

EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL SISTEMA HIDROGRÁFICO MIJARES-LA PLANA. EFECTOS BAJO UN ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO¹

José Quereda Sala
Enrique Montón Chiva
Belen Mollá Cantavella

María Victoria Quereda Vázquez

Laboratorio de Climatología. Universitat Jaume I
quereda@uji.es, montone@uji.es

RESUMEN

Este estudio se plantea dos objetivos: responder a la cuestión de ¿Cuánta agua hay?, así como proyectar los recursos hídricos futuros.

La evaluación de la evapotranspiración ha constituido la principal innovación metodológica, efectuada mediante el método de Penman-Monteith. Los valores obtenidos han sido proyectados mediante técnicas de kriging para obtener una malla regular, la cual ha servido para calcular los valores promedios. Como conclusión, Los recursos están muy ajustados para atender la demanda, pero podrían estar muy comprometidos ante las variaciones climáticas previstas por los modelos.

Palabras clave: recursos hídricos, Mijares-La Plana, evapotranspiración, Penman-Monteith, kriging, demandas, 2025-2030.

ABSTRACT

This work proposes two objectives: responding to the basic issue of how much water there is as well as projecting the water resources in the future.

Fecha de recepción: enero 2014.

Fecha de aceptación: octubre 2014.

¹ Este trabajo ha sido realizado con la financiación del Plan de Investigación de la Universitat Jaume I, a través del proyecto «El sistema hidrográfico del Mijares», código P1.1B2012-21.

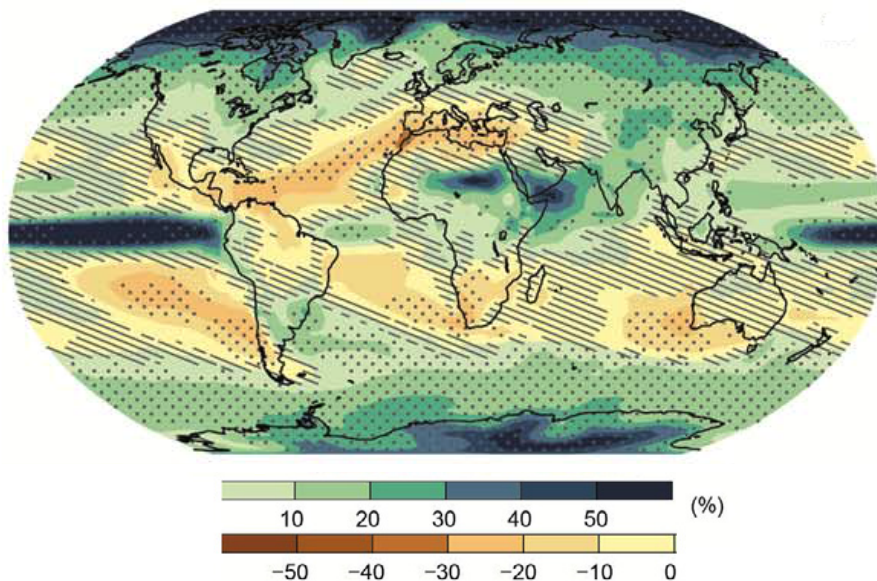
Evaluating evapotranspiration was the main methodological innovation of our work, made by Penman–Monteith method. Kriging techniques have been applied over the values from meteorological observation points to get a regular grid, used to calculate regional average values. Concluding, resources are currently tight to serve the demand, but they may be seriously committed to the changes estimated by climatic models.

Keywords: water resources, Mijares-La Plana, evapotranspiration, Penman-Monteith, kriging, demands, 2025-2030.

I. IMPORTANCIA Y OBJETIVOS

El presente trabajo de investigación adquiere una gran trascendencia a tenor de las predicciones que los modelos de cambio climático establecen sobre la región mediterránea. En este orden de conocimientos, el Fourth Assessment del IPCC (Panel Intergubernamental para el Cambio Climático), *Climate Change, 2007*, de las Naciones Unidas, e IDS de Valencia (2007), y la presentación de las bases científicas del último Informe, *Fifth Assessment* (IPCC WGI AR5, 2013), basados en los modelos del Hadley Centre, establecen que nuestra región mediterránea será la más vulnerable de Europa a los efectos del cambio climático. Vulnerabilidad debida a que, simultáneamente al aumento térmico regional, se produciría una reducción de recursos hídricos como consecuencia básica de dos procesos atmosféricos.

Figura 1
REDUCCIÓN DE LA ESCORRENTÍA EN EL HORIZONTE DE LOS AÑOS 2080-2100
(FIFTH ASSESSMENT, IPCC, 2013)



El primero sería el desplazamiento hacia el norte, por retroceso latitudinal de la masa de aire fría, de la zona neurálgica de formación de borrascas entre el fluido atmosférico polar y el tropical. El segundo proceso, la intensificación del ciclo hidrológico, vinculado al aumento térmico global, parece incuestionable e inequívoco como causa del mayor problema regional en los próximos veinticinco o cincuenta años. Un proceso de desertificación que centra los objetivos del presente estudio.

Consecuentemente con estas previsiones y con su trascendencia, el presente trabajo de investigación sobre el Sistema Hidrográfico del Mijares-La Plana, comprende dos objetivos:

1. La determinación del proceso hidrológico actual como base para la evaluación de los recursos hídricos disponibles. En síntesis, responder a la cuestión básica de ¿Cuánta agua hay?
2. Proyectar los impactos que un cambio climático podría tener sobre los recursos hídricos de la cuenca vertiente.

II. LA EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SOBRE EL SISTEMA HIDROGRÁFICO DEL MIJARES-LA PLANA: METODOLOGÍA DE CÁLCULO

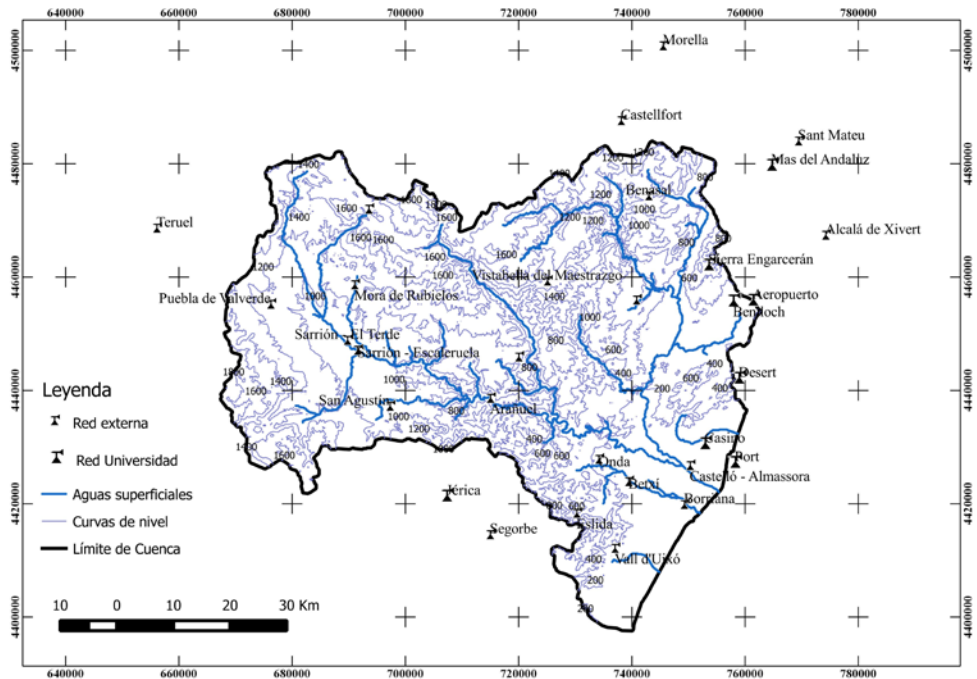
La metodología utilizada para evaluación de los recursos hídricos totales, superficiales y subterráneos, está basada en la concepción del ciclo hidrológico y de su estrecha dependencia con los datos climáticos. El valor de la escorrentía (E), o aportaciones totales anuales (A), se muestra altamente tributario de las relaciones entre los valores de la precipitación (P) y los de la evapotranspiración potencial o real (ETP-ETR):

$$E (A) = P - ETR$$

Valores que han sido obtenidos o calculados sobre una malla espacial de 31 observatorios termopluviométricos (figura 2).

La segunda condición para un buen resultado de nuestra metodología de cálculo es la medida rigurosa de la evapotranspiración. Medida que constituye la principal innovación metodológica y objetivo complementario de nuestro estudio. En efecto, en el centro de las actuales preocupaciones sobre el balance del agua se sitúa el proceso de evaporación. Este cambio de estado, mediante el cual el agua pasa del estado líquido al estado gaseoso, es el que condiciona todo el ciclo del agua, tanto en pérdidas para la superficie del globo como en ganancias por causa de las precipitaciones. Ello es tan cierto, que los denominados países áridos deben esa característica climática más a la fortísima evaporación que a la misma escasez de precipitaciones. Un proceso complejo cuyo ritmo e intensidad es modulado por la práctica totalidad de los elementos climáticos de una zona, a través de las leyes de Dalton, Jeffrens y Stefan (Quereda, 2008). Precisamente, la escasez de observatorios de primer orden, ha determinado que, al margen de centros experimentales de escala local, la evaluación del proceso evaporativo haya descansado sobre formulaciones teóricas muy vinculadas a la temperatura y que han permitido un amplio desarrollo de aplicaciones informáticas (Das and Saskia, 2009).

Figura 2
PUNTOS DE OBSERVACIÓN TERMOPLUVIOMÉTRICA UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS



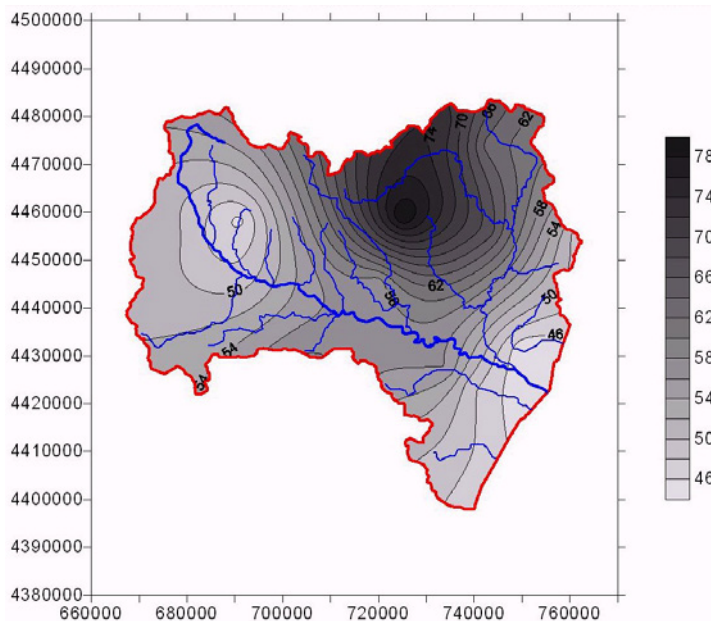
II.1. La aportación pluviométrica (P)

Ha sido totalizada mediante los valores de la precipitación media anual correspondientes a los 31 observatorios termoplumiométricos (AEMET-UJI), debidamente homogeneizados con el SNHT (Standard Normal Homogeneity Test). Los resultados cartográficos aparecen en la figura 3.

La cartografía obtenida permite observar que la mayor parte del Sistema Hidrográfico se mantiene por debajo de los 550 mm anuales. Las isoyetas medias anuales se hallan entre los 450 mm de la zona costera y los 800 mm del macizo de Penyagolosa, sobre la isohipsa de 1.300 metros. Aunque con toda probabilidad y sobre las cimas de Gúdar puedan registrarse valores semejantes a los del macizo de Penyagolosa, las precipitaciones registradas en Alcalá de la Selva, también a 1.250 metros de altitud, son tan sólo de 554 mm. Unas precipitaciones que igualmente se mantienen entre los 500 y los 550 mm en los observatorios de Puebla de Valverde y Mora de Rubielos situados sobre la isohipsa de 1.000 metros de altitud. Sin duda que ello viene a reflejar el efecto de sombra pluviométrica proyectado localmente por los macizos de Gúdar y Penyagolosa sobre los flujos del oeste.

En promedio, las precipitaciones aportarían 56,85 cm sobre todo el Sistema Hidrográfico del Mijares-La Plana. Estas precipitaciones medias, sobre los 4.846 Km² del sistema, determinan unos recursos pluviométricos de 2.755 Hm³ anuales.

Figura 3
CARTOGRAFÍA DE LOS RECURSOS PLUVIOMÉTRICOS (DATOS AEMET-UJI, 1950-2000)



II.2. La evapotranspiración (ETP-ETR)

De estos recursos pluviométricos una gran parte de los mismos es consumida en los procesos de evaporación física y la biológica. De ahí la gran importancia que tiene conocer con la mayor precisión posible la magnitud de la evaporación, el factor clave del ciclo del agua y charnela de todo el proceso.

Como hemos afirmado, esta evaluación de la evapotranspiración ha constituido la principal preocupación metodológica de nuestro trabajo. En este orden de conocimientos, frente al empleo de las formulaciones clásicas de Thornthwaite y de Turc, las más fácilmente aplicables a los datos meteorológicos existentes, la evaluación de esta magnitud básica de la evapotranspiración ha sido efectuada mediante el método de Penman-Monteith (Penman, 1948, 1953; Monteith, 1965, 1985). Esta formulación aerodinámica y radiativa, presentada por Penman en 1948 y completada por Monteith en 1965, precisando la resistencia a la superficie de la cubierta vegetal, es la especialmente recomendada por la FAO desde 1990. Así, desde entonces y como resultado de una consulta a los mejores especialistas, el método de FAO Penman-Monteith se recomienda como el único método para la definición y el cálculo de la evapotranspiración de referencia.

A pesar de esta insistente recomendación, la formulación Penman-Monteith no ha sido aplicada más que en reducidos ámbitos experimentales a causa de su complejidad y, generalmente, con estimaciones aerodinámicas por defecto (Priestley and Taylor, 1972). De ahí que su aplicación al ámbito del sistema hidrográfico Mijares-La Plana constituya la prin-

cial innovación metodológica de nuestro estudio. La formulación aplicada en nuestros cálculos de la ETP ha sido la adaptación de Penman-Monteith para estaciones automáticas (AWSET, 2001).

$$ET_o = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p (\delta e) g_a}{(\Delta + \gamma(1 + g_a/g_s)) L_v}$$

donde

ET_o = evapotranspiración sobre un cultivo de referencia (mm/día);

R_n = radiación neta en la superficie del cultivo (MJ/m²/día);

G = flujo de calor del suelo (MJ/m²/día);

T = temperatura promedio del aire a 2 metros de altura (°C);

L_v = energía de volumen latente. ($L_v = 2453 \text{ MJ m}^{-3}$)

Δ = Tasa de intercambio de humedad específica del aire con T (Pa K⁻¹)

c_p = calor específico del aire (J kg⁻¹ K⁻¹)

ρ_a = densidad del aire seco (kg m⁻³)

δe = déficit de humedad (Pa)

g_a = Conductividad del aire (m s⁻¹)

g_s = Conductividad (m s⁻¹)

γ = constante psicrométrica ($\gamma \approx 66 \text{ Pa K}^{-1}$)

Resulta evidente que para la aplicación de la citada fórmula es necesaria una buena red de estaciones meteorológicas que registren todos los datos aerodinámicos y radiactivos requeridos. Este ha sido el caso de nuestro territorio sobre el que disponemos de una red meteorológica universitaria, integrada por catorce estaciones automáticas. Estas estaciones de apoyo han permitido establecer una excepcional cartografía territorial de la evapotranspiración potencial, a través de sus propios registros de la ET y de su posterior correlación con otras estaciones de la red de observatorios termoplumiométricos (figura 4). El método empleado ha consistido en situar sobre las coordenadas geoespaciales los valores de ETP registrados por las estaciones automáticas. Complementariamente y en aras de una mayor cobertura del territorio, los datos climáticos de la red meteorológica experimental (2008-2012) han servido para dotar simultáneamente a la red regional de observatorios termoplumiométricos de aquellos parámetros climáticos necesarios (radiactivos y aerodinámicos), para aplicar la formulación de Penman-Monteith. El criterio ha buscado la mayor cohesión espacial entre estaciones automáticas y observatorios de la red tradicional.

Asimismo, nuestro método de cálculo de la evapotranspiración, como demanda de agua, ha tenido en cuenta la mayor precisión de Monteith con referencia a un manto vegetal teórico definido. Por ello para calcular las necesidades de agua concretas de un territorio, determinado por su paisaje vegetal, es preciso emplear un coeficiente denominado K_c . Este coeficiente de cultivo, expresa la relación existente entre la tasa de evapotranspiración obtenida para una superficie extensa de gramíneas de 8 a 15 cm de altura, uniformemente distribuidas y con crecimiento activo que sombrean totalmente el suelo y no carecen de agua (E_{to}) y la evapotranspiración del cultivo concreto estudiado. Así, la FAO propone que para calcular las necesidades de agua de los distintos cultivos se emplee la siguiente expresión:

$$ETc = ET_0 * Kc$$

donde:

ETc = Necesidades de agua.

ET₀ = Evapotranspiración en una zona determinada.

Kc = Coeficiente de cultivo.

De este modo, un método práctico y generalizado para la programación del riego localizado en base a la ET_c, necesidades de agua, es el calcular las necesidades de acuerdo con la evapotranspiración de referencia (ET₀), según método de Penman modificado (Doorenbos y Pruitt, 1974, 1975) y los coeficientes de cultivo establecidos por la misma FAO. En nuestro caso, el valor adoptado del parámetro de cultivo, Kc, ha sido de 0,65. Este valor de Kc ha sido establecido en función de los coeficientes propuestos (0,65 a 0,4) para cítricos, vid, olivo, almendro, frutales y monte mediterráneo en las tablas FAO (Doorenbos y Pruitt, 1977, 1990; Doorenbos y Kassam, 1979).

Los resultados obtenidos aparecen en la figura 5. La evapotranspiración potencial (ETP) altamente tributaria de los procesos radiactivos, alcanza sus mayores valores en las zonas bajas y va reduciéndose a medida que el territorio se eleva. De este modo, la evapotranspiración potencial se mantiene entre valores anuales superiores a 95 cm sobre la zona litoral y valores algo inferiores a los 55 cm en las tierras centrales. No obstante, la influencia del régimen radiactivo y aerodinámico vuelve a elevar la ETP en las tierras altas del Maestrazgo-

Figura 4
RED METEOROLÓGICA DE LA UNIVERSITAT JAUME I (LABORATORIO DE CLIMATOLOGIA)

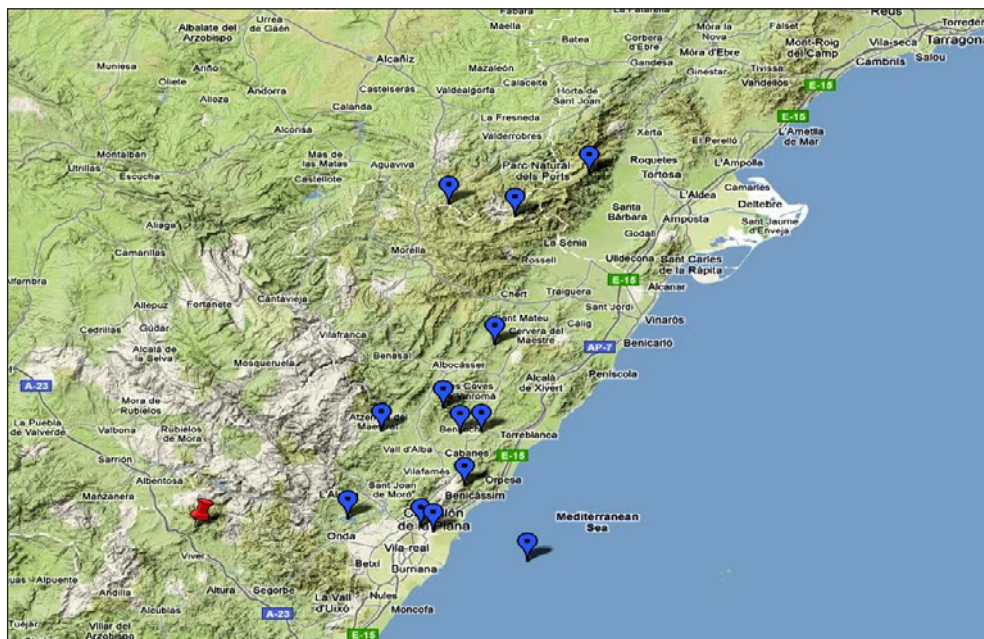
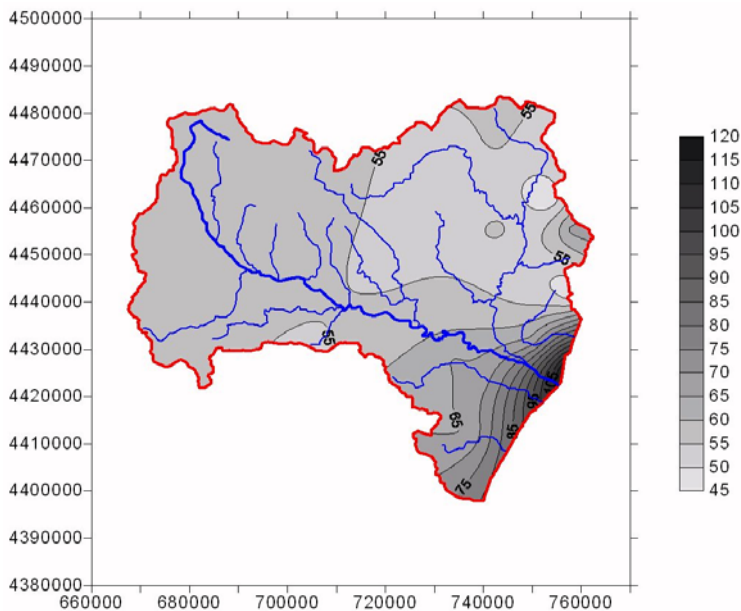


Figura 5
VALORES MEDIOS ANUALES DE LA ETP SEGÚN FORMULACIÓN DE PENMAN-MONTEITH.



Gúdar con valores entre 55 y 60 cm. Globalmente sobre la superficie total del sistema hidrográfico Mijares-La Plana, 4.846 Km², la demanda potencial de la atmósfera se eleva a 59,06 cm. Ello equivale a un total de 2.862 Hm³.

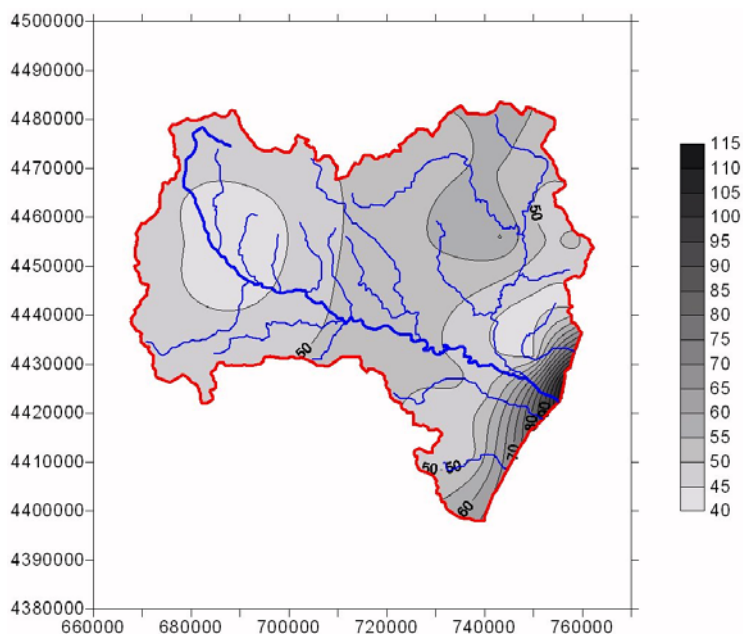
Ciertamente que aquí es donde se plantean las mayores divergencias con respecto a la ETP calculada por las formulaciones tradicionales. La demanda potencial obtenida a través del método propuesto por la FAO, 59,06 cm, es superior a la obtenida por la formulación de Turc (1961), equivalente a 51,3 cm (1950-2000). Al mismo tiempo, esta evaluación de la ETP, según Turc, aunque muy próxima a las medidas experimentales (Piché y Bac) resultaría superior a la obtenida con el método clásico de Thornthwaite (1948. 1955), 46,2 cm (Quereda et al, 2010). Estas diferencias en la magnitud del proceso evapotranspirativo muestran la estrecha dependencia con la formulación empleada. De ahí que hayamos procedido a aplicar el método recomendado por la FAO y basado en la formulación de Penman-Monteith.

II.3. El cálculo de la escorrentía

No obstante, las cantidades de agua disponibles no permiten siempre alcanzar el valor potencial de la ETP. En consecuencia, el valor de la escorrentía total resultante del ciclo hidrológico viene mejor determinado a través del concepto de la ETR o evapotranspiración real. Esta evaluación de la ETR ha sido efectuada mediante la elaboración de las fichas hídricas mensuales de Thornthwaite sobre los valores de ETP de Penman-Monteith. En ellas, bajo el valor medio mensual de la precipitación (cm) se ha situado el valor medio mensual de la

ETP (Penman-Monteith) registrado o calculado. El valor medio anual de la ETR resultante sobre el territorio del Sistema Hidrográfico es de 50,76 cm (figura 6). Ello equivale a una evapotranspiración real de 2.460 Hm³.

Figura 6
VALORES MEDIOS ANUALES DE LA ETR SEGÚN FORMULACIÓN DE PENMAN-MONTEITH



Este valor de la ETR o demanda real de la atmósfera, 50,76 cm, mediante la formulación FAO, resulta ya más próximo al obtenido mediante la formulación de Turc, 48 cm., expresada:

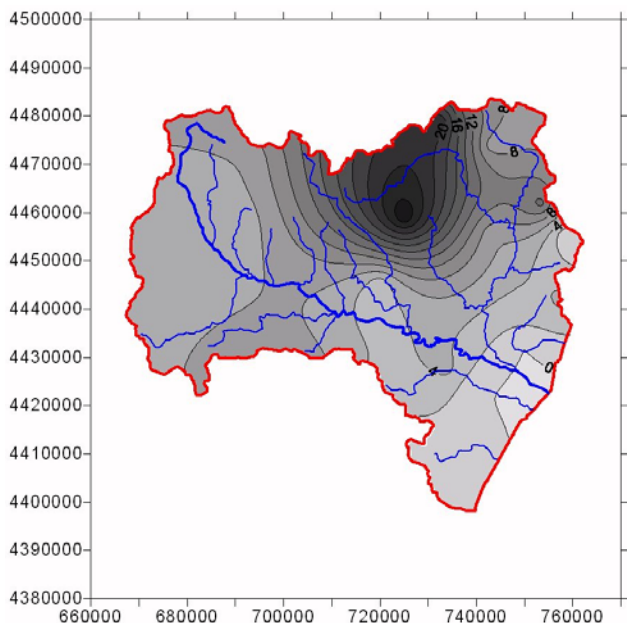
$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

siendo ETR: la evapotranspiración total media anual (mm); P: la precipitación media anual (mm); L: = 300 + 25 T + 0,05 T³ y T: la temperatura media anual (°C).

Consiguientemente, la limitación real de recursos hídricos disponibles determina que exista un mayor ajuste entre la ETR de las formulaciones empleadas. La formulación FAO tan sólo sería un 5 % más elevada que la obtenida con la de Turc.

Con esta formulación FAO, el valor medio obtenido para la escorrentía regional (figura 7), calculado mediante la computación de matrices, es de 7,20 cm. Ello equivale a un total anual de 349 Hm³. Unos recursos hídricos que estarían al mismo nivel que las demandas estimadas por el PHN para el horizonte del año 2025-2030, bajo un régimen climático normal.

Figura 7
VALORES DE LA ESCORRENTÍA EN EL SISTEMA HIDROGRÁFICO DEL MIJARES-LA PLANA



III. ANÁLISIS Y PROYECCIÓN DE LOS IMPACTOS QUE UN CAMBIO CLIMÁTICO PODRÍA TENER SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS DEL SISTEMA HIDROGRÁFICO

Este ajustado equilibrio entre disponibilidad y demandas de recursos hídricos, parece seriamente amenazado ante las previsiones de desertificación que los modelos océano-atmósfera de cambio climático establecen sobre la región mediterránea. La reducción de recursos hídricos proyectada por el modelo de tercera generación (HadCM3), podría alcanzar hasta un 25-40 % de las actuales magnitudes de escorrentía regionales.

La verificación y evaluación de este riesgo constituye el mayor reto científico que actualmente se plantea a la climatología mediterránea. En este orden de conocimientos, y sin menoscabo de las grandes incertidumbres inherentes a la hipótesis de cambio climático, ha sido posible realizar una proyección de posibles impactos sobre los recursos hídricos. Este nuevo escenario, bajo los valores derivados de la tendencia observada en el análisis climático, puede configurarse mediante un aumento térmico de un grado centígrado en el horizonte del año 2050 y, tal vez, con una disminución del 5 % en la precipitación media. La metodología empleada para estas proyecciones ha sido derivada del mismo cálculo de los parámetros del ciclo del agua. La formulación de Penman-Monteith ha sido aplicada sobre una base de temperaturas medias mensuales incrementada en 1°C, así como con la reducción pluviométrica posible.

La cartografía derivada (figura 8) permite estimar que una elevación media de la temperatura en 1 °C podría traducirse en una reducción de la escorrentía media hasta 6,66 mm, con disminución del 8 % de los actuales recursos hídricos. La misma metodología de proyección

Figura 8
VALORES DE LA ESCORRENTÍA EN EL SISTEMA HIDROGRÁFICO DEL MIJARES-LA PLANA,
BAJO UN ESCENARIO CLIMÁTICO CON AUMENTO TÉRMICO DE 1 °C

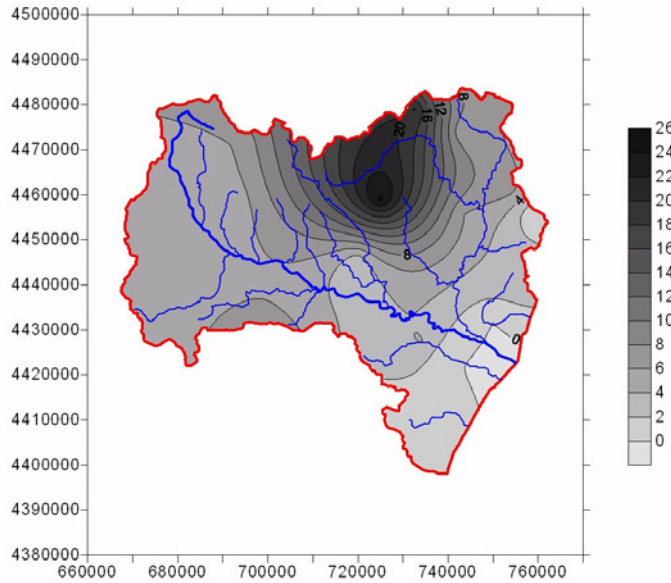
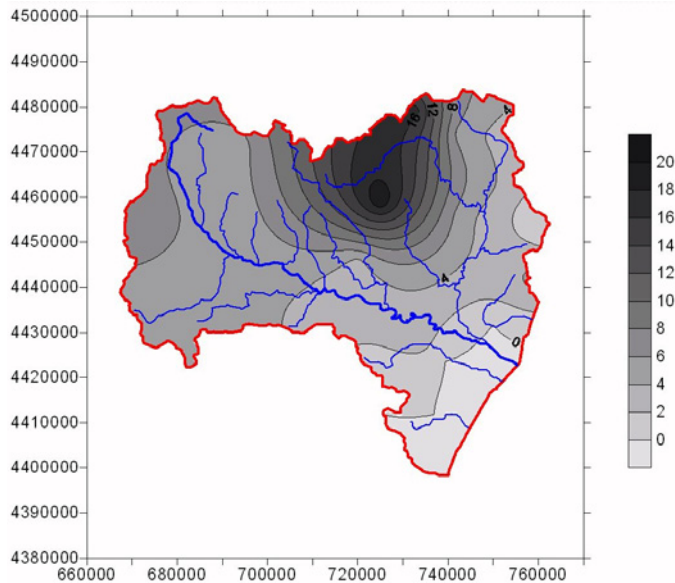


Figura 9
VALORES DE LA ESCORRENTÍA EN EL SISTEMA HIDROGRÁFICO DEL MIJARES-LA PLANA, BAJO UN ESCENARIO
CLIMÁTICO CON AUMENTO TÉRMICO DE 1 °C Y UNA DISMINUCIÓN DEL 5 % EN LA PRECIPITACIÓN MEDIA



permite estimar la reducción de recursos que podría acontecer bajo un escenario climático en el que al aumento térmico de 1°C se añadiese una reducción del 5 % en la precipitación media (figura 9). El valor medio de la escorrentía, 5,59 cm, representa una fortísima reducción del 22,5 % en los recursos hídricos del Sistema Hidrográfico.

IV. CONCLUSIONES

El presente trabajo constituye una aportación a uno de los principales retos científicos de la climatología mediterránea. Este reto se centra en el proceso de desertificación que podría sobrevenir mediante la intensificación del ciclo hidrológico vinculado al aumento térmico global. Proceso que a tenor de las conclusiones del Fifth Assesment (2013) del IPCC, parece inequívoco como causa del mayor problema regional en los próximos veinticinco o cincuenta años.

Consecuentemente con estas previsiones y con su trascendencia, el presente trabajo de investigación sobre el Sistema Hidrográfico del Mijares-La Plana ha comprendido dos objetivos: la determinación del proceso hidrológico actual como base para responder a la cuestión básica de ¿Cuánta agua hay?, así como proyectar los impactos que un cambio climático podría tener sobre los actuales recursos hídricos de la cuenca vertiente.

La evaluación de la evapotranspiración, charnela fundamental del ciclo del agua, ha constituido la principal innovación metodológica de nuestro trabajo. En este orden de conocimientos, frente al empleo de las formulaciones clásicas de Thornthwaite y de Turc, las más fácilmente aplicables a los datos meteorológicos existentes, la evaluación de esta magnitud básica de la evapotranspiración ha sido efectuada mediante el método de Penman-Monteith, especialmente recomendada por la FAO desde 1990.

Los valores FAO obtenidos con esta metodología han constituido la base cartográfica del sistema hidrográfico. En función de esta cartografía geoestadística de los principales elementos del ciclo hidrológico, precipitación, ETP y ETR, trazada a través del programa WINSURF, ha sido posible realizar un riguroso cálculo de los recursos hídricos disponibles como aportación anual o escorrentía del sistema. Los valores obtenidos sobre los puntos de observación meteorológica han sido proyectados mediante técnicas de kriging para obtener una malla regular. La obtención de los valores promedios regionales ha sido calculada mediante la computación de matrices o álgebra de mapas efectuada a través del SIG-IDRISI. En síntesis, una cartografía, sobre los 4.846 Km² de la superficie total del sistema hidrográfico Mijares-La Plana, que ha permitido conocer de cuantos recursos hídricos se dispone para atender la demanda prevista. Unos recursos que actualmente están muy ajustados en su valor medio para atender una demanda calculada en 350 Hm³/año para el año 2025-30 (PHN, 2001), pero que podrían estar gravemente comprometidos ante la notable reducción de un 22 % que supondría un clima con una temperatura elevada en 1 °C y disminuido en un 5% de su precipitación media actual.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G. (2001): *Manual de Ref-ET. Reference evapotranspiration calculation for FAO and ASCE standardize equations. Version 2.00 for Windows.* University of Idaho, Kimberly. <http://www.kimberly.uidaho.edu/suluc/.ref.et/manual.pdf>.

- ALMARZA, C. (1984): *Fichas hídricas normalizadas y otros parámetros hidrometeorológicos*, INM, 3 vols.
- AWSET (2001): *Potential Evapotranspiration Program for Automatic Weather Stations*, Cranfield University, 35 pp.
- ALLEN, R.G. and PRUITT, W. O. (1986): «Rational use of the FAO Bladney-Criddle formula», *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Vol. 112, No. 2, pp. 139-155.
- BROCHET, P. et al. (1977): *Etude agrométéorologique du blé tendre d'hiver*. Monographie de la MN, n° 101.
- CIID (1977): *Evapotranspiration*, La Météorologie, Número especial VI, 11, 1977, 165 pp.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR (1999): *Plan Hidrológico de Cuenca del Júcar*, 32 pp. (BOE, 27 de agosto, 1999):
- DAS, M.M and SASKIA, M.D. (2009): «Water Power Engineering», Raj. Press, New Delhi, 425 pp.
- DOORENBOS J. and PRUITT W. O. (1974): *Las necesidades de agua de los cultivos*. Estudio FAO Riego y Drenaje n° 24. ROMA.
- DOORENBOS, J. and PRUITT, W. O. (1975): *Guidelines for predicting crop water requirements*, *Irrigation and Drainage Paper 24*, FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- DOORENBOS, J. and PRUITT, W. O. (1977): *Guidelines for predicting Crop water requirements*. *Irrigation and Drainage Paper No. 24*, (rev) FAO, Rome.
- DOORENBOS, J y KASSAM, A.K. (1979): *Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos*. Estudio FAO.: Riego y drenaje, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
- DOORENBOS J., PRUITT W.O. 1990. *Las necesidades de agua de los cultivos*. Estudio FAO Riego y Drenaje n° 24. Roma.
- ELIAS CASTILLO, F, y CASTELLVI SENTIS, F (1996): *Agrometeorología*, Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, 516 pp.
- HARGREAVES, G. (1988): «Discussion of «Rational Use of the FAO Blaney-Criddle Formula»» by Richard G. Allen and William O. Pruitt (May, 1986, Vol. 112, No. 2):» *J. Irrig. Drain Eng.*, 114(2), 373-375.
- IDS (2007): *Cambio Climático 2007*. Informe de Síntesis, IPCC, Valencia, 103 pp.
- IPCC Working Group I Four Assessment Report (2007): *Climate Change: The Scientific Basis*. Draft version in <http://www.gcricio.org/online.html>.
- IPCC Working Group I Four Assessment Report (2013): *Climate Change: The Scientific Basis*. Draft version in <http://www.climatechange2013.org/>
- MIMAM (2001): *Plan Hidrológico Nacional*, Madrid, Ministerio de Medio Ambiente, 5 vols.
- MIMAM (2007): *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático*. MIMAM.
- MONTEITH, J.L. (1965): «Evaporation and environment». *Symposia of the Society for Experimental Biology*, 19: 205-224. PMID 5321565.
- MONTEITH, J.L. (1985): «Evaporation from land surfaces: Progress in analysis and prediction since 1948». pp. 4-12. In *Advances in Evapotranspiration*, Proc. National Conference on Advances, Evapotranspiration, Dec. 16-17, Chicago, IL, Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, MI.

- PARRY et al. (1999): *Informe ACACIA*, (Projet: A Coordinated Action Towards a Comprehensive Climate Impacts and Adaptations Assessment for the European Union).
- PENMAN, H.L. (1948): *Natural evaporation from open water, bare soil and grass*. Proc. Roy. Soc. London A (194), S. 120-145.
- PENMAN, H.L. (1953): *The physical basis of irrigation control*. Rep. 13th Intl. Hort. Congr., 2, 913-914.
- PRIESTLEY, CH.B. and TAYLOR, R.J. (1972): «On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters». *Monthly Weather Review*, 100, (2): 81-82. Bibcode:1972MWRv..100...81P. doi:10.1175/1520-0493(1972)100<0081:OTAOSH>2.3.CO;2.
- QUEREDA SALA, J. y CALVO CASES, A. (1981): «El ciclo del agua y su importancia», *Millars VII*, pp. 25-48.
- QUEREDA SALA, J., MONTON CHIVA, E. y ESCRIG BARBERA, J. (2009): *Evaluación del cambio climático y de su impacto sobre los recursos hídricos en la Cuenca del Júcar*. GV-Fundación Agua y Progreso, 165 pp.
- QUEREDA SALA, J., MONTON CHIVA, E. y ESCRIG BARBERA, J. (2010): «Los recursos hídricos en el Sistema Hidrográfico del río Mijares-La Plana», *Investigaciones geográficas*, nº 51, pp. 185-202.
- QUEREDA, J. (2008): *Curso de Climatología General*, Colección Universitas, 280 pp.
- THORNTHWAITE, C.W. (1948): «An approach toward a rational classification of climate». *Geographical Review*: 55-94.
- THORNTHWAITE, C.W. (1948): «Micrometeorology of the surface layer of the atmosphere». *Public. Climat.* 1 bis, 5.
- THORNTHWAITE, C.W. and MATHER, J.R. (1955): «The water balance». *Publications in Climatology*, 8 (1): Laboratory of Climatology. Centerton, N.J.
- TURC, L. (1954): «Le bilan d'eau des sols: Relations entre les Precipitations, l'Evapotranspiration et l'Écoulement», *Annales Agronomiques*, pp. 491-595.
- TURC, L. (1961): «Evaluation des besoins en eau d'irrigation, evapotranspiration potentielle». *Annales Agronomiques*, pp. 13-49.