina *Juniperus turbinata* Guss. es un endemismo mediterráneo-macaronésico que se encuentra de forma discontinua en zonas litorales del mediterráneo occidental. En las Islas Canarias se halla en Tenerife, Gran Canaria, La Palma, La Gomera y El Hierro (Hansen y Sundig, 1993). En concreto las formaciones de esta sabina cubren en la actualidad áreas importantes en las islas de La Gomera y de El Hierro (Kämmer, 1976), en cambio en la isla de La Palma son poco abundantes, pero sin llegar a ser raras y se encuentran muy localizadas en las islas de Tenerife y Gran Canaria. De todas las Islas Canarias los ejemplares de mayor talla y con un área de distribución más extensa se encuentran en El Hierro. Por ello es necesario conocer las condiciones climáticas en las que vive esta especie que ha visto reducida su extensión en todas las islas.

Para la conservación y gestión de esta especie es fundamental obtener información precisa sobre las condiciones climáticas donde habitan los sabinares de la Isla. Cabe destacar, de los estudios previos, las tesis de Gaisberg (2005) y Stierstorfer (2005) y las investigaciones de Hernández-Padrón *et al.* (1985), Fernández Palacios *et al.* (1992), Padrón Padrón (1992), Del Arco *et al.*, (1996), Stierstorfer y Gaisberg (2006) y Fernández Pello *et al.* (2006) que han trabajado con datos existentes y alguno de ellos han aportado datos nuevos al conocimiento de la climatología y meteorología de El Hierro. Los sabinares de El Hierro se localizan en áreas alejadas de las poblaciones y en la actualidad no existen estaciones meteorológicas funcionando en este tipo de bosque; por esto se hizo necesario instalar equipos automáticos. La experiencia del equipo investigador en la instalación de sensores de temperatura y humedad del aire y del suelo (Salvador Franch *et al.*, 2010, 2011) se utilizó para ubicar equipos en El Hierro que permitieran obtener datos continuos durante los tres años de duración del proyecto JUNITUR con una frecuencia de medición de 60 minutos. El objetivo principal de este trabajo es analizar los datos obtenidos del primer ciclo anual (septiembre 2012 a agosto 2013) de temperatura y humedad del aire y del suelo (-5cm) en dos enclaves representativos de los sabinares de El Hierro: la Dehesa (528 m) y El Júlan (996 m), con orientación, altitud y topografía contrastadas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio de la climatología de los sabinares se está llevando a cabo en la isla de El Hierro que es la más sudoccidental del archipiélago de las Islas Canarias y la más pequeña (268,71 km) de las siete islas principales. Cronológicamente es la más joven, formada en tres etapas volcánicas entre 1,1 Ma y 2,5 ka. A pesar de su reducido tamaño presenta una notable

diversidad morfológica y paisajística, con alturas máximas en torno a 1.500 m (Malpaso 1.502 m). Debido a la riqueza y la peculiaridad de su patrimonio natural y cultural, la Unesco la declaró, en enero de 2000, Reserva de la Biosfera. El estudio se ha centrado en El Hierro porque en esta isla se encuentra el sabinar más extenso de *Juniperus turbinata* y los ejemplares de mayor talla de todas las Islas Canarias, concretamente en su tercio occidental. Constituye uno de los elementos característicos de los bosques termófilos canarios, con un elevado valor histórico, paisajístico, ecológico y biogeográfico. Este estudio se ha realizado en los sabinares de La Dehesa (200-600 msnm, WNW) y de El Júlán (300-1000 msnm, SSE) donde se encuentra el sabinar seco (figura 1).

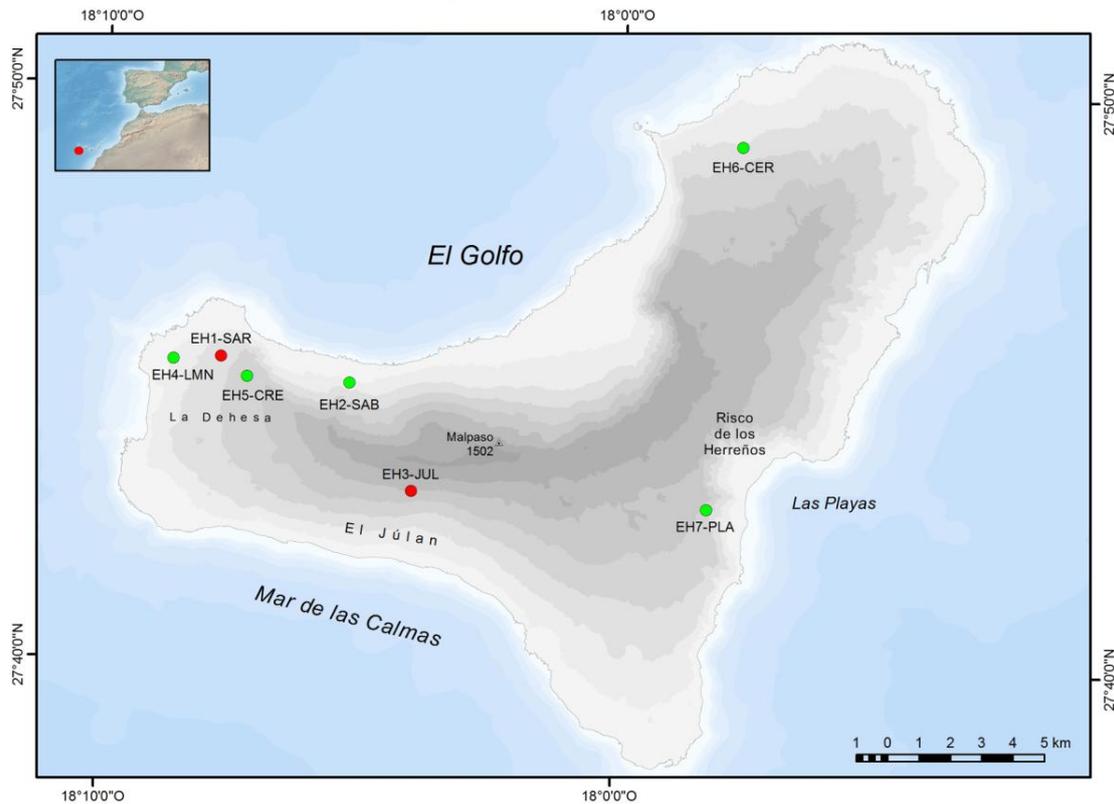


Fig. 1: Localización de las estaciones instaladas para el proyecto JUNITUR (CSO2011-24425) en El Hierro. En rojo las localizaciones de este estudio. Base topográfica: IGN.

El estudio se inició en el año 2012, año de inicio del proyecto JUNITUR, con la instalación de tres equipos de toma de datos de temperatura y humedad del aire (T_a , H_a) y del suelo (T_s , H_s). Uno de ellos no funcionó correctamente y por ellos se presentan los primeros datos de dos estaciones obtenidos en los sabinares en el período septiembre 2012-agosto 2013.

Las parcelas donde se instalaron los dos equipos de sensores de temperatura y humedad se encuentran en sabinares orientados al WNW (Sabinar de La Dehesa: 528 msnm) y al SSE (El Júlán: 996 msnm). No ha sido posible obtener datos de estas áreas por otras fuentes. Hay que señalar que estos enclaves se encuentran alejados de las poblaciones de la isla y son sectores tradicionales de pastoreo (figura 2).

Los sensores utilizados para medir la temperatura y humedad del aire fueron U23-001 HOBO® Pro v2 Temp/RH, que puede medir de 0-100% RH, -40° - 70° C T. Para el suelo se utilizó el registrador HOBO® U12 de 4 Canales que registró datos de T con el sensor TMC6-

HD y de humedad del suelo con sensor de humedad ECH₂O EA10 instalado a -5 cm de profundidad. Para la instalación del sensor de humedad del suelo fue necesario extraer previamente muestras del suelo en dónde se instalarían los sensores para su calibración en el laboratorio. Según la textura y composición del suelo puede variar la capacidad de retención y saturación de agua. Las muestras de suelos de las parcelas de estudio mostraron en el laboratorio un nivel de saturación (contenido volumétrico de agua máximo) alrededor de un 60-65%, concretamente, un 58% en la muestra de suelo del sabinar y un 68% en la de El Júlan. Todos los datos se registraron a resolución horaria, con ello se obtuvo 24 registros al día/sensor (figura 3).



Fig. 2: Sabinar de la Dehesa (WNW) (izquierda) y la sabinia símbolo de la isla (derecha).

Se analizan y presentan los datos obtenidos en las parcelas de El Júlan y del Sabinar. El tercer termohigrómetro de la parcela de Sabinosa no funcionó correctamente y no se pudieron obtener registros durante ese período. Las variables obtenidas por los termohigrómetros fueron temperatura media, máxima y mínima (aire y suelo), humedad del suelo, conocida también como el contenido volumétrico de agua en el suelo y humedad del aire (HR). Todos los datos se analizaron estadísticamente para detectar diferencias significativas entre parcelas y, por otra parte, ver las condiciones ambientales en las que viven los sabinares más occidentales de las Islas Canarias.



Fig. 3: Termohigrómetro del aire U23-001 HOBO® Pro v2 Temp/RH (izquierda) y registrador HOBO® U12 de 4 Canales con el sensor de temperatura TMC6-HD y de humedad del suelo ECH₂O EA10 (derecha).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temperatura media del ciclo anual analizado es de 17,2°C Ta y 22,6°C Ts en la vertiente SSE y en la vertiente WNW es de 17,9°C Ta y 18,6°C Ts, por otra parte los valores extremos son superiores en El Júlán tanto en el aire con una máxima de 42,7°C Ta y una mínima de 7,2°C Ta como en el suelo 45,7°C Ts y 10,4°C Ts. Se observa que la amplitud térmica del aire y del suelo en El Júlán es superior a 35°C en cambio en el Sabinar es de 27,7 °C Ta y 16,6 °C Ts. La humedad relativa del aire alcanza 100 % en las dos parcelas y la media es de 78,4% en el Sabinar y de 62,2% en El Júlán. La humedad ha registrado mayor amplitud en el aire de El Júlán y en el suelo del Sabinar (tabla 1).

		Temperatura °C				Humedad %			
		Sabinar (SAR) WNW 526 m		El Júlán (JUL) SSE 996 m		Sabinar (SAR) WNW 528 m		El Júlán (JUL) SSE 996 m	
Aire	Máx extrema	37,8	42,7	100,0	100,0				
	Máx media	23,4	22,6	92,4	78,7				
	media	17,9	17,2	78,4	62,2				
	mín media	15,2	14,2	58,7	43,3				
	mín extrema	10,1	7,2	11,6	1,2				
	Amplitud extrema	27,7	35,5	88,5	98,8				
Suelo	Máx extrema	29,0	45,7	40,5	38,4				
	Máx media	19,6	28,8	24,0	15,6				
	media	18,6	22,6	23,7	15,2				
	mín media	17,5	18,1	23,5	14,9				
	mín extrema	12,4	10,4	4,9	8,2				
	Amplitud extrema	16,6	35,3	35,6	30,1				

TABLA 1. VALORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL AIRE Y DEL SUELO

Las medias anuales de temperatura del aire (figura 4) son muy similares en las dos parcelas y no presentan diferencias estadísticamente significativas (tabla 2), la Ta media del Sabinar es de 17,9°C y de 17,2°C en El Júlán. Las Ta medias presentan una menor variabilidad en el Sabinar, que tiene valores superiores de Ta en otoño, invierno y primavera y en cambio El Júlán es más cálido en verano (figura 4). Por estaciones se observa que en los meses de invierno hay diferencias estadísticamente significativas entre las dos estaciones.

Las medias anuales de humedad del aire son de 78,4% en el Sabinar y 62,2% en El Júlán. Estas diferencias de humedad del aire entre ambas parcelas son estadísticamente significativas (tabla 2). Las diferencias también son significativas en los meses estivales e invernales. La parcela El Júlán en los meses de verano presenta una humedad muy reducida por su orientación SSE y puede atribuirse, en parte, al efecto Foehn, ya que se observa también un incremento considerable de las temperaturas. Se observa que los valores de Ha se mantienen superiores en la parcela del Sabinar. Las condiciones de falta de humedad (mínima extrema de 1,2%) que sufren las poblaciones de sabinares de la vertiente sur en comparación con aquéllas de la cara oeste se ven reflejadas en las medias higrométricas tomadas en el campo. Las diferencias entre estaciones son estadísticamente significativas tanto en verano como en invierno, pero en verano los sabinares del vertiente sur presentan una humedad inferior y una temperatura superior alcanzando valores de 42,7°C.

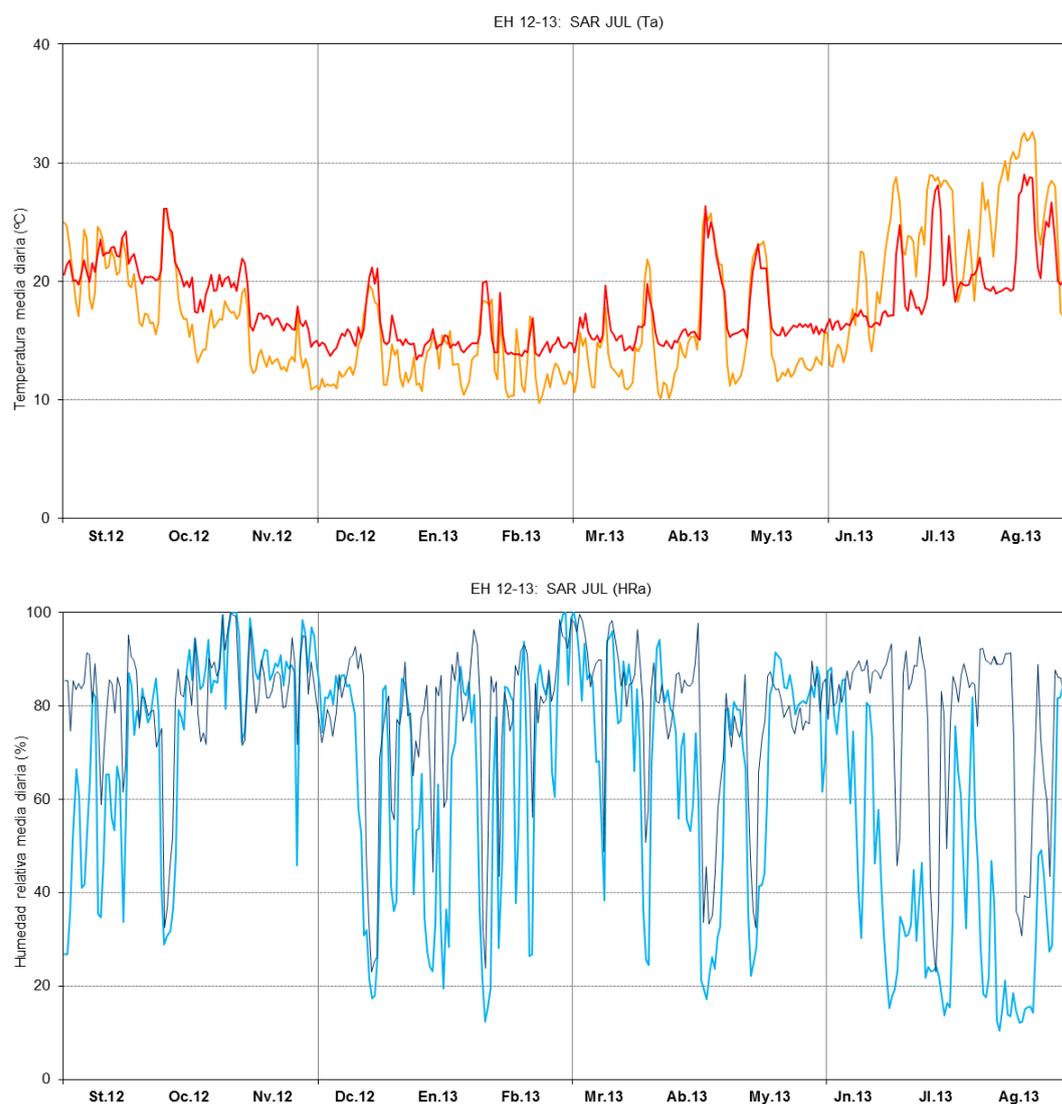


Fig. 4: Evolución temporal de los valores de temperatura (superior) y humedad (inferior) media diaria del aire de las parcelas de El Júlan (naranja y azul claro) y del Sabinar (rojo y azul oscuro) durante el período de estudio.

	Anual		Meses estivales		Meses invernales		
	Ta	Ha	Ta	Ha	Ta	Ha	
Media	17,2	62,2	22,6	46,8	13,4	66,0	JUL
	17,9	78,4**	20,4	78,4**	15,4**	78,8**	SAR
Desviación tipo	4,3	15,1	3,0	11,5	0,4	8,0	JUL
	2,5**	5,2**	1,9	4,4	0,5	5,9	SAR

TABLA 2. MEDIAS Y DESVIACIONES TIPO DE LA TEMPERATURA (TA EN °C) Y HUMEDAD DEL AIRE (HA EN %)

En la tabla 2 se muestran las medias y las desviaciones tipo de la temperatura del aire (T_a) y de la humedad del aire (H_a) calculadas para todos los valores mensuales del ciclo anual 2012-2013, para los meses estivales (junio, julio, agosto y septiembre) y para los meses invernales (diciembre, enero, febrero y marzo). Los valores en gris/negrita corresponden a la parcela del Júlán (JUL) y Sabinar (SAR) respectivamente. Las diferencias estadísticamente significativas al 95% del nivel de confianza entre ambos enclaves se expresan con ** en los valores de la parcela del Sabinar. El test de comparación de medias aplicado ha sido el de la *t de Student*, y el de la *F de Snedecor* para la comparación de desviaciones tipo.

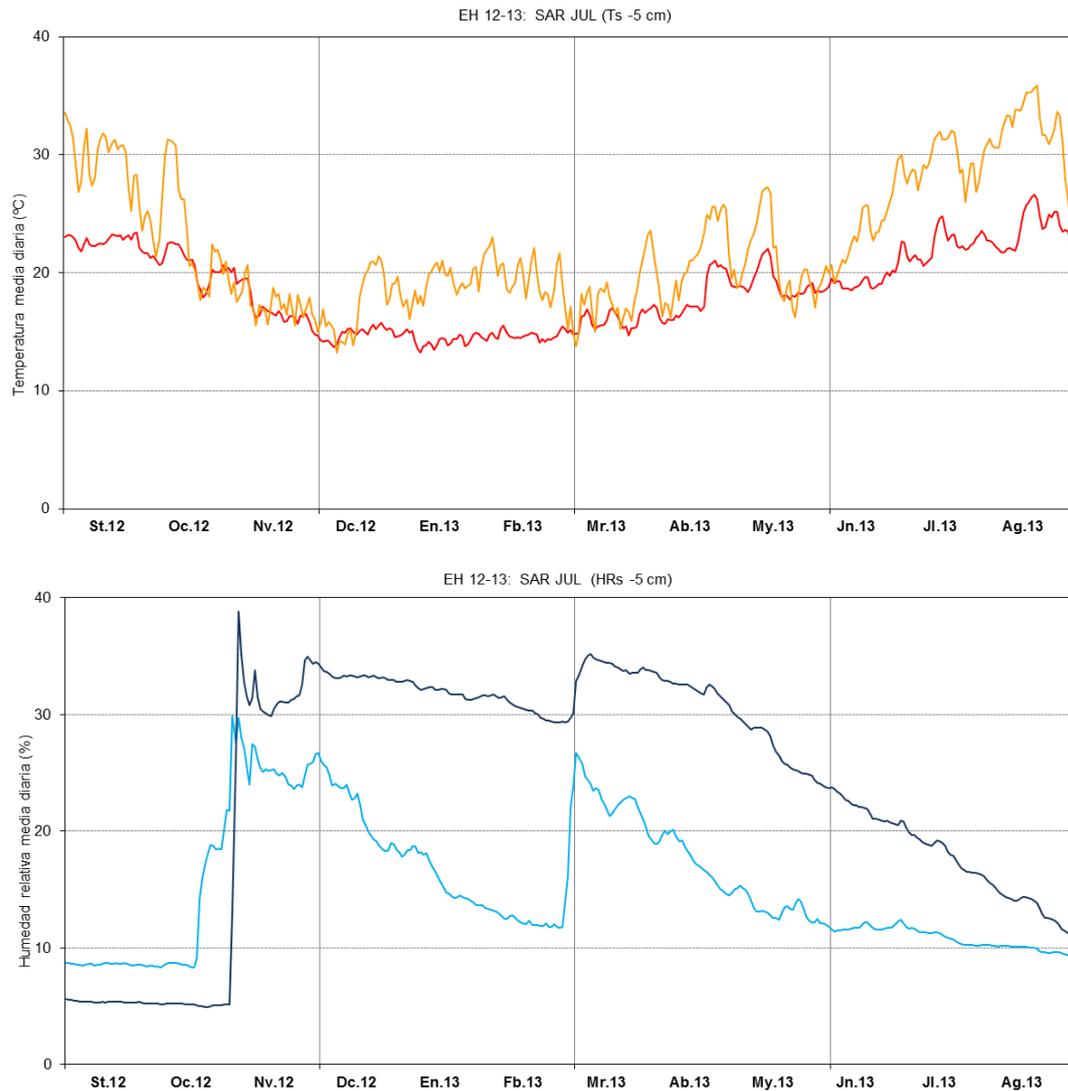


Fig. 5: Evolución de los valores de temperatura (superior) y humedad (inferior) media diaria del suelo de las parcelas de El Júlán (naranja y azul claro) y del Sabinar (rojo y azul oscuro).

La T_s media anual es de 22,6°C en la vertiente sur y 4°C inferior en la vertiente oeste con 18,6°C, una diferencia estadísticamente significativa (tabla 3). En esta figura 5 puede apreciarse que la T_s media del enclave de estudio de la vertiente sur tiene mayor variabilidad que la temperatura media del enclave de la oeste, aunque sus diferencias no son

estadísticamente significativas (tabla 3). La temperatura media de SAR es más estable a lo largo del ciclo anual y durante los meses invernales no se rebasan los 20°C en ningún momento.

Las medias anuales de humedad del suelo son acorde con las medias de temperatura, donde los valores son de 15,2% en la vertiente sur y de 23,7% en la vertiente oeste. Estas diferencias de humedad del suelo entre ambas parcelas también son estadísticamente significativas. Teniendo en cuenta que la saturación de los suelos estudiados en el laboratorio era alrededor del 60-65% de humedad, podemos deducir que la parcela del Sabinar contiene de media a lo largo del ciclo anual aproximadamente un 40% de la máxima cantidad de agua potencial que puede llegar a almacenar, mientras el enclave de El Júlan tan sólo llega a un 22% de dicha agua potencial. La humedad del suelo en verano de la vertiente oeste baja a valores cercanos a los de la ladera sur, alrededor de un 10% (aproximadamente el 15% de agua máxima almacenable) (figura 5). Los mínimos de humedad del suelo, en el ciclo anual estudiado, se presentan a finales del verano, en septiembre, y de forma estable y en las dos parcelas. Cabe destacar que este mínimo es algo más bajo en la vertiente oeste (5%) que en la vertiente este (9%). En cambio, las diferencias de humedad del suelo entre ambos enclaves son máximas en los meses invernales (diciembre, enero, febrero y marzo), a pesar de acortarse la distancia entre las Ts medias (tabla 3). En la figura 5 puede observarse que en otoño ambas parcelas llegan a valores cercanos al 40% de humedad del suelo en el Sabinar y al 30% en el Júlan; es decir, prácticamente la mitad del total de agua potencial que pueden albergar estas parcelas. Mientras los suelos del Sabinar son capaces de retener una parte sustancial de dicha agua hasta la estación estival, los de El Júlan decaen en pocas semanas volviendo a valores de humedad en febrero similares a los de la estación estival. De ahí, las diferencias máximas halladas entre las medias de los meses invernales en cuanto a humedad del suelo de ambos enclaves (tabla 3). Las causas podrían ser topográficas ya que la parcela de El Júlan tiene 38° de pendiente y la del Sabinar 18°, edáficas por la distinta textura y composición de los suelos entre ambas parcelas, o bien térmicas, por los altos valores de temperatura media del suelo, superiores a 20°C, que alcanza la vertiente sur en pleno invierno (figura 5 inferior). Una cuarta posible causa, y la más probable, para explicar los altos valores de humedad del suelo que se mantienen en invierno en la parcela del Sabinar podrían ser los vientos alisios del noreste que pueden alcanzar, por el descenso del relieve, estas laderas más occidentales del Sabinar. Según los valores normales de precipitación del aeropuerto de El Hierro (NE de la isla) consultados en la página web del AEMET, los meses estivales muestran valores medios muy próximos a 0 mm y las primeras lluvias no aparecen hasta mediados de otoño. Este régimen pluviométrico es coherente con el incremento de la humedad del suelo en la Figura 5 a finales de octubre, así como, con el inicio del soplo de los vientos alisios.

En cuanto a la variabilidad de la humedad del suelo, la parcela del Sabinar obtiene unos valores estadísticamente superiores a los de la parcela del Júlan (tabla 3). Ello se explica por los valores mínimos y máximos más extremos de humedad del suelo alcanzados en la vertiente oeste a lo largo del ciclo anual (figura 5). Mientras en el Sabinar son los meses invernales los que muestran una mayor estabilidad en la humedad del suelo (cerca del 30%), en el Júlan son los meses estivales aquéllos que se presentan prácticamente invariables cercanos al 10%.

Las condiciones significativamente más secas que sufren las poblaciones de sabinares de la vertiente sur en comparación con aquéllas de la cara oeste se ven claramente reflejadas en las medias termohigrométricas que se presentan en las figuras 4 y 5 y tablas 2 y 3. Estas diferencias termohigrométricas entre vertientes es estadísticamente significativa en cuanto a temperatura del suelo en los meses estivales (junio, julio, agosto y septiembre), pero, en

cambio, las humedades del suelo son estadísticamente similares en estos meses. Por otra parte en los meses invernales (diciembre, enero, febrero y marzo) las diferencias estadísticamente significativas entre parcelas se da tanto en la humedad como en la temperatura.

	Anual		Meses estivales		Meses invernales		
	Ts	Hs	Ts	Hs	Ts	Hs	
Media	22,6	15,2	28,6	10,3	18,5	18,1	JUL
	18,6**	23,7**	22,1**	14,7	14,9**	32,3**	SAR
Desviación tipo	4,9	5,2	3,1	1,2	1,0	4,2	JUL
	3,2	10,3**	1,6	6,2**	0,6	1,3**	SAR

TABLA 3. MEDIAS Y DESVIACIONES TIPO DE LA TEMPERATURA (TS EN °C) Y HUMEDAD DEL SUELO (HS EN %)

En la tabla 3 se muestran las medias y desviaciones tipo de la temperatura del suelo (Ts) y de la humedad del suelo (Hs) calculadas para todos los valores mensuales del ciclo anual 2012-2013, para los meses estivales (junio, julio, agosto y septiembre) y para los meses invernales (diciembre, enero, febrero y marzo). Los valores en gris/negrita corresponden a la parcela del Júlán (JUL)/ Sabinar (SAR). Las diferencias estadísticamente significativas al 95% del nivel de confianza entre ambos enclaves se expresan con ** en los valores de la parcela del Sabinar. El test de comparación de medias aplicado ha sido el de la *t de Student*, y el de la *F de Snedecor* para la comparación de desviaciones tipo.

4. CONCLUSIONES

Este trabajo supone un avance para el estudio de la biodiversidad de los sabinares ya que en la actualidad no había estaciones en funcionamiento en estos bosques termófilos. En el análisis de los datos de este estudio se observa que existen diferencias termohigrométricas significativas entre las dos vertientes de El Hierro donde se encuentran los sabinares. Las diferencias más estadísticamente significativas más importantes se dan en la temperatura del suelo en verano e invierno y en humedad del suelo en invierno.

Los resultados de esta investigación permiten avanzar en el conocimiento de la bioclimatología de los sabinares de la isla más occidental de las Islas Canarias donde no existían datos de temperatura y humedad del suelo y muy pocos de precipitación y temperatura del aire.

En este estudio se presentan los resultados de los primeros datos, pero se necesitan datos de más enclaves y series más largas. Para mejorar es estudio en la actualidad siguen funcionando las dos estaciones (SAR-JUL) y cinco más que ayudarán a tener más datos de T y H de este bosque termófilo de sabinares de la isla de El Hierro.

5. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el soporte de Juan Rafael Zamora Padrón y de Miguel A. Rodríguez Domínguez del Cabildo insular de El Hierro por las facilidades dadas en la ejecución del trabajo de campo. Este estudio ha sido financiado por el proyecto de investigación JUNITUR (CSO2011-24425) de la Secretaría de Investigación, Desarrollo e Innovación del Ministerio de Economía y Competitividad.

6. REFERENCIAS

Del Arco Aguilar, M.J.; Acebes, J.R. y Pérez de Paz, P.L. (1996). Bioclimatology and climatophilous vegetation of the Island of El Hierro (Canary Islands). *Phytoceonologia*, 26, pp. 445-479.

Fernández-Palacios, J.M. *et al.* (1992). "Climatic responses of plant species on Tenerife, The Canary Islands". *Journal of Vegetation Science*, 3, pp. 595-602.

Fernández-Pello, L.; González, M.L. y Quirantes González, F. (2006). "La influencia de los factores geográficos en la organización interna de un bosque residual: el Sabinar de la Dehesa (El Hierro, Islas Canarias)". *Actas III Coloquio Intern. sobre sabinares y enebrales*, pp. 263-271. Soria.

Gaisberg, M. von (2005). Die Vegetation der Fußstufe von El Hierro (Kanarische Inseln). *Dissertationes Botanicae*, 395. J. Cramer, Berlin-Stuttgart. 364 pp.

Hansen, A. y Sunding, P. (1993). "Flora of Macaronesia. Check-list of Vascular Plants. 4 revised edition". *Sommerfeltia*, 17, pp. 1-295.

Hernández-Padrón, C.; Pérez de Paz, P.L. y Wildpret de la Torre, W. (1985). "Contribución al estudio bioclimatológico de El Hierro (Islas Canarias)". *Vieraea*, 14, pp. 77-111.

Kämmer, F. (1976): The influence of man on the vegetation of the island of Hierro. In: Kunkel, G: (ed.). *Biogeography and ecology in the Canary Islands*. W. Junk. The Hague.

Padrón Padrón, P.A. (1992). *Estudio edafoambiental de la isla de El Hierro*. Universidad de La Laguna. Facultad de Biología. Tesis Doctoral.

Salvador-Franch, F.; Gómez-Ortiz, A. y Palacios, D. (2010). Comportamiento térmico del suelo en un enclave de alta montaña mediterránea con *permafrost* residual: Corral del Veleta (Sierra Nevada, Granada, España). In: Blanco, J.J.; De Pablo, M.A. y Ramos, M. (eds.). *Ambientes periglaciares, permafrost y variabilidad climática*. Servicio de Publicaciones Universidad Alcalá de Henares. pp. 61-68.

Salvador-Franch, F.; Gómez-Ortiz, A.; Salvà-Catarineu, M. y Palacios, D. (2011). "Caracterización térmica de la capa activa en un glaciar rocoso en medio periglacial de alta montaña mediterránea. El ejemplo del Corral del Veleta (Sierra Nevada, España). Periodo de observación: 1998-99/2008-09". *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 37(2), pp. 25-48

Stiersstorfer, Ch. (2005). The Vascular Plant Vegetation in the Forest Belt of El Hierro (Canary Islands). *Dissertationes Botanicae*, 393. J.Cramer. Berlin-Stuttgart. 392 pp.

Stiersstorfer, Ch. y Gaisberg, M. (2006). Annotated checklist and distribution of the vascular plants of El Hierro, Canary Islands, Spain. *Englera*, 27, pp. 1-217.