

ANÁLISIS COMPARADO DEL BALANCE HÍDRICO DEL SUELO Y BIOCLIMÁTICO DE LA ESTACIÓN DEL PALACIO DE DOÑANA CON LOS DATOS TERMOHIGROMÉTRICOS DEL SABINAR DEL MARQUÉS (PARQUE NACIONAL DE DOÑANA)

Rafael CÁMARA ARTIGAS¹, Montserrat SALVA CATARINEU²,
César BORJA BARRERA¹, Ferran SALVADOR FRANCH²

¹ *Dpto. Geografía Física y A.G.R. Universidad de Sevilla*

² *Dpto. Geografía Física i Anàlisi Geogràfica Regional. Universitat de Barcelona*

rcamara@us.es, salva@ub.edu, cesarborja@us.es, fsalvador@ub.edu

RESUMEN

Se llevó a cabo un análisis comparado de los resultados proporcionados por un equipo de medición en continuo de variables termohigrométricas instalado en el sector SW de la Reserva Biológica de Doñana con los resultantes de la aplicación del balance hídrico de Thornthwaite. El objetivo principal se centró en comparar y contrastar el modelo de balance hídrico de Thornthwaite y del balance bioclimático, de carácter teórico, con los resultados empíricos registrados en campo. Los resultados obtenidos mostraron una correlación significativa validada desde el punto de vista estadístico entre ambos métodos y que se pone especialmente de manifiesto en la detección de la fase de déficit hídrico.

Palabras clave: Balance hídrico, balance bioclimático, humedad y temperatura del suelo, Parque Nacional de Doñana

ABSTRACT

It performs a comparative analysis of the results provided by a team of continuous measurement of thermo-higrometric variables installed in the SW sector of the Doñana Biological Reserve with those resulting from the application of the water balance of Thornthwaite. The main target objective focus on comparing and contrasting the hydric balance model of Thornthwaite and bioclimatic balance theoretical with the empirical results reported in the field. The results show a significant correlation validated from the statistical point of view between both methods and that especially appear in the detection phase of hydric deficit.

Keywords: Hydric balance, bioclimatic balance, soil moisture and temperature, Doñana National Park

1. INTRODUCCIÓN, ÁREA DE ESTUDIO Y OBJETIVOS

Se llevó a cabo en el presente trabajo un análisis comparado de los resultados proporcionados por un equipo de medición en continuo de variables termohigrométricas instalado en el sector SW de la Reserva Biológica de Doñana con los resultantes de la aplicación del balance hídrico de Thornthwaite desarrollado por López Cadenas de Llano y Mintegui (1986), y

posteriormente adaptado por Cámara (2004), de los datos de la estación termo-pluviométrica existente en el Palacio de Doñana (EM05) (Parque Nacional del Doñana).

El equipo de medición en continuo se instaló, concretamente, en el sector SW de la Reserva Biológica de Doñana, en el paraje conocido como Sabinar del Marqués (Fig. 1), ubicado en el Alto Manto Eólico seco (AMÉs) según la denominación aplicada por Borja y Díaz del Olmo (1994; 1996) a las distintas unidades morfosedimentarias que integran el Manto Eólico Litoral de El Abalarío-Doñana (MELAD). Se trata de una de las unidades de bosque de sabinos mejor conservadas de toda Doñana con una presencia constatada, al menos desde los años 50 del siglo pasado, y que se ubica en un sector del AMÉs en el que predomina las dunas de carácter transversal con orientación dominante del W. Por su parte, la estación EM05 se localiza en el exterior del Palacio de Doñana, en el contacto del MELAD con la marisma, en la zona central del Parque Nacional.

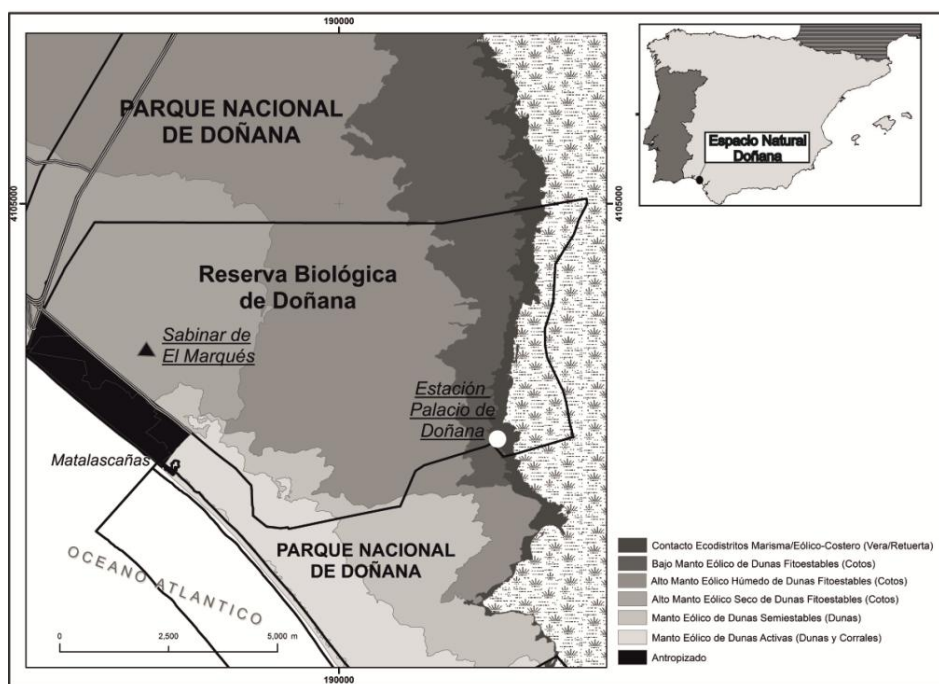


Figura 1. Localización del medidor en continuo del sabinar de El Marqués y de la estación EM05-Palacio de Doñana (Parque Nacional de Doñana).

El objetivo principal de esta comunicación es validar el uso del balance hídrico de Thornthwaite y del balance bioclimático de Montero de Burgos y González Rebollar a escala de detalle a partir de la comparación y contrastación estadística de los datos obtenidos para los balances a partir de los datos proporcionados por la estación termo-pluviométrica EM05-Palacio de Doñana para el año 2013, de un marcado carácter teórico, con los resultados empíricos registrados por el equipo de medición instalado en el Sabinar del Marqués para el mismo periodo. Para verificar esta relación realizó un análisis de regresión, que confirma matemáticamente la situación observada entre los datos medidos por el HOBO y los del Balance Hídrico.

2. MATERIALES, TÉCNICAS Y MÉTODOS

Los datos utilizados en este trabajo presentan un doble origen. Por una parte, se obtuvo información termo-pluviométrica diaria de la estación EM05 procedente de la página *web* del equipo de seguimiento de procesos de la Estación Biológica de Doñana (<http://www-rbd.ebd.csic.es/Seguimiento/seguimiento.htm>); y, por otra, se instaló en campo un equipo de muestreo en continuo de variables termohigrométricas compuesto por un medidor de temperatura del aire (HOBO U23-001 de Temp/Hum. relativa para intemperie) ubicado a 2 m del suelo en la copa de un ejemplar de sabino; así como, dos pares de medidores ubicados bajo la superficie del suelo a -0.05 y 0.50 m de profundidad respectivamente, que midieron temperatura y humedad (HOBO U12-006 de 4 canales externos, Vegetronix - Humedad Suelo VH400, y TMC6-HD Sensor).

Los datos de humedad relativa del suelo (RH) se relacionaron previamente en laboratorio con la curva de calibración del HOBO U12-006, utilizando para ello muestras de sedimento de las distintas cotas en las que instalaron los diferentes sensores. La ecuación de la curva de calibración obtenida es $Y = 40.15X^2$, siendo X el valor en voltaje de la medida e Y el valor en porcentaje de la humedad calculados con el software R. La función usada es 'lm', del paquete {stats} de R. Esta realiza ajustes a modelos lineales mediante el método de los mínimos cuadrados. En nuestro caso, hemos elevado al cuadrado la variable independiente, y hemos generado un modelo múltiple, con la $x+x^2$, de manera que la regresión es múltiple.

Para la obtención de los valores bioclimáticos utilizamos el balance hídrico de Thornthwaite (1955, 1957) y los balances bioclimáticos de Montero de Burgos y González Rebollar (1974, 1989), configurados dentro de un método para la determinación de regímenes bioclimáticos desarrollado por el Grupo de investigación Geomorfología y Cuaternario RNM 273 y Estudios Tropicales y Biogeografía RNM-915 (Cámara, 2004). Se utilizaron los indicadores para establecer las condiciones bioclimáticas de cada formación vegetal en su piso bioclimático correspondiente. Se trata de un método de investigación geobotánico basado en el análisis de datos paramétricos. Su fundamento está en la combinación de la información de la textura de las formaciones superficiales geomorfológicas (expresadas mediante la Capacidad de Retención o agua disponible para las plantas). Para el tratamiento del Balance Hídrico se parte del método de Thornthwaite y Matter y del Balance Bioclimático de Montero de Burgos y González de Rebollar, aplicándole a éste último una modificación basada en la redefinición del concepto de Coeficiente de Retención (CR) de Montero de Burgos y González de Rebollar, que ellos identifican con el mismo valor para todos los meses aplicándolo como factor corrector para obtener la precipitación útil. Nosotros obtenemos este factor de corrección mensualmente a partir de la escorrentía obtenida del BH. Con esta aportación se relacionaron los balances entre sí, y estos a su vez con las formaciones superficiales que sostiene la vegetación, ya que la escorrentía, en el BH, estaba en función de la capacidad de campo, que viene determinada por la profundidad de las raíces y la textura de la formación superficial.

Relacionando la valencia ecológica de las formaciones vegetales y su distribución con los rangos bioclimáticos se obtiene una caracterización ambiental adaptada a los factores temporales estacionales (meses del año): termo pluviométricos (T media) y (P) mensual, edafo sedimentológicos (capacidad de campo) y espaciales (distribución de la vegetación). A esta caracterización ambiental la denominamos Régimen bioclimático. Cada uno de estos regímenes es susceptible de nuevas matizaciones en tanto en cuanto se detalle de manera más precisa el factor edafo sedimentológico, según la escala de trabajo.

En función de las características termo pluviométricas, la repartición estacional de las lluvias y la existencia o no de paralización en el desarrollo vegetativo de las plantas, es posible

avanzar en el conocimiento del mosaico de subtipos bioclimáticos de los dominios zonales de la Tierra a pequeña escala y los cambios geobotánicos en un transecto a gran escala. Para poner en valor esta herramienta a gran escala hemos realizado la validación que se desarrolla en éste trabajo (Cámara 2004). La aplicación del método se sirve de una aplicación informática (<http://www.geografafisica.org/2012/09/17/plantilla-para-el-calculo-del-balance-hidrico-y-el-diagrama-bioclimatico/>).

El balance hídrico de Thornthwaite (Tabla 1 y Fig. 2) a partir de los datos mensuales termoplumiométricos del año 2013 (estación EM05-Palacio de Doñana), muestra, por un lado, un periodo de excedente hídrico en los meses de febrero y marzo (barras azul oscuro) y, por otro, un déficit hídrico a partir del mes de abril a noviembre (barras rojas), ambos incluidos, iniciándose la recarga de humedad (barra azul claro) en el mes de enero. Se ha calculado el balance hídrico siguiendo el método de López Cadenas de Llano y Mintegui (1986) obteniéndose los resultados que se recogen en la tabla 1.

Mes	T	P	ETP	P - ETP	ppa	ST	DST	ETR	Dh	S	%S(P)
Enero	10.60	47.00	22.68	24.32	0.00	64.76	24.32	22.68	0.00	0.00	0.09
Febrero	8.96	74.50	18.28	56.22	0.00	100.00	35.24	18.28	0.00	20.97	14.10
Marzo	13.41	116.20	40.74	75.46	0.00	100.00	0.00	40.74	0.00	75.46	36.99
Abril	15.52	45.40	57.45	-12.05	-12.05	88.00	-12.00	57.40	-0.05	0.00	47.34
Mayo	17.07	6.00	72.86	-66.86	-78.91	44.00	-44.00	50.00	-22.86	0.00	100.00
Junio	20.81	0.00	106.71	-106.71	-185.61	15.00	-29.00	29.00	-77.71	0.00	0.00
Julio	24.92	0.00	145.15	-145.15	-330.76	3.00	-12.00	12.00	-133.15	0.00	0.00
Agosto	26.15	15.20	148.79	-133.59	-464.35	1.00	-2.00	17.20	-131.59	0.00	8.84
Septiembre	22.62	21.10	106.14	-85.04	-549.39	1.00	0.00	21.10	-85.04	0.00	3.18
Octubre	19.77	72.10	76.57	-4.47	-553.86	1.00	0.00	72.10	-4.47	0.00	0.47
Noviembre	12.00	0.90	28.84	-27.94	-581.80	1.00	0.00	0.90	-27.94	0.00	18.66
Diciembre	10.00	59.40	19.97	39.43	0.00	40.43	39.43	19.97	0.00	0.00	0.14
TOTAL	16.82	457.80	844.17	-386.37	--	--	--	361.37	-482.80	96.43	19.15

Tabla 1. TABLA DE BALANCE HÍDRICO (Thornthwaite y Mather, 1957) PARA EL AÑO 2013 DE LA ESTACIÓN TERMOPLUVIOMÉTRICA EM05-PALACIO DE DOÑANA.

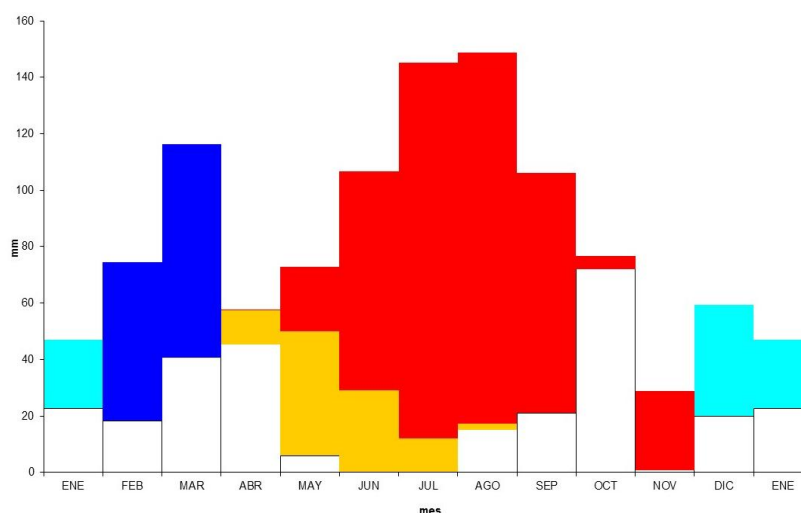


Figura 2. Gráfico de barras del balance hídrico de Thornthwaite para los datos termoplumiométricos del año 2013 de la estación EM05-Palacio de Doñana.

El balance bioclimático (Fig. 3), cuya precipitación útil se ha calculado a partir de los datos de escorrentía del balance hídrico (Tabla 3), muestra un periodo de actividad vegetativa entre los meses de enero a mayo (barras verde oscuro) y el mes de diciembre. Entre los meses de junio a septiembre y el mes de noviembre muestra una paralización vegetativa por causas hídricas (barras rojas), más intensa en el mes de julio, y un periodo de actividad vegetativa condicionada en el mes de octubre e inicios de diciembre (verde claro). Los datos de intensidad bioclimática se muestran en la tabla 2.

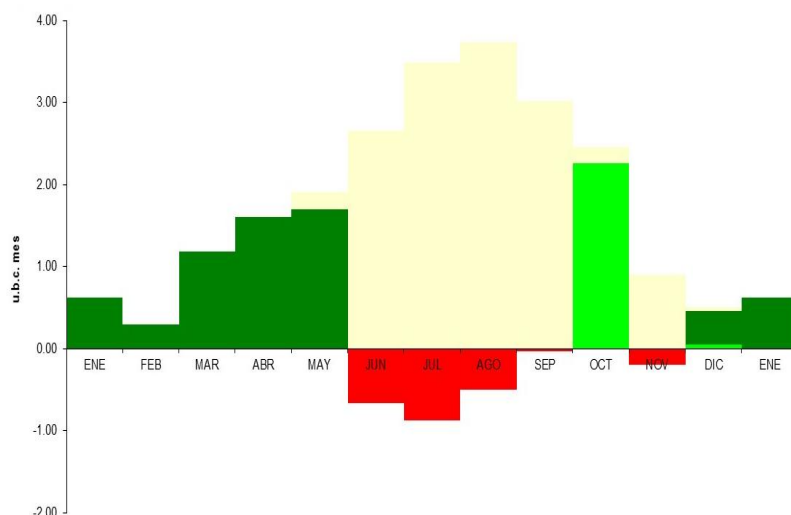


Figura 3. Gráfico de barras del balance bioclimático para los datos termopluiométricos del año 2013 de la estación EM05-Palacio de Doñana.

Mes	IBPc	IBCc	IBLc	IBRc	IBSc
Enero	0.62	0.00	0.62	0.62	0.00
Febrero	0.29	0.00	0.29	0.29	0.00
Marzo	1.18	0.00	1.18	1.18	0.00
Abril	1.60	0.00	1.60	1.60	0.00
Mayo	1.91	0.00	1.70	1.70	0.00
Junio	2.66	0.00	0.00	0.00	-0.67
Julio	3.48	0.00	0.00	0.00	-0.87
Agosto	3.73	0.00	0.00	0.00	-0.50
Septiembre	3.02	0.00	0.00	0.00	-0.03
Octubre	2.45	2.26	2.26	4.52	0.00
Noviembre	0.90	0.00	0.00	0.00	-0.20
Diciembre	0.50	0.05	0.45	0.50	0.00
Enero	0.62	0.00	0.62	0.62	0.00
TOTAL	22.37	2.31	8.12	10.43	-2.26

Tabla 3. TABLA DE VALORES DE INTENSIDAD BIOCLIMÁTICA PARA EL AÑO 2013 DE LA ESTACION TERMOPLUIOMÉTRICA DEL PALACIO DE DOÑANA (intensidad bioclimática cálida IBPc: potencial; IBCc: condicionada; IBLc: libre; IBRc: real; IBSc: seca por paralización vegetativa hídrica).

Los datos obtenidos de forma horaria por el equipo HOBO U12-006 se han usado para calcular los valores medios diarios y mensuales tal como se recogen en la tabla 4.

3. RESULTADOS

En la figura 4 quedan reflejados los datos de humedad relativa (RH) diarios en tantos por ciento obtenidos por el HOBO U12-006 para -0.05 m y -0.50 m y la precipitación diaria obtenida en la estación termo-pluviométrica EM05-Palacio de Doñana. En naranja se ha señalado la superficie que marca la diferencia entre la humedad registrada por el sensor situado a -0.05 m y la que muestra el colocado a -0.50 m de profundidad en el suelo durante el periodo de déficit hídrico según el balance hídrico de Thornthwaite (Fig.2). Si se comparan las figuras 2 y 4 se aprecia la concordancia existente en la detección de la fase de déficit hídrico puesto de manifiesto por los dos procedimientos utilizados en este trabajo.

Profundidad	-0.05 m				-0.50 m			
	Max T	Min T	T media	RH	Max T	Min T	T media	RH
Febrero	15.31	7.76	10.93	59.61	12.62	11.67	12.02	61.20
Marzo	19.02	11.55	14.42	71.64	14.25	13.76	13.96	68.81
Abril	24.04	13.96	18.10	59.74	17.51	16.98	17.23	68.95
Mayo	27.58	15.49	20.74	16.96	19.24	18.93	19.07	51.78
Junio	35.25	18.93	25.59	14.53	21.90	21.66	21.78	33.63
Julio	40.46	22.22	29.52	11.06	25.07	24.89	25.00	16.16
Agosto	41.59	22.86	30.02	12.34	26.07	25.92	26.01	13.34
Septiembre	35.42	21.03	26.68	23.14	24.81	24.63	24.73	30.55
Octubre	25.58	17.29	20.45	110.46	21.43	20.98	21.19	86.07
Noviembre	17.28	10.08	12.95	75.25	16.16	15.80	15.96	57.00
Diciembre	12.81	6.54	9.34	59.41	12.60	12.26	12.42	53.37
Enero	14.72	8.83	11.50	127.35	12.89	12.38	12.62	65.86

Tabla 4. TABLA DE VALORES TERMICOS E HIGROMÉTRICOS A -0.05 M Y -0.50 M. DE PROFUNDIDAD MEDIDOS CON EL HOBO U12-006 (Max T: media de la temperatura máxima; Min T: media de la temperatura mínima; T media: media mensual de la temperatura media; RH: humedad en tanto por ciento).

A nivel diario, la variación de la humedad en los perfiles de suelos estudiados a -0.50 m de profundidad, muestran el decrecimiento de la humedad edáfica entre abril y junio (Fig. 4), correspondiente al período de déficit hídrico que se prolonga de abril hasta noviembre. De junio a noviembre tiene lugar la paralización vegetativa como se apuntó en la figura 3, con una interrupción por las precipitaciones del mes de octubre.

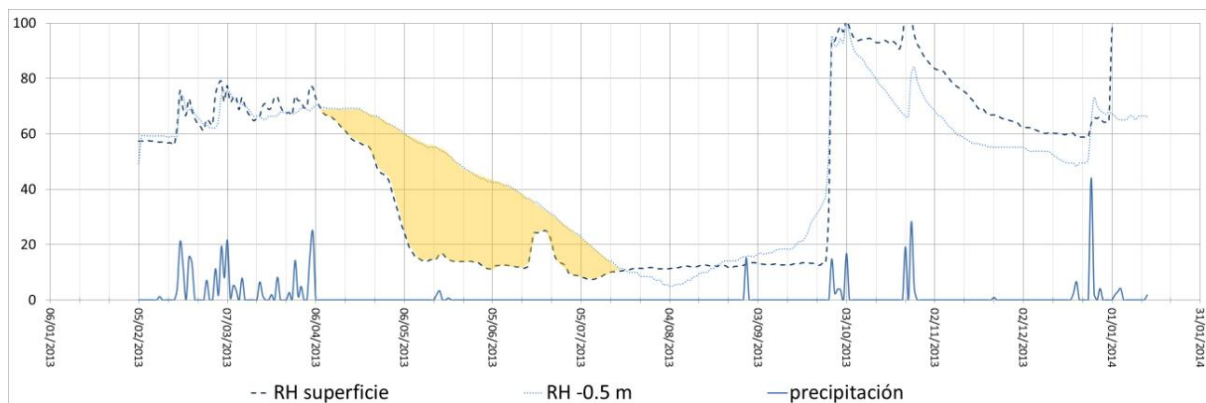


Figura 4. Gráfica comparativa de los datos obtenidos de humedad relativa (%) (RH) para - 0.05 m en línea discontinua, para -0.50 en línea punteada y de precipitación (mm) en línea continua.

También se compararon gráficamente la relación entre las temperaturas máxima, mínima y media diaria del HOBO a -0.05 m y las mismas variables a -0.50 m. En superficie del suelo (Fig. 5) existe amplitud térmica de 3 a 4°C entre la máxima y la mínima diaria, situándose ambas muy diferenciadas de la media diaria, lo que nos muestra unos cambios térmicos significativos diarios.

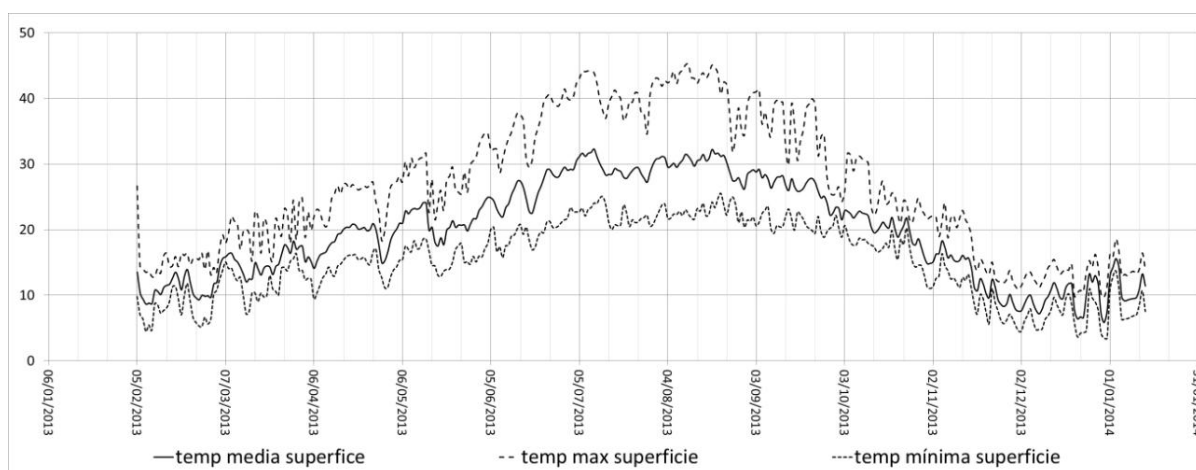


Figura 5. Variación de la temperatura (°C) del año 2013 medida con el HOBO U12-006 a - 0.05 m: temperatura máxima, mínima y media.

A -0.50 m de profundidad la variación diaria se amortigua, y las máximas y mínimas diarias se aproximan mucho a los valores medios (Fig. 6), no existiendo prácticamente diferencia entre los valores máximos, los mínimos y la media. Además, la temperatura media a esta profundidad (0.50 m) es la más alta, alcanzándose en verano los 26°C, mientras que a -0.05 m se llega a 31°C; en invierno la mínima de las medias es 5.5°C a -0.05 m, y 10.5°C a -0.50 m. Estos datos muestran un comportamiento estenotérmico a -0.50 m. (Fig. 6), induciendo una situación muy diferenciada entre el aparato aéreo de las plantas y sus raíces: mientras en el aparato aéreo de las plantas la oscilación térmica anual alcanza 30°C, pudiendo llegar la oscilación térmica diaria hasta 8°C, en las raíces la oscilación térmica anual es de 16°C, y mientras que la diaria no supera 0.5°C.

Se pone de manifiesto el comportamiento térmico diferenciado entre la superficie del suelo y los 50 cm de profundidad y como son estas condiciones (junto con las relacionadas con las características alteroedafológicas, hidrogeomorfológicas, sedimentológicas..., no analizadas en este trabajo) las que van a marcar el desarrollo del aparato radicular de las formaciones arbustivas y arbóreas.

Los datos térmicos aportados por el sensor HOBO V12-006 a -0.05 m muestran una elevada correspondencia con los datos aportados por la estación termo-pluviométrica EM05-Palacio de Doñana (Fig. 7), con un coeficiente r^2 de 0.97. La temperatura media mensual de la superficie del suelo es 0.5 °C más alta que la del aire en invierno, y hasta 4°C en verano.

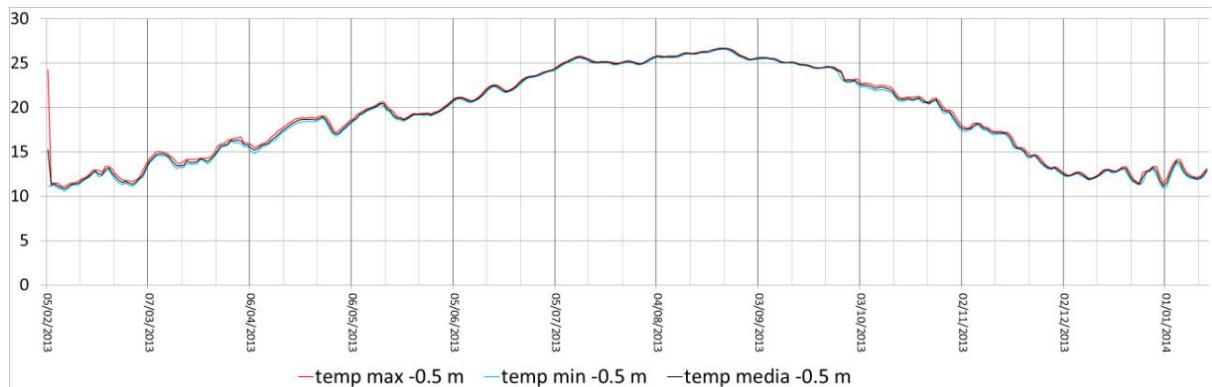


Figura 6. Variación de la temperatura (°C) del año 2013 medida con el HOBO U12-006 a -0.50 m: temperatura máxima, mínima y media.

En cuanto al balance hídrico, durante el periodo de déficit hídrico los valores mensuales obtenidos para la humedad del suelo con el balance hídrico de Thornthwaite concuerdan con los datos analíticos obtenidos con el medidor HOBO U12-006 ubicado en suelo del Sabinar del Marqués. Si hacemos una regresión entre los datos de humedad del balance hídrico y del suelo a -0,50 m de profundidad proporcionados por dicho sensor (Fig. 8), el resultado muestra una curva polinómica de segundo grado con un coeficiente r^2 de 0.99.

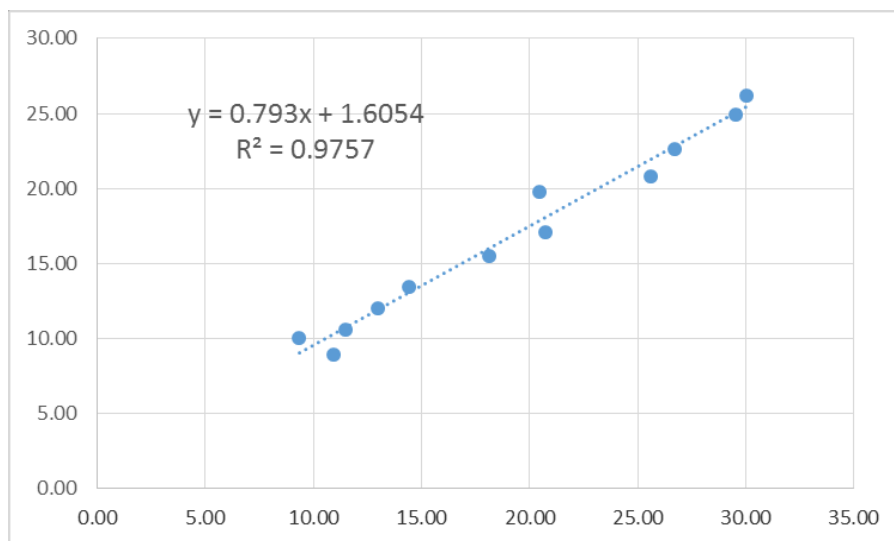


Figura 7. Recta de regresión entre la temperatura media del aire (eje y) (estación Palacio de Doñana) y la temperatura media del suelo a -0,05 m. (eje x).

En la tabla 5 se muestran los valores de ST y de RH a -0.50 m durante el periodo de déficit hídrico en gris, que son los utilizados para curva polinómica de regresión de la figura 7. Los valores de humedad RH a -0.50 y a -0.05 m de los meses de febrero y marzo se hallan muy próximos y coinciden con la situación de excedente por saturación del suelo en estos meses. A partir de agosto es la precipitación la que marca el aporte de humedad al suelo tanto en superficie como en profundidad, pero sin que el RH a -0.50 m alcance al de -0.05 m, lo que identifica un recargo sin saturación (como se vio en la figura 4), y tal como indica el diagrama de balance hídrico (Fig. 2) durante los meses de agosto a diciembre.

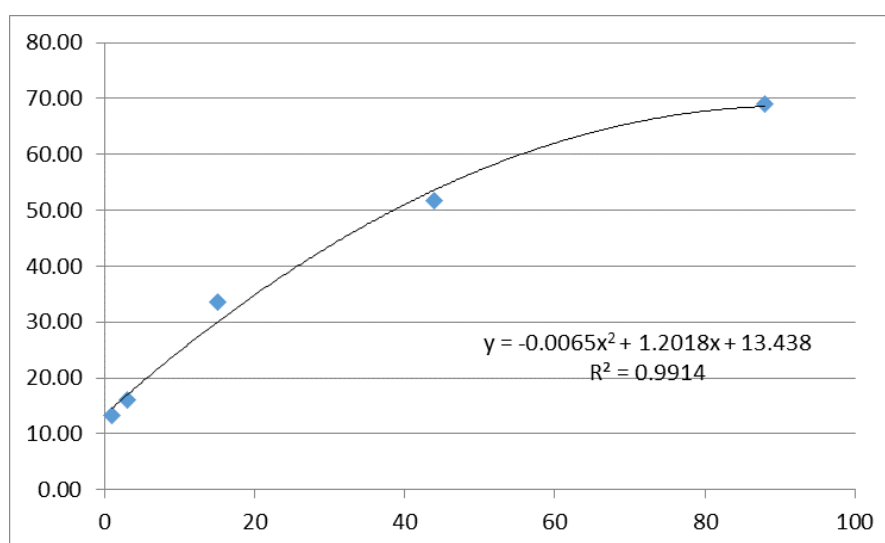


Figura 8. Curva de regresión polinómica entre la humedad del suelo (ST) del balance hídrico (eje x) y la humedad relativa (RH) a -0.50 m (eje y) medidas en campo durante el período de déficit hídrico.

Mes	ST del BH (mm)	RH a -0.50 m	RH a -0.05 m	P (mm)
Febrero	100	61.20	59.61	74.50
Marzo	100	68.81	71.64	116.20
Abril	88	68.95	59.74	45.40
Mayo	44	51.78	16.96	6.00
Junio	15	33.63	14.53	0.00
Julio	3	16.16	11.06	0.00
Agosto	1	13.34	12.34	15.20
Septiembre	1	30.55	23.14	21.10
Octubre	1	86.07	110.46	72.10
Noviembre	1	57.00	75.25	0.90
Diciembre	40.43	53.37	59.41	59.40

Tabla 5. VALORES DE: HUMEDAD DEL SUELO (ST) EN (mm) DEL BALANCE HÍDRICO (BH), HUMEDAD DEL SUELO (RH) A -0.50 m Y -0.05 m EN TANTO POR CIENTO Y PRECIPITACIÓN MENSUAL (P) EN mm.

4. CONCLUSIONES

Como se desprende de lo anterior, la utilización del método propuesto por Thornthwaite y los resultados obtenidos con equipos de medición en continuo muestran una correlación significativa y permiten validar los datos del Balance Hídrico obtenido sólo a través de datos medios mensuales de temperatura y precipitación. Este hecho viene a reforzar la hipótesis inicial con la que se ha trabajado en esta investigación en el sentido de que el Balance Hídrico se muestra como un buen estimador de la humedad edáfica del suelo y, a su vez, que el Balance Bioclimático, encadenado con éste último a través del agua sobrante mensual, se conforma como un buen estimador de la actividad vegetativa de las formaciones vegetales.

5. AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el proyecto de investigación JUNITUR “Biogeografía de los sabinars de *Juniperus turbinata* Guss. en la Reserva de la Biosfera de El Hierro y en el Parque Nacional de Doñana (CSO2011-24425) de la Secretaría de Investigación, Desarrollo e Innovación del Ministerio de Economía y Competitividad.

6. REFERENCIAS

- Borja, F. y Díaz del Olmo, F. (1994). Geomorfología del manto eólico litoral de El Abalarío (Huelva). En: J. Arnáez, J.M. García Ruiz y A. Gómez Villar (Eds.). *Geomorfología en España*. SEG. Logroño, pp. 327-338.
- Borja, F. y Díaz del Olmo, F. (1996). “Manto eólico litoral (MEL) de El Abalarío (Huelva-España): episodios morfogenéticos posteriores al 22.000 BP”. En: A. Pérez Alberti, P. Martini, W. Chesworth y A. Martínez Cortizas (Eds.). *Dinámica y evolución de Medios Cuaternarios*. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela, pp. 375-390.
- Cámara, R. (2004). Escalonamiento bioclimático, regímenes ecodinámicos y formaciones vegetales de la isla La Española en República Dominicana. En: Panareda, J.M. (Ed.). *Estudios en Biogeografía*. Terrassa. Servei de Publicacions de la Universitat de Girona, pp. 39-58.
- Cámara R., Díaz del Olmo, F. y Borja, C. (2013). “Muestreo en transecto de formaciones vegetales de fanerófitos y caméfitos (MIFC) (II): estudio de los sabinars de la Reserva Biológica de Doñana (RBD) (España)”. *Estudios geográficos*, Vol. 74. Núm. 274: 89-114.
- López Cadenas de Llano, F. y Mintegui, J.A. (1986). *Hidrología de superficie*. Fundación Conde del Valle de Salazar, 224 págs.
- Montero de Burgos, J.L. y González Rebollar, J.L. (1974). *Diagramas bioclimáticos*. Ministerio de Agricultura, ICONA. Madrid.
- Montero de Burgos, J.L. y González Rebollar, J.L. (1989). Diagramas bioclimáticos. En: Rivas Martínez, S. (Ed.). *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. Ministerio de Agricultura, ICONA, Serie Técnica. Madrid, pp. 227-268.
- Thornthwaite, C. W.; Mather, J. R. (1955). “The Water Balance. Laboratory of Climatology”. *Publ. in Climatol*, 8: 1-104.
- Thornthwaite, C. W. y Mather, J. R. (1957). “Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance”. Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology. *Publ. in Climatology*, 10:181-311.