

# CAPACIDAD DE INTERCEPTACION DE LA LLUVIA EN LOS REBOLLARES, HAYEDOS Y PINARES DEL MONCAYO (CORDILLERA IBÉRICA, ZARAGOZA)

Paloma IBARRA y M<sup>a</sup> Teresa ECHEVERRÍA  
Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio  
Universidad de Zaragoza

## RESUMEN

Se analiza el reparto de la precipitación en tres ecosistemas forestales del Macizo del Moncayo, tratando de evaluar el papel que juegan los diferentes bosques en la actividad de procesos tales como la interceptación y la escorrentía cortical. Los bosques, que están localizados en la ladera septentrional del macizo montañoso, son un rebollar de *Quercus pyrenaica*, situado a unos 1.000 m en la ladera media-baja del Moncayo, un hayedo de *Fagus sylvatica*, localizado a unos 1.300 m y un pinar de *Pinus sylvestris*, ubicado como límite del *timberline*, a unos 1.600 m. En cada uno de estos ecosistemas forestales se analiza el reparto pluviométrico dentro y fuera del bosque, profundizando en el papel interceptador de cada una de las masas boscosas, en función de argumentos biogeográficos.

Palabras clave: Precipitación, Interceptación, Escorrentía cortical, *Quercus pyrenaica*, *Fagus sylvatica*, *Pinus sylvestris*, Moncayo.

## ABSTRACT

The aim of this paper is to present the results of the study of the rainfall in forest ecosystems of the Moncayo Massif. It tries to assess the role of the different forests in the distribution of some climatic processes such as interception and steamflow. The three different forests are located on the northern slope of the mountaneous massif. The forests analysed are a *Quercus pyrenaica* oak-wood, located at 1.000 m on the low-medium slope of Moncayo, a *Fagus sylvatica* forest at 1.300 m and a pinewood of *Pinus sylvestris*, located as the limit to the *timberline*, at nearly 1.600 m. The rainfall distribution of each ecosystem is quantified inside and outside of each forest, underlying the role played by the different forests in the interception activity.

Key words: Rainfall, Interception, Steamflow, *Quercus pyrenaica*, *Fagus sylvatica*, *Pinus sylvestris*, Moncayo.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los cambios que introduce la presencia del bosque en el comportamiento de los regímenes pluviométricos han sido analizados en una gran variedad de cubiertas arbóreas, siendo un tema ya clásico en los trabajos de Biogeografía, Ecología y Climatología desde la primera mitad del presente siglo (HORTON, 1919; BEALL, 1934; OVINGTON, 1954; VOIGT, 1960; ZINKE, 1965; SCHNOCK, 1969; FORD y DEANS, 1978; GASH, 1979; LOCKWOOD, 1985). En los bosques del entorno mediterráneo, donde se registra un cierto *stress* hídrico

durante gran parte del año, los trabajos son también abundantes (RAPP y ROMANE, 1968; ETTEHAD *et al.*, 1973; RAPP y IBRAHIM, 1978; CALAMINI *et al.* 1982; GIANCOMIN y TRUCCHI, 1992), haciéndose extensiva esta afirmación a la Península Ibérica (BELLOT, 1988; DIZ *et al.*, 1991; BELMONTE y ROMERO, 1992, 1994).

La interceptación *sensu stricto*, es el agua retenida por la vegetación que posteriormente es evaporada o absorbida por la planta; no obstante existe una parte de la lluvia interceptada que “gotea”, atravesando la estructura vegetal de hojas y ramas mediante trascolación, y otra parte, que discurre hacia el tronco y por escorrentía cortical alcanza también el suelo. La interceptación del agua de precipitación por parte de los bosques alcanza valores muy considerables, tal como queda de manifiesto en la literatura científica, oscilando entre 7 % y casi 50 % (VOIGT, 1970; AUSSENAC y BOULANGEAT, 1980; BELLOT, 1988; GIACOMINI, 1992). Aunque, obviamente, hay factores climáticos que controlan la interceptación (tipo e intensidad de precipitación, viento, temperaturas...) destacamos en este trabajo los factores de tipo biológico. En efecto, está comprobada la influencia de la especie dominante en la interceptación, su fenología y tipo de tronco. En ambientes climáticos de la zona templada con precipitaciones de rango semejante al del área de estudio, pueden indicarse los siguientes valores de interceptación como orientativos: entre 30 y 40% en coníferas, entre 14 y 36% en planifolias caducifolias (LOCKWOOD, 1985) y concretando por especies: encina, entre 25 y 30%; pino silvestre, 30%; haya, 17%; rebollo, 18%. Pero, además, hay que tener en cuenta otros parámetros fundamentales, tales como la estructura de la formación vegetal, su estratificación, su densidad y distribución, para entender el reparto de la precipitación en el bosque.

## 2. ÁREA DE ESTUDIO

La situación del Moncayo (2.316 m) en el sector noroccidental de la Cordillera Ibérica aragonesa (Figura 1), expuesto en su ladera norte a la entrada de masas de aire húmedas del Noroeste, le confiere unos rasgos ambientales característicos. El gradiente altitudinal de esta ladera del macizo es muy fuerte, lo que explica las importantes variaciones térmicas y pluviométricas. El desnivel topográfico de 600 m en el área de estudio arroja un gradiente térmico fuera del bosque de 6,01°/1000 m para las temperaturas máximas y 2,86°/1000 m para las mínimas, mientras que dentro del bosque el gradiente de las temperaturas máximas es de 9,64°/1000 m y de 3,46°/1000 m el de las mínimas (ECHEVERRÍA *et al.*, 2002). Por su parte, el gradiente pluviométrico en esta ladera norte oscila, según diferentes autores, entre 42,7 mm/100 m (Cuadrat y Pellicer, 1983), 72,7 mm/100 m (ECHEVERRÍA *et al.*, 2002) y 100 mm/100 m (Del Valle y San Román, 1994).

El Moncayo se convierte en un magnífico emplazamiento de masas forestales dispuestas en altura en relación con diferentes demandas ecológicas, desde las propias del piso mesomediterráneo, hasta otras que explican la presencia de comunidades más exigentes en humedad, como un piso montano por encima de los 1.000 m, donde se localizan rebollares, hayedos y pinares, los tres bosques seleccionados en el presente trabajo.

Las tres formaciones forestales estudiadas tienen rasgos y requerimientos ecológicos bien distintos: el rebollar es un bosque en estado fustal -perímetros de sección de tronco entre 20 y 50 cm- localizado a 1.000 m y sobre un rellano topográfico con una pendiente en torno al 10%, corresponde a *Festuco heterophyllae-Quercetum pyrenaicae* siendo propio de ambientes de transición entre “lo mediterráneo” más cálido y seco y “lo eurosiberiano” más frío y

## CAPACIDAD DE INTERCEPTACION DE LA LLUVIA EN LOS REBOLLARES, HAYEDOS Y PINARES DEL MONCAYO (CORDILLERA IBÉRICA, ZARAGOZA)

húmedo, con un total de precipitación por debajo de los 700 mm, un claro período de sequía estival y una media de las temperaturas máximas de 21,3° y de las mínimas de 2,02°. El hayedo es un bosque maduro con árboles cuyo diámetro oscila entre 40 y 100 cm, localizado a 1.300 m y con una pendiente en torno al 30%. Perteneció a *Ilici aquifolii-Fagetum sylvaticae* y, como es bien sabido, es un bosque característico de los ambientes eurosiberianos, pese a que en el Moncayo esté en una situación un poco “al límite” de sus requerimientos; recibe unas precipitaciones anuales notablemente superiores al rebollar (976 mm) pero también presenta déficit estival, siendo la media de las temperaturas máximas de 19,1° y de las mínimas de 1,5°. Por último, los pinares de silvestre -perímetros de sección de tronco entre 20 y 110 cm- se localizan a 1.600 m, en un tramo de ladera con una pendiente de valores superiores al 40%. Son repoblaciones realizadas a principios del siglo XX en el límite del espacio potencial del hayedo en transición a comunidades de enebrales rastreros (*Vaccinio myrtilli-Junipereto nanae*). En esta cota se registra un total de 1.112 mm de precipitación, siendo un ambiente más frío con una media de las temperaturas máximas de 17,8° y de las mínimas de -0,6° - todos los datos climáticos citados en el artículo, proceden de las estaciones experimentales que se instalaron en los bosques estudiados y que estuvieron en funcionamiento entre 1993 y 1997 (ECHEVERRÍA *et al.*, 2003).

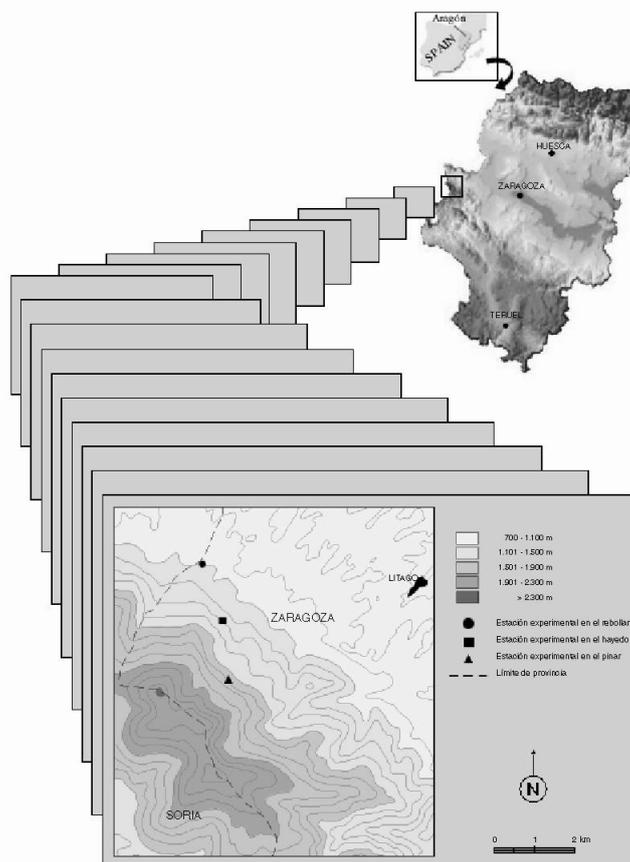


Figura 1. Localización del área de estudio.

### 3. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El objetivo de este trabajo, es analizar la relación entre tres tipos de bosques integrados por especies de fenología contrastada (hoja planifolia marcescente, hoja planifolia caducifolia y

hoja persistente aciculifolia) y estructura también diferente y su capacidad de interceptación de la lluvia. Esta relación se desglosa en objetivos específicos tales como:

- Las consecuencias de la topografía en el reparto de las precipitaciones.
- Las variaciones de la precipitación derivadas de la presencia/ausencia del bosque a un mismo nivel topográfico.
- Las diferencias en los procesos de interceptación, trascolación y escorrentía cortical en relación con un determinado tipo de bosque (coníferas/planifolias...).

El análisis de los datos pluviométricos está basado en la toma de datos de campo a lo largo de cuatro años (1993-1996), que ha permitido analizar distintos aspectos del comportamiento pluviométrico en los tres ambientes forestales.

La metodología seguida para la realización del trabajo se basa en una labor de carácter inductivo, que parte de los valores climáticos reales obtenidos en el área de estudio, para llegar a explicar cada uno de los objetivos ya enunciados.

Una vez elegida como área de estudio la vertiente nororiental del Moncayo por las razones ya expuestas, se seleccionaron tres sectores que fueran representativos de las comunidades a estudiar y tuvieran una accesibilidad aceptable. Se realizaron inventarios florísticos con índice abundancia/dominancia por especie y por estrato y posteriormente, se delimitaron las parcelas experimentales de 625 m<sup>2</sup> (cuadrados de 25 m de lado). En ellas se realizó, en primer lugar, un análisis exhaustivo de su recubrimiento de copas (mediante un muestreo del grado de cobertura cada 2,5 m) y de los perímetros de los árboles. En cada una de las parcelas se instalaron 3 pluviómetros y 3 cubos de nieve para poder calcular un valor medio de precipitación trascolada dentro de cada bosque (Pb) y 6 mecanismos de recogida de escorrentía cortical (ECHEVERRÍA *et al.*, 2002) en árboles de diámetros representativos del conjunto de pies arbóreos (Ec). Para obtener un dato de l/m<sup>2</sup> de escorrentía cortical representativo de toda la parcela se ha aplicado la siguiente fórmula:

$$Ec = \frac{ec_1 * P_1/p_1 + ec_2 * P_2/p_2 + \dots + ec_6 * P_6/p_6}{S}$$

Ec= escorrentía cortical de la parcela (l/m<sup>2</sup>)

ec= escorrentía cortical de cada árbol (l)

P= número de árboles de la parcela pertenecientes al mismo intervalo de diámetros.

p= número de árboles estudiados pertenecientes al mismo intervalo de diámetros.

S= superficie de la parcela (625 m<sup>2</sup>).

Por otro lado, en un área próxima a cada parcela de bosque que no tuviera arbolado, se instalaron pluviómetros y cubos de nieve, con objeto de tener el dato de precipitación fuera del bosque y poder calcular la interceptación (I), correspondiente con la fórmula siguiente: I = P - (Pb + Ec).

Una primera fase del trabajo arranca de la recogida periódica de datos de campo, llevada a cabo de forma quincenal. Los datos obtenidos son los siguientes:

- Precipitación quincenal dentro y fuera del bosque.
- Escorrentía cortical quincenal.
- Interceptación quincenal, a partir del cálculo ya citado.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El pinar de las laderas altas del Macizo del Moncayo es una formación relativamente madura con un recubrimiento de copas en la parcela elevado (un 64% de los puntos totalmente cubierto, frente a un 23 % semicubierto y únicamente un 13% descubierto). Dicho elevado cubrimiento de copas se debe a la densidad de las hojas y a la superposición de múltiples ramas en árboles de gran porte (más de 15 m) y diámetro que se caracterizan por una gruesa corteza muy rugosa y agrietada. Al ser un bosque de coníferas con las hojas aciculares perennes, su aspecto no varía mucho a lo largo del año.

	Pinar	Hayedo	Rebollar
Precipitación anual fuera del bosque	1.112 mm	976,4 mm	677,9 mm
Trascolación anual dentro del (mm)	831 mm	676,6 mm	557,5 mm
Trascolación dentro del bosque (%)	74,7%	69,3%	82,2%
Escorrentía cortical (mm)	22,77 mm	60,55 mm	40,94 mm
Escorrentía cortical (%)	2%	6,20%	6%
Interceptación anual (mm)	258,2 mm	239,3 mm	79,5 mm
Interceptación anual (%)	23,20%	24,5%	11,70%

Tabla 1. VALORES ANUALES ABSOLUTOS (MM) Y PORCENTUALES DE PRECIPITACIÓN FUERA DEL BOSQUE, TRASCOLACIÓN, ESCORRENTÍA CORTICAL E INTERCEPTACIÓN EN LOS TRES BOSQUES ESTUDIADOS.

El hayedo está formado también por árboles de gran envergadura pues superan los 15-20 m pero en este caso se caracterizan por unos troncos rectos y de corteza lisa (*Fagus sylvatica* en su mayoría, pero hay presencia también de *Sorbus aria*). El recubrimiento de copas del conjunto de la parcela es muy elevado (77 % totalmente cubierto, 17 % semidescubierto y únicamente un 6% del suelo descubierto). Dado su carácter caducifolio, su aspecto varía mucho a lo largo del año, pues en el otoño, con los primeros fríos, las hojas, planas y enteras, se secan y van cayendo al suelo, quedando las ramas sin hojas durante todo el invierno. A partir de abril o mayo y durante el verano, se llenan de hojas las ramas de las hayas y de flores el sotobosque.

En el sector estudiado, la comunidad de *Quercus pyrenaica* es una formación de pequeños arbolillos (no superan los 3-4 m de altura) y escaso diámetro que explica que el cubrimiento de la parcela sea marcadamente distinto al del pinar y el hayedo. En efecto, en el rebollar únicamente el 4 % de la parcela está cubierto por el ramaje de los pequeños rebollos, mientras que un 44% se encuentra semidescubierto y un 9% totalmente descubierto. Aunque *Quercus pyrenaica* se define como un roble de hoja caduca y profundamente lobulada, los retoños y los ejemplares jóvenes tienen un carácter marcescente, lo que significa que al llegar el frío en otoño las hojas se secan pero permanecen en la rama durante todo el otoño y la mayor parte del invierno hasta que, en la primavera, caen empujadas por los nuevos brotes. Al ser estos rebollares formaciones muy jóvenes, presentan claramente un comportamiento marcescente.

Los datos climáticos anuales, relativos a precipitación fuera del bosque, trascolación, escorrentía cortical e interceptación quedan reflejados en la Tabla 1.

En una primera aproximación comparamos el volumen pluviométrico recogido fuera del bosque en los tres ambientes como contexto general con el que relacionar el resto de los parámetros que están afectados por los rasgos concretos de cada comunidad forestal. El total de precipitaciones oscila entre los 677,9 mm del rebollar y los 1112 mm recogidos en el pinar. Esto se traduce en un gradiente pluviométrico de 72,7 mm/100 m. Sin embargo, el gradiente pasa a ser de 99,5 mm/100 m si lo calculamos entre el rebollar y el hayedo, mientras que desciende a 45,2 mm/100 m entre el hayedo y el pinar.

Si observamos la distribución anual (Figura 2) se constata que las precipitaciones del rebollar son siempre inferiores, pero esta diferencia se amortigua en los meses de verano y se incrementa durante el invierno y la primavera. En los tres bosques hay un mínimo en los meses estivales, amortiguado por las tormentas, pero hay otro mínimo en los meses de febrero y marzo que es más marcado en el hayedo y el rebollar. Los máximos se registran en los tres bosques en enero, formando junto a noviembre y diciembre la estación más lluviosa en el tránsito del otoño al invierno, de influencia atlántica, pero destacando otro máximo secundario primaveral en mayo y abril de matices mediterráneos.

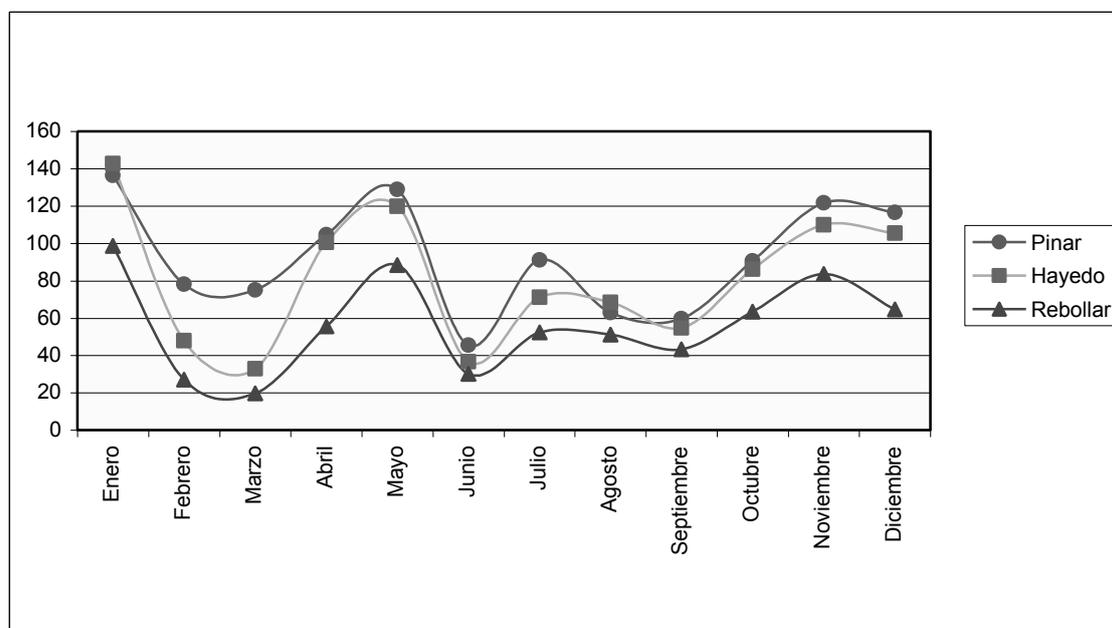


Fig. 2. Precipitaciones mensuales fuera del bosque en mm.

En cuanto a la trascolación o precipitación dentro del bosque, se constata que el volumen que se recoge, en relación con la precipitación libre, es, obviamente menor en los tres bosques con un gradiente de 45,6 mm/100 m, notablemente más bajo que en el caso de la precipitación fuera del bosque. Pero más interesante resulta el hecho de las diferencias entre las proporciones trascoladas en los tres bosques. En efecto, en el hayedo la precipitación trascolada es únicamente el 69,3 % de la precipitación libre, le sigue de cerca el pinar con un 74,7 % y, por último, el rebollar trascola un 82,2%. Esto se explica por la elevada densidad de recubrimiento del hayedo y su ramaje y hojas planifolias más eficaces para retener agua que el pinar, también muy denso y con ramaje superpuesto pero de hoja acicular. Frente a ellos, el menor recubrimiento del rebollar fustal resulta mucho menos eficaz reteniendo el agua de la

precipitación libre. El análisis de las variaciones a lo largo del año se abordará en el contexto de la interceptación.

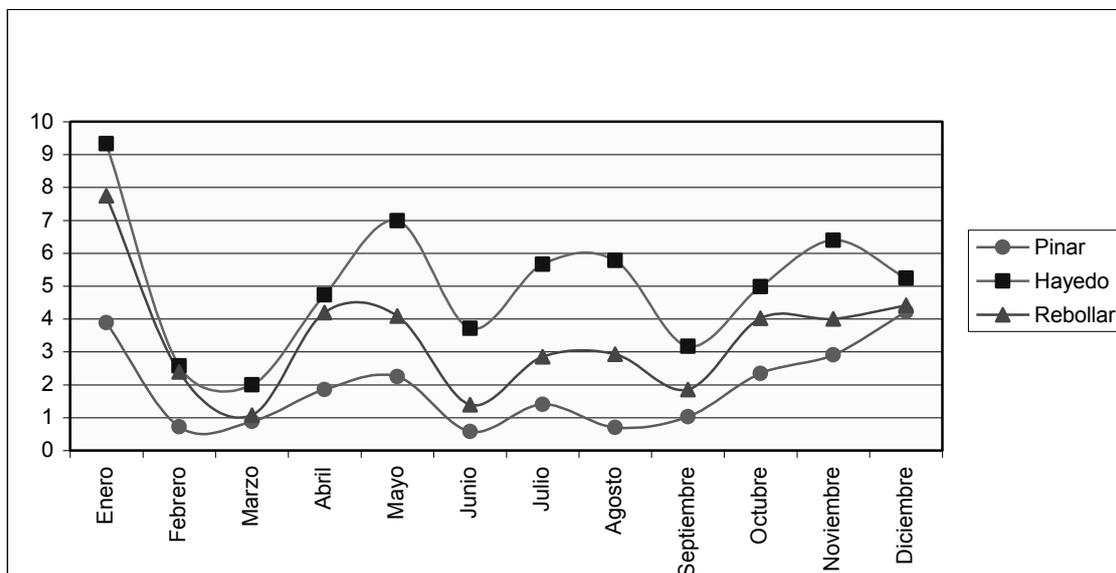


Fig. 3. Valores mensuales de escorrentía cortical en los tres bosques en mm.

El análisis de los datos absolutos de escorrentía cortical deja patente la mayor cantidad de agua que recogen las hayas a través de sus troncos (60,5 mm anuales) frente a la muy escasa cantidad de los pinos albares (únicamente 22,7 mm); una cantidad intermedia, 41 mm recogen los rebollos; es decir el gradiente altitudinal de la precipitación libre no se refleja en la escorrentía cortical al verse claramente modificado por el tipo de tronco y de copa del arbolado. En la Figura 3 se observa además que este orden se mantiene a lo largo de todo el año siendo enero el mes en el que todos los bosques tienen mayor escorrentía cortical (coincidiendo con el máximo de precipitaciones), seguido de mayo y noviembre. En febrero y marzo los tres bosques se aproximan en sus bajos valores absolutos; es decir con las hayas y rebollos sin hojas y el pinar, lógicamente con sus acículas, la escorrentía cortical es muy similar y no refleja el mayor volumen de precipitaciones que se reciben en el pinar. A partir de abril, coincidiendo con el comienzo de la salida de las nuevas hojas en las hayas y los rebollos, aumenta notoriamente la escorrentía en estos bosques y continúa haciéndolo en el hayedo en mayo (más tardío en alcanzar la plenitud de densidad de su follaje); en el pinar hay un ligero incremento ligado al incremento de las precipitaciones, pero muy inferior al hayedo y rebollar. También es interesante destacar la elevada escorrentía cortical del hayedo en los meses de julio y agosto (tras el descenso de junio relacionado con el descenso de la precipitación), que sugiere la gran capacidad de las hojas planifolias del haya y su denso follaje para captar no solo el agua de lluvia sino también la procedente de la condensación de las nieblas, importante aporte de agua en los veranos de esta montaña mediterránea; este aporte de humedad contribuye a explicar la propia existencia del hayedo en un contexto climático mediterráneo. Esto no ocurre en el rebollar, normalmente por debajo del nivel de nieblas que se instalan en la ladera norte del Moncayo.

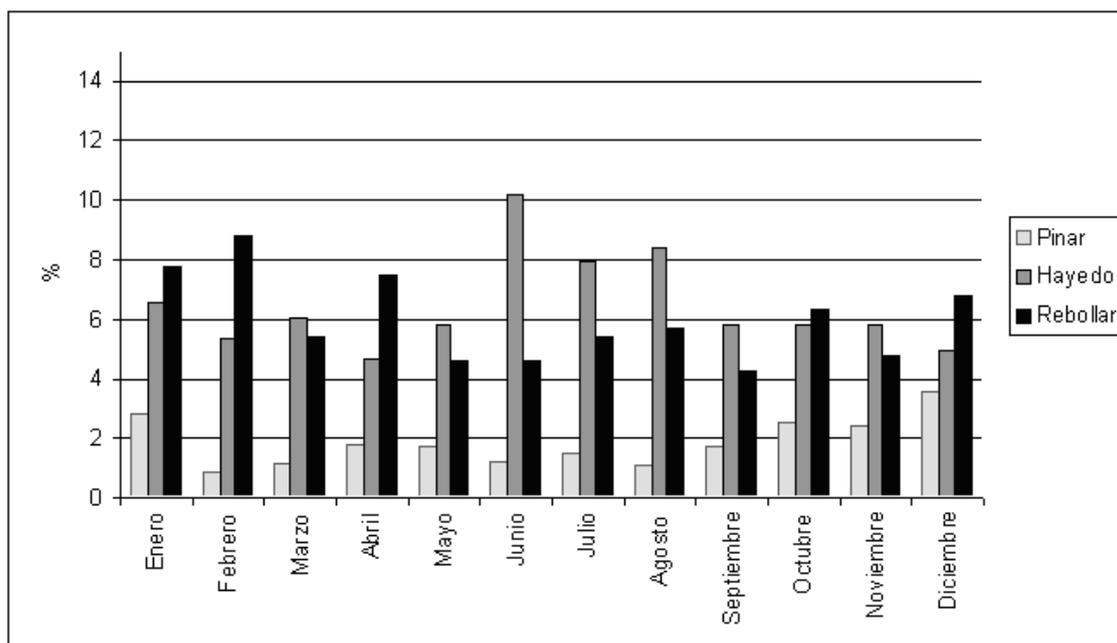


Fig. 4. Valores mensuales de escorrentía cortical en los tres bosques en %.

Si se analiza el peso relativo de la escorrentía cortical respecto al total de precipitación (Figura 4) se observa que en el hayedo es también donde mayor importancia tiene en el reparto de las entradas de agua al sistema (6,2 %), pero seguido muy cerca por el rebollar (6%) y ambos a distancia del pinar en el que la escorrentía cortical únicamente supone el 2% de la precipitación libre. Sin embargo, si detallamos estas proporciones a lo largo del año (Figura 4), se pueden comprobar comportamientos muy distintos en función de la diferente fenología de las especies arbóreas. El pinar siempre arroja las proporciones inferiores de escorrentía cortical, con valores mínimos por debajo del 2% entre febrero y septiembre y con los máximos en diciembre y enero. En el hayedo el comportamiento difiere puesto la importancia relativa de la escorrentía cortical es mayor en los meses de verano (por encima del 8 y 10% y superior a los valores del rebollar), con escasez de precipitaciones pero con la hoja en plenitud captando eficazmente el agua disponible y conduciéndola en parte al tronco. El resto de los meses el porcentaje de escorrentía se mantiene bastante constante en torno al 6% de la precipitación libre y, en general, por debajo del rebollar. En efecto, el comportamiento del rebollar resulta inverso al del hayedo puesto que son los meses invernales y abril los que presentan los porcentajes más elevados de escorrentía (por encima del 7 y 8%), superando al hayedo. Son precisamente los meses en los que el hayedo está sin hojas mientras que los rebollos rentabilizan su carácter marcescente de manera que su hoja seca es capaz de captar agua y canalizarla hasta el tronco explicando la importancia relativa en estos meses de la escorrentía cortical.

Considerando el agua interceptada por cada bosque, se constata que el pinar intercepta la cantidad mayor (258,2 mm), seguido de cerca por el hayedo (239,2) y ambos a gran distancia del rebollar (79,5 mm). Pero si se relativiza el dato de interceptación respecto al total de precipitación, es el hayedo el que mayor porcentaje de interceptación anual presenta (24,5%), seguido de cerca por el pinar (23,2%) y, a gran distancia de ambos, el rebollar con tan sólo un 11,7% de agua interceptada.

## CAPACIDAD DE INTERCEPTACION DE LA LLUVIA EN LOS REBOLLARES, HAYEDOS Y PINARES DEL MONCAYO (CORDILLERA IBÉRICA, ZARAGOZA)

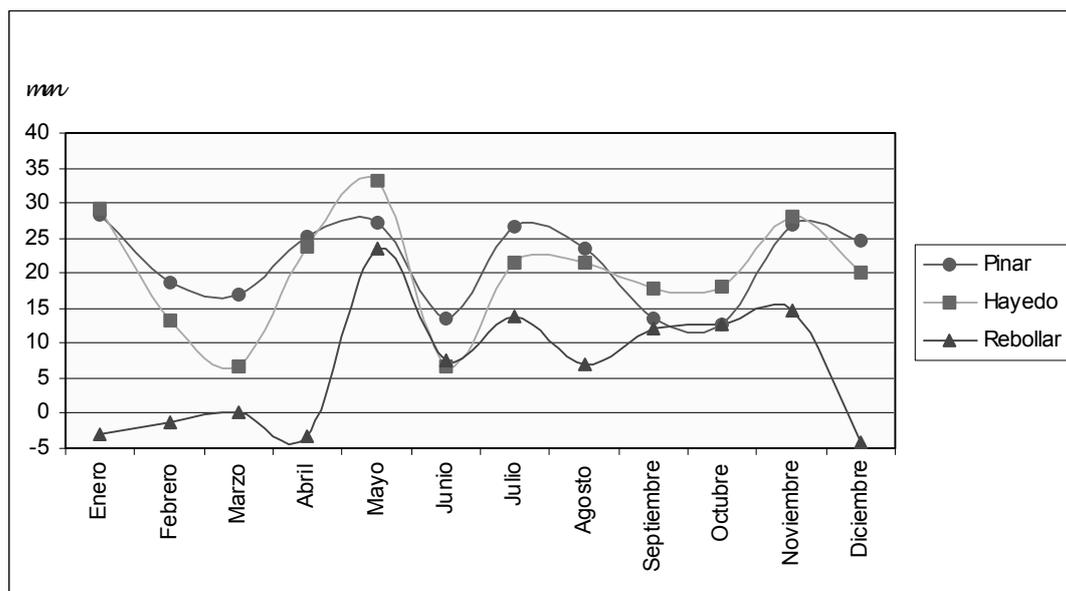


Fig. 5. Valores mensuales de interceptación en los tres bosques en mm.

Resulta interesante analizar la distribución anual de esta interceptación (Figura 5) en comparación con la distribución de la precipitación libre (Figura 2) pues la influencia de la vegetación modifica los comportamientos estacionales. En efecto, destaca el hecho de que el rebollar desde diciembre hasta abril no intercepta la precipitación, porque la precipitación recogida dentro del bosque más la escorrentía cortical, que en estos meses es precisamente cuando más peso tiene (entre 7 y 8%), alcanza valores superiores a la precipitación recogida fuera del bosque. El menor recubrimiento de copas de este rebollar fustal y la menor densidad de su ramaje posibilita que el agua atraviese los rebollos y alcance el suelo. Por otro lado, las hojas secas que permanecen en el árbol pueden ejercer un papel de condensación de la humedad canalizándola hacia la corteza incrementando la escorrentía cortical, o hacia el suelo, aumentando la trascolación.

Por otro lado, el pinar con mayores precipitaciones también intercepta más cantidad de agua de forma global, especialmente en invierno frente al hayedo sin hojas, pero en los meses más lluviosos de primavera y otoño en que el hayedo se encuentra con hojas, su eficacia para interceptar supera a la del pinar, pese a recibir menos precipitaciones.

## 5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos a partir de los datos de campo en los tres bosques permiten señalar que:

- El desnivel topográfico en la ladera norte del Macizo del Moncayo condiciona el reparto de la precipitación libre en los tres ámbitos seleccionados, arrojando un gradiente de 72,7 mm/100 m, mientras que este gradiente es de 45,58 mm/100 m dentro del bosque. Este factor topográfico modifica la cantidad de precipitación en altura, siendo siempre el rebollar el que recibe un menor aporte, amortiguándose esta diferencia en el verano.

- Las características biogeográficas del rebollar, hayedo y pinar, especialmente su estructura y densidad, sus rasgos foliares-planiflios, aciculifolios-, la duración de la hoja -marcescente, caducifolia y perennifolia- y la rugosidad del tronco, condicionan el papel de la trascolación, la escorrentía cortical y la interceptación en cada uno de los bosques:
  - La proporción entre la trascolación y la precipitación libre es mayor en el rebollar, seguida del pinar y del hayedo, por la mayor eficacia de este último para retener el agua a través de la elevada densidad de ramajes y planifolias.
  - La escorrentía cortical tiene pesos muy diferentes según los bosque pues oscila entre un 2% en el bosque de coníferas de corteza rugosa, el 6,2% del hayedo plani-caducifolio y de corteza lisa y el 6% del rebollar fustal, planifolio y marcescente.
  - Los tipos de bosque provocan irregulares valores en la relación interceptación/precipitación, con un 24,5% en el hayedo, seguido por el pinar con un 23,2%. El rebollar, menos denso y de hoja marcescente, solo intercepta un 11,7%.
  
- En la distribución mensual de los diferentes parámetros conviene destacar:
  - Los valores más altos de escorrentía cortical en los tres bosques coinciden con la máxima precipitación de enero, mientras que los mínimos se localizan en febrero y marzo, momento en el que los tres bosques presentan un comportamiento más semejante. La primavera, con el rebrote de las hojas, provoca un aumento en los valores de escorrentía en el hayedo y rebollar; precisamente en el hayedo estos valores siguen siendo altos durante el verano explicando la presencia de nieblas estivales en este bosque, mientras que en el rebollar la marcescencia invernal activa la captación de agua cortical con respecto a la precipitación total.
  - La interceptación fluctúa a lo largo del año especialmente en el rebollar y hayedo, destacando los valores máximos alcanzados en primavera en el hayedo y los mínimos del rebollar en invierno y primavera, en los que la escorrentía cortical acapara la actividad hídrica. Por su parte el pinar intercepta más cantidad de precipitación durante el invierno, destacando sobre el desnudo hayedo.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Consejo Asesor de Investigación de la Diputación General de Aragón (CONAI) y al Patronato del Parque Natural de la Dehesa del Moncayo la concesión de ayudas económicas para el desarrollo de esta investigación, integrada en el Proyecto de Investigación: *Estudio del balance hídrico del Moncayo* (1993-1996) y llevado a cabo por el siguiente equipo de trabajo: M<sup>a</sup> Luz Hernández, Paloma Ibarra, Jose M<sup>a</sup> Marín, Juan Martínez, Juan Moreno, M<sup>a</sup> Luisa Pérez, Miguel Ángel Santacercilia y M<sup>a</sup> Teresa Echeverría.

## 7. REFERENCIAS

- AUSSENAC, G. y BOULANGEAT, C. (1980). "Interception des précipitations et évapotranspiration réelle dans des peuplements de feuillu (*Fagus sylvatica* L.) et de résineux (*Pseudotsuga menziesii* Franco)". *Ann. Sc. Forest.* 37 (2), pp. 91-107.
- BEALL, H.W. (1934). "The penetration of rainfall through hardwood and softwood canopy", *Ecology*, 15, pp. 412-415.
- BELMONTE, F. y ROMERO, M.A. (1992). "Evaluación de la capacidad de interceptación de la lluvia por la vegetación y su relación con la erosión de los suelos en el SE. semiárido español. 1<sup>os</sup> resultados". En. LÓPEZ BERMÚDEZ, F., CONESA, C. y ROMERO, M.A. (Eds.). *Estudios de Geomorfología en España*, SEG, (I), pp. 33-43.
- BELMONTE, F. y ROMERO, M.A. (1994). "Distribución de flujos de agua en el proceso de interceptación en cuatro especies vegetales mediterráneas y su relación con la cantidad de agua en el suelo". En. J. ARNÁEZ,, J.M. GARCÍA y A. GÓMEZ, A (Eds.). *Geomorfología en España. III Reunión Geomorfología*, SEG, (II), pp. 201-210.
- BELLOT, J. (1988). *Análisis de los flujos de deposición global, trascolación, escorrentía cortical y deposición seca en el encinar mediterráneo de l'Avic (Sierra de Prades, Tarragona)*. Tesis Doctoral, Univ. de Alicante (Inédita).
- CALAMINI, G., FALCIAI, M., GIACOMINI, A. e GRAZI, S. (1982). *Misura delle influenze di un bosco ceduo sui parametri idrologici*. Dinamica dell'acqua nel terreno e bilancio idrologico nei bacini agroforestali, pp. 337-353, Padova.
- CARCELLER, F. (1995): *Dinámica forestal y ciclo de nutrientes en los bosques de la vertiente norte del Moncayo*. Tesis doctoral. Departament de Biologia Vegetal. Universitat de Barcelona. 360 p.
- CUADRAT, J.M<sup>a</sup> y PELLICER, F.(1983). "Aproximación al estudio del clima y su incidencia en el modelado actual en las Sierras Ibéricas entre el Jalón y el Moncayo". *Turiaso* IV. Tarazona.
- DEL VALLE, J. y SAN ROMÁN, J. (1994). "Gradiente pluviométrico en el Macizo del Moncayo (Zaragoza y Soria)". *Geographicalia*, 31, pp. 71-81. Zaragoza.
- DÍAZ, J., LOPEZ, J. y GIRALDEZ, J.V. (1991). "La influencia del bosque en el aprovechamiento de los recursos hidrológicos", *II Jornadas del Agua en Andalucía*, pp.139-150.
- DOORENBOS, J. y PRUITT, W.O. (1976). "Las necesidades de agua de los cultivos, Estudio FAO". *Riego y Drenaje*, 24, 194 p.
- DUBREUIL, P. (1974). *Initiation a l'analyse hydrologique*. Masson, Paris, 216 p.
- ECHEVERRÍA, M<sup>at</sup>, HERNÁNDEZ, M<sup>al</sup>., IBARRA, P., MARÍN, J.M<sup>a</sup>, MARTÍNEZ, J., MORENO, J., PÉREZ, M<sup>al</sup>. y SANTACECILIA, M.A. (2002). "La distribución anual de precipitaciones y temperaturas en bosques de coníferas (*Pinus sylvestris*) y planifolias (*Quercus pyrenaica*) en el Macizo del Moncayo (Sistema Ibérico Zaragozaño)". En, J.L. PEÑA y L.A. LONGARES (Eds.). *Aportaciones geográficas en memoria del Prof. L. Miguel Yetano Ruiz*, pp.141-150. Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio.
- ECHEVERRÍA, M.T., IBARRA, P. y MARTÍNEZ, J. (2003). *El agua en los bosques del Moncayo*. Serie Difusión, 5, 53 p., Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón.
- ESTÉBANEZ, J. y BRADSHAW, R (1978). *Técnicas de cuantificación en Geografía*, Ed. Tebar-Flores, Madrid, 512 p.
- ETTEHAD, R., LOSSAINT, P. et RAPP, M. (1973). "Recherches sur la dynamique et le bilan de l'eau des sols de deux écosystèmes méditerranéens á chene vert. Ecologie du sol". *Recherche Coopérative sur Programme* n° 40, pp. 198-288.

- FIDALGO, C. e IBARRA, P. (2000): Secuencia de suelos en la vertiente noroccidental del Macizo del Moncayo. Resultados del trabajo de campo. pp. 127-141. En *Homenaje a D. Jesús García Fernández*. Secretaría de Publicaciones de la Universidad de Valladolid.
- FORD, E.D. y DEANS, J.D. (1978). "The effects of canopy structure on stemflow, throughfall and interception loss in a young sitka spruce plantation". *J. App. Ecol.*, 15, pp. 905-917.
- GASS, J.H.C. (1979). "An analytical model of rainfall interception by forest". *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 105, pp. 43-55.
- GIACOMINI, A. y TRUCCHI, P. (1992). "Rainfall interception in a beech coppice (Acquerino, Italy)". *Journal of Hydrology*, 137, pp. 141-147. Amsterdam.
- HERNANDEZ, M. L. (1992). *Climatología agrícola del valle medio del Ebro (sector central de la Depresión)*. Tesis Doctoral inédita, Universidad de Zaragoza, 1.362 p.
- HORTON, R.E. (1919). "Rainfall Interception", *Monthly Weather Rev.*, 47, pp. 603-623.
- LOOCKWOOD, (1985). *World Climate System*, Arnold, 292 p.
- OVINGTON, J. D. (1954). "A comparison of rainfall in different woodlands". *Forestry*, 24, pp. 41-53.
- RAPP, M. et IBRAHIM, M. (1978). "Égouttement, écollement et interception des précipitations par un peuplement de *Pinus pinea*". *Oecol. Plant.* 13, pp. 321-330.
- RAPP, M. et ROMANE, F. (1968). "Contribution à l'étude du bilan de l'eau dans les écosystèmes méditerranéens. Égouttement des précipitations sous des peuplements de *Quercus ilex* L. et de *Pinus halepensis*". *Oecol. Plant.*, 3, pp. 271-284.
- SCHNOCK, G. (1969). "Le bilan de l'eau dans l'écosystème forêt. Application à une chênaie mélangée de haute Belgique". Acte Coll. Bruxelles, *Ecologie et Conservation*, 4, pp. 41-47.
- STOUT, B.B. & McMAHON, R.J. (1961). "Throughfall Variation under Tree Crowns". *Journal of Physical Research*, 66, 6, pp. 839-1843.
- VOIGT, G.K. (1960). "Distribution of rainfall under forest stands". *Forest Sci.*, 6, pp. 2-10.
- ZINKE, P.J. (1965). "Forest interception studies in the United States". In. W.E. Sopper & H.W. Lull (Eds.). *International Symposium on Forest Hydrology*, pp. 137-167, Pergamon Press.