

## VARIACIONES BASICAS DEL CONTENIDO DE AGUA EDAFICA DETERMINADAS POR LA CONFLUENCIA DE TRES GRADIENTES AMBIENTALES (TOPOGRAFICO, DE INFLUENCIA DE LA ENCINA Y DE PROFUNDIDAD) EN PASTOS ADEHESADOS SALMANTINOS

RESUMEN.—El carácter semiárido dominante del Centro-Oeste español es la causa de que el agua constituya el factor limitante principal de la producción. En principio, dicha limitación viene impuesta por las escasas precipitaciones, pero la pequeña capacidad de retención hídrica de muchos suelos también desempeña un papel fundamental. En este sentido, las variaciones edáficas tanto de composición como de situación (estando ambas características íntimamente ligadas) suponen cambios en la cantidad de agua que queda retenida.

En los pastos adhesados pueden distinguirse tres gradientes principales relacionados con esta temática, ocasionados por los cambios que se establecen en función de la topografía, de la influencia del arbolado y de la profundidad del suelo. Dichos gradientes se superponen según todas las formas posibles, siendo el objetivo del presente trabajo proceder al análisis y discusión de las mismas.

A los aumentos de humedad que se producen desde las partes elevadas a las bajas de la ladera, se superponen las variaciones causadas por la influencia de los árboles. Dicha influencia es muy notable, sobre todo en las condiciones más xéricas, aunque en general aumenta la cantidad de agua retenida al mejorar la calidad del suelo. Por tanto, el arbolado tiende a crear un cierto grado de homogeneidad dentro de la ladera. El gradiente de profundidad presenta un período bastante constante, coincidente con la época lluviosa, en el que predomina el contenido de agua en superficie; sin embargo, durante la época seca y cálida se producen varias irregularidades, aunque existe dependencia con las otras dos causas de variación consideradas. De esta forma, los tres gradientes se relacionan entre sí, dando lugar a una amplia gama de posibilidades que contrasta con la aparente simplificación estructural de los pastos adhesados.

SUMMARY.—The dominant semi-arid nature of the central western part of Spain is the reason why water is the main factor limiting production. In principle, this limitation is due to the low rainfall, though the small capacity of many soils to retain water is also a fundamental factor affecting the situation. In this sense, variations in soil regarding both composition and spatial localization (characteristics closely related) imply changes in the amount of water retained.

Three main gradients related to this topic may be observed in dehesa-like grasslands; they are caused by the changes appearing as a function of topography, influence of the tree covering and soil depth. The gradients overlap in all possible ways and their analysis and discussion are the main objectives of the present report.

The variations caused by the influence of the tree canopy is superimposed over the increases arising in moisture from the top to the bottom of the slope. This influence is outstanding, specially in the drier conditions, although in general the amount of water retained increases as the quality of the soil improves. Accordingly, the tree canopy tends to create a certain degree of homogeneity over the whole slope. The depth gradient shows a fairly constant period coinciding with the rainy season with a predominance of surface water. However, during the warm dry period, several irregularities may be seen although there is a dependence on the other two causes of variation considered. The three gradients are thus interrelated, giving rise to a wide range of possibilities which contrast with the apparent structural simplification of dehesa-like grasslands.

## INTRODUCCIÓN

El arbolado constituye un agente inductor de numerosas variaciones, tanto estructurales como funcionales, en los bosques aclarados o dehesas. Para su estudio, venimos procurando desde hace tiempo que exista una cierta afinidad en las premisas de partida, de manera que progresivamente se llegue a una confluencia de las distintas aportaciones, con el objetivo de proporcionar un modelo de ciertas garantías operativas. Montoya (1982 a, b y c) y Montoya y Mesón (1982) realizan una sinopsis bastante completa de los distintos aspectos a tener en cuenta. Precisamente, con este trabajo, queremos llenar uno de los vacíos existentes hasta ahora, haciendo referencia al contenido de agua en el suelo como variable afectada por la presencia de encinas (*Quercus rotundifolia* Lam.).

Las precipitaciones suponen uno de los elementos característicos del clima de cualquier región. Para numerosos ecosistemas terrestres, representan la principal si no la única provisión de agua. En las zonas semiáridas, donde la pluviosidad anual suele ser inferior a 500 mm., la productividad de la cubierta vegetal está íntimamente relacionada con la precipitación total y con su reparto estacional. No deja de ser curioso que la investigación, en lo que toca al tema del agua en unión con el efecto de los árboles, se haya decantado hasta el presente, de forma casi exclusiva, hacia la manera en que las copas afectan a la distribución del agua de lluvia, cuando dicho problema atañe más a la teoría que a la práctica, ya que lo definitivo, lo que afecta a la vegetación herbácea, es la cantidad de agua que finalmente queda en el suelo. Tal vez el hecho, relativamente frecuente, de proyectar los ensayos en bosques, haya contribuido a esta visión un tanto sumaria de las realidades ecológicas, pero lo cierto es que los ejemplos son muy numerosos (Delfs, 1965; Schnock, 1967, 1968 y

1973; Schnock y Galoux, 1967; Aussenac, 1968; Rapp y Romane, 1968; Raymond y Leonard, 1968; Stanhill, 1968; Kalma *et al.*, 1968; Leyton *et al.*, 1970; Alvera, 1976; Gago, 1978, etc.), sin olvidar autores más modernos que siguen insistiendo en el mismo proceso, si bien suele complementarse mediante datos sobre el aporte de nutrientes, lo que en realidad supone el principal valor de sus conclusiones.

En cierto modo, los trabajos citados tienen connotaciones pioneras en el estudio de estos temas, aunque ya otros anteriores, como los de Kittredge *et al.* (1941), Kittredge (1948) y Noirfalise (1959) habían contribuido con algunas aportaciones. No obstante, se ha dejado sentir una preferencia por lo vistoso, aunque no constituya más que un paso intermedio, frente a circunstancias más lineales, menos predisponibles a la polémica, pero más prácticas. En esta orientación metodológica prioritaria, no hay que olvidar que el dosel arbóreo ejerce un fuerte poder de atracción subjetiva, ya que la intensa deforestación, puesta de manifiesto reiteradamente por científicos de casi todos los países, ha sensibilizado tanto a investigadores como a no investigadores. Pero se ha mirado mucho hacia arriba y poco hacia abajo; como se apreciará en el desarrollo posterior, la cantidad de agua que alcanza la superficie del suelo, datos que pueden encontrarse en Gago (1978) para la provincia de Salamanca, muchas veces tiene poco que ver con el agua que es retenida por éste. No debemos olvidarnos de los fines últimos, que en definitiva pueden hacer triviales los pasos intermedios, debido a su mayor poder operativo.

Por otra parte, en los sistemas suavemente ondulados de las dehesas salmantinas, casi siempre se deja notar la persistencia de los flujos laterales, que tienen un valor decisivo en su íntima asociación con el relieve. De esta forma, el relieve aparece como una estructura de canalización de subsidios energéticos en forma de agua y nutrientes, que condiciona muy fuertemente las biocenosis dispuestas en catenas. Los flujos que cruzan las fronteras entre dos comunidades sucesivas en una catena son siempre asimétricos, aunque sólo sea debido a la gravedad, y en este sentido los movimientos del agua, tema de nuestro estudio, se ven muy influenciados por ella.

La importancia de estas relaciones ha sido reconocida indirectamente desde el punto de vista de la descripción de las comunidades, con el desarrollo de la fitotopografía (Bolós, 1963) y la creciente insistencia en usar perfiles en catena para la caracterización del paisaje. También los enfoques funcionalistas se basan en la existencia de estos flujos laterales

y en el papel que desempeñan en la comprensión de la organización de los ecosistemas terrestres. Así lo recuerda Montserrat (1974), recogiendo ideas generales expresadas reiteradamente por otros investigadores, punto de vista que compartimos y seguimos desde hace ya muchos años. De esta forma, se ha puesto de manifiesto la necesidad de utilizar una unidad, el conocido sistema o subsistema «vaguada» (Gómez Gutiérrez *et al.*, 1978; Torres, 1978; Puerto *et al.*, 1983), estructura repetitiva de la que se encuentran ejemplos similares, necesarios para la posible extrapolación de los resultados, como los «vales» yesosos de los Monegros (Terradas, 1980). No obstante, la división de la misma en dos frentes de orientación contrapuesta lleva en la actualidad a tratar muchas veces del subsistema «ladera», que será el aquí considerado. Las pautas de ladera (o ladera-vaguada) se reconocen en su estado ideal como elementos de vectorialidad (González Bernáldez, 1981; Rivas *et al.*, 1981), dependientes de hidros series graduales que siguen los procesos de erosión, transporte y depósito. La situación más común toma la forma de un gradiente progresivo de potencia y humedad edáfica desde la parte alta hasta la vallonada (García Novo, 1968), ligado a los materiales arrastrados por el agua que, debido al carácter acusadamente semiárido de la zona que va a tratarse, constituye el factor limitante primordial.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Como se ha indicado en la introducción, las parcelas experimentales suelen aparecer, en mayor o menor medida, acopladas funcionalmente a las variaciones del relieve, acoplamiento que determina la existencia de relaciones jerarquizadas entre las distintas áreas. Por ello, los límites que hay que establecer en el ecosistema para una aproximación funcional suficientemente completa, habrán de seguir en primer lugar criterios hidrográficos y geomorfológicos, lo que supone un gradiente de gran desarrollo (ladera), que debiera comportarse como el determinante principal, excepto en caso de alteración por las actividades humanas (Revuelta, 1976). La posición de los enclaves de muestreo en relación con los árboles, supone un gradiente de tipo medio, existiendo, por último, una tercera causa de variación que se establece en función de la profundidad del suelo.

En consecuencia, el planteamiento se inicia eligiendo un sistema de ladera en una dehesa típica («El Campillo»; término municipal de Sando;

provincia de Salamanca), localizada en el área ocupada por el encinar castellano. Como puede comprobarse en el esquema fitoclimático de Luis y Montserrat (1979) y en la referencia a los factores termopluviométricos de Oliver y Luis (1979), las precipitaciones suelen estar comprendidas entre los 500-600 mm. anuales y la temperatura alcanza la media de 11-12° C; de acuerdo con el período de sequía, el clima puede definirse como termomediterráneo, aunque con las grandes oscilaciones interanuales propias de la Meseta Norte, con un carácter continental relativamente acusado. Según el climodiagrama pluviométrico de Emberger, pertenece a la etapa semiárida en su variante fría, pero se aproxima a la etapa subhúmeda, lo que se constata en el esquema anteriormente mencionado por su proximidad espacial a las formaciones de roble melojo (*Quercus pyrenaica* Willd.).

En cuanto a los suelos (García Rodríguez *et al.*, 1979), la zona, en general, corresponde a cambisoles dístricos con abundantes afloramientos graníticos. En la ladera elegida dichos afloramientos están ausentes, produciéndose el paso de cambisol dístrico en la parte más elevada a cambisol gleyco en la zona más baja.

Para la realización del muestreo se establecieron tres sectores, según una banda perpendicular al recorrido del cauce basal: alto (erosión), medio (transporte) y bajo (sedimentación). En cada sector se eligieron cinco encinas, separadas ampliamente entre sí, lo cual es fácil si se considera su disposición espaciada en los ecosistemas adhesionados, salvo las agrupaciones que se dejan en las partes más elevadas o de fuerte pendiente. Siguiendo la metodología utilizada en trabajos precedentes (Alonso *et al.*, 1979 a y b; Puerto *et al.*, 1983), la influencia de los árboles se examina mediante seis situaciones específicas, que serán denominadas:

- Tronco: la más próxima a la encina, aproximadamente a 0,75 m. del fuste, tanto por el N como por el S.
- Borde: en la proyección del borde de la copa sobre el suelo; también duplicada en las orientaciones N y S.
- Fuera: a una distancia del tronco superior a tres veces la altura del árbol, y de nuevo en las posiciones N y S.

El procedimiento, en consecuencia, permite establecer posibles diferencias tanto en función de la distancia como de la orientación. La elección de las orientaciones N y S viene determinada por ser dicho eje el de máximo contraste en el grado de iluminación, lo cual no quiere decir que desde un punto de vista radical sea el afectado por las mayores variacio-

nes. Por ejemplo, Montoya (1982 b) lo desvía ligeramente y otros autores con mayor intensidad aún. Sin embargo, esta meticulosidad en los criterios adoptados puede depender de varias causas ambientales (preferentemente de los vientos dominantes) y en realidad, para el centro-oeste español tiene poco significado en cuanto a los resultados obtenidos, como han demostrado González Bernáldez *et al.* (1975), al señalar la convergencia de orientaciones dispares. Fijarse un esquema constante de ámbito regional, aunque se incurra en pequeños errores respecto al máximo, puede ser más aconsejable desde el punto de vista comparativo que introducir constantes cambios (de base hasta cierto grado subjetiva) para cada lugar en concreto.

Para determinar la humedad edáfica se recogió suelo en los distintos enclaves a intervalos quincenales durante un año. Para ello, se empleó un cilindro de acero de 30 cm. de longitud y 8,5 cm. de diámetro, que se introducía en el suelo mediante una percutora autónoma dotada de un motor de gasolina-aceite (para más detalles véase Barrera, 1984). Extraídas cuidadosamente del cilindro las muestras de suelo, para impedir su deformación, se dividían en tres porciones de 10 cm., quedando establecidas las siguientes profundidades:

- Profundidad 1: entre 0 y 10 cm.
- Profundidad 2: entre 10 y 20 cm.
- Profundidad 3: entre 20 y 30 cm.

Para cada sector de la ladera, las muestras de igual posición respecto a la encina y profundidad se introducían juntas en bolsas de plástico fuerte bien cerradas y previamente taradas. De esta forma, aunque el número total de muestras recogidas a lo largo del año fue de (24 tomas  $\times$  3 sectores  $\times$  5 árboles  $\times$  6 enclaves  $\times$  3 profundidades) 6.480, en la práctica quedan reducidas a 1.296, ya que el hecho de tomar cinco encinas no obedece más que a absorber la variabilidad horizontal, proporcionando un «árbol tipo». Por ello, en lo sucesivo se tratará de árbol bajo, medio o alto, debiendo entenderse por tal esta idealización que, en realidad, corresponde a la media de cinco encinas en cada caso.

El contenido de agua de las muestras se calculó por diferencia entre el peso húmedo y el peso seco, obtenido este último después del secado en estufa a 105° C durante 24 horas (Moreno, 1984). Al trabajarse a volumen constante, la cantidad de agua se transforma fácilmente en porcentajes de agua respecto al volumen de suelo, sin que sea necesario recurrir a técnicas como las recogidas en Steubing (1965).

Los datos resultantes se sometieron al conocido análisis multivariante de correspondencias. No se ha tratado la matriz general de 54 casos  $\times$  24 variables, porque las diferencias entre árboles son evidentes; las comprobaciones mediante el análisis citado se limitan a las tres matrices parciales (18 casos  $\times$  24 variables) relacionadas con cada uno de los árboles.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Figuras 1, 2 y 3 se representan los porcentajes de humedad edáfica resultantes para cada uno de los tres árboles tipo muestreados (bajo, medio y alto, respectivamente). La primera observación a realizar es que, al igual que ocurre en otros trabajos que se refieren al contenido de agua en el suelo (Moreno, 1984), el ciclo seguido por las distintas gráficas es dependiente de las precipitaciones, particularmente de su distribución a lo largo del año, como puede apreciarse de su comparación con la Figura 4. En dicha figura se recoge la pluviosidad quincenal de la estación meteorológica más próxima al área de muestreo (Villarmayor), siendo patente la existencia de un período seco que comprende los meses de octubre, noviembre, primera quincena de diciembre, segunda de junio, julio, agosto y septiembre, en el que no se alcanzan los 20 mm. de agua de lluvia caída. En contraste, se presenta una época húmeda desde finales de diciembre a principios de junio, que dista de ser uniforme, ya que en ella destaca la presencia de tres picos acusados.

Esta observación, con ser obvia, conviene matizarla, ya que contemplando en conjunto las distintas gráficas de las Figuras 1, 2 y 3 se aprecia que el suelo actúa como regulador de las precipitaciones, presentando trazados menos bruscos en el contenido de humedad debido a su capacidad de drenaje de los excedentes y conservación temporal del agua después de las lluvias intensas. No obstante, esta capacidad reguladora es limitada, siendo manifiesto el contraste entre el período húmedo y el seco, aunque este último a veces quede más restringido; asimismo, los tres picos de máxima pluviosidad son detectables en la mayoría de los casos, pero las bruscas caídas existentes entre ellos quedan muy amortiguadas. Por otra parte, conviene advertir que la relación entre precipitaciones y porcentaje de humedad edáfica está poco afectada por la situación de las muestras respecto a los árboles, e igual ocurre en cuanto a la profundidad, lo que prueba que el arbolado puede incidir en la distribución espacial del agua de lluvia (Gago, 1978), pero el suelo anula estas

ción espacial del agua de lluvia (Gago, 1978), pero el suelo anula estas diferencias por los flujos que tienen lugar en su interior, tendiendo a proporcionar patrones más homogéneos.

Una vez precisado este aspecto, que enlaza con los fines últimos a los que se aludía en la introducción, pasaremos a referirnos a las tres causas de variación indicadas en la metodología, es decir, a las localizaciones zonales en la ladera, al gradiente de tipo medio relacionado con la situación de los puntos de muestreo respecto a las encinas y al microgradiente que se establece en función de la profundidad del suelo.

En cuanto a la posición topográfica de los árboles, las mayores cantidades de agua, como era de esperar, se encuentran en la parte baja de la ladera (zona de sedimentación), que a su suelo más potente y con mayor capacidad de retención une los aportes laterales de la escorrentía; por el contrario, los porcentajes más bajos se relacionan con la zona alta (de erosión), donde predomina la granulometría gruesa producto de la meteorización del granito y de los arrastres de materiales finos, lo que unido al suelo poco potente y a la impermeabilidad de la roca madre, condiciona un microclima edáfico xérico muy dependiente de las precipitaciones. La zona de transporte, situada a media ladera, adquiere caracteres intermedios entre ambos extremos, siendo la más amplia y por ello la más representativa de las dehesas salmantinas.

Las diferencias mencionadas, que resultan manifiestas de la simple comparación de las Figuras 1, 2 y 3, no son sin embargo de la misma entidad en todos los casos, ya que quedan mediatizadas por la distancia al árbol (ocasionalmente también por la orientación) y por el estrato de profundidad de que se trate, es decir, por las otras dos variables consideradas en el planteamiento. Así, en las proximidades del tronco, el efecto de sombreado y la reducción de la velocidad del viento (Montoya, 1982 b) contribuyen a hacer mínima la evapotranspiración; al tiempo, el suelo varía como consecuencia de los distintos aportes orgánicos (hojas, ramas, frutos, inflorescencias, etc.), lo que se traduce en cambios texturales (ya que tanto la cubierta arbórea como los distintos materiales impiden la erosión por salpicadura o arrastre) y en el aumento de los coloides orgánicos, lo que posibilita una retención mayor y más prolongada del agua (Alonso *et al.*, 1979 a). De aquí que para el enclave tronco, las distintas zonas difieran en el sentido indicado, que afecta a todas las profundidades, pero sin que el contraste sea demasiado acusado. La conservación del arbolado en localizaciones altas o de gran pendiente resulta por tanto

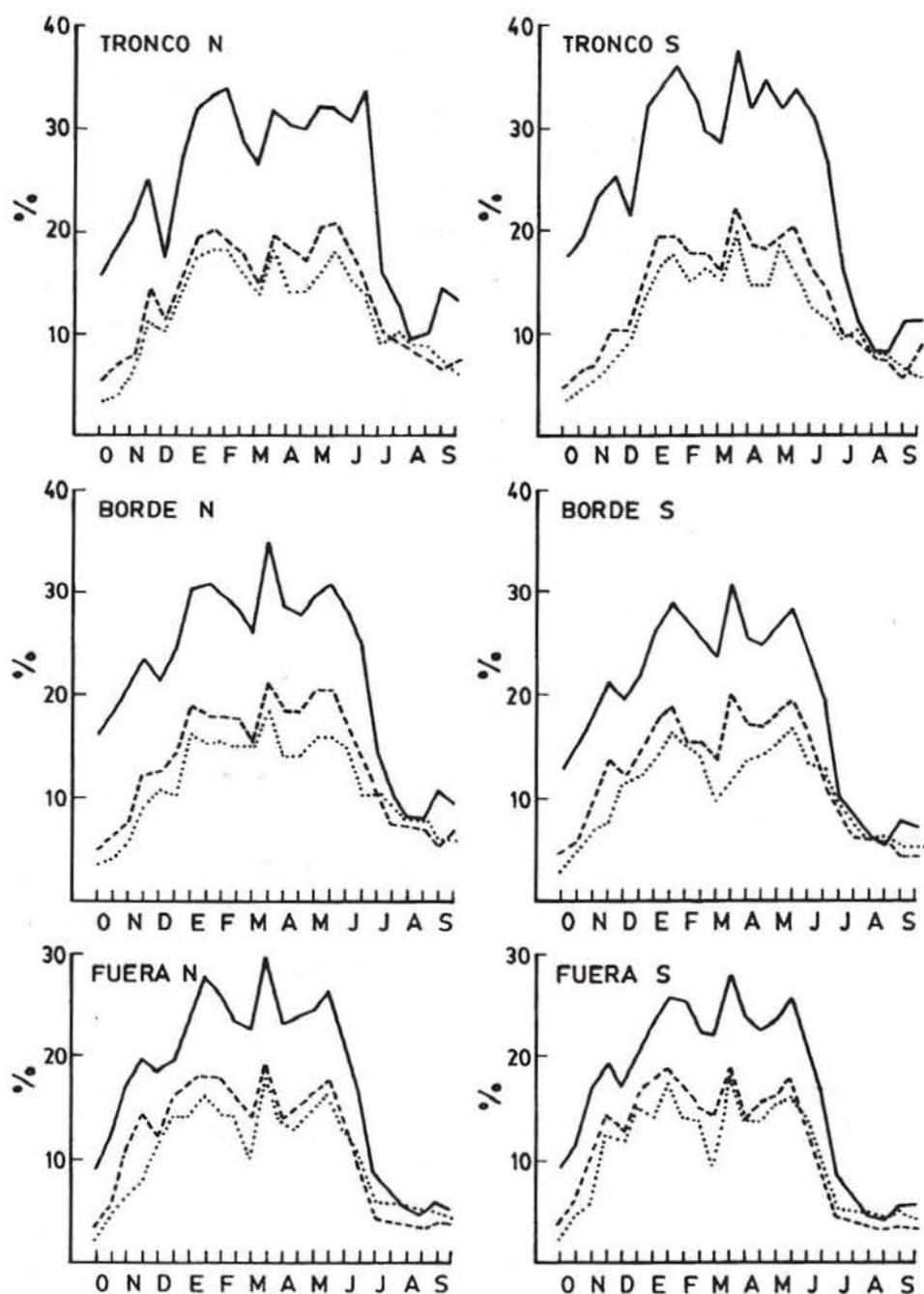


FIG. 1. *Arbol bajo. Variaciones de la humedad edáfica en los tres niveles de profundidad de los distintos enclaves. Línea continua, nivel 1; a trazos, nivel 2; punteada, nivel 3*

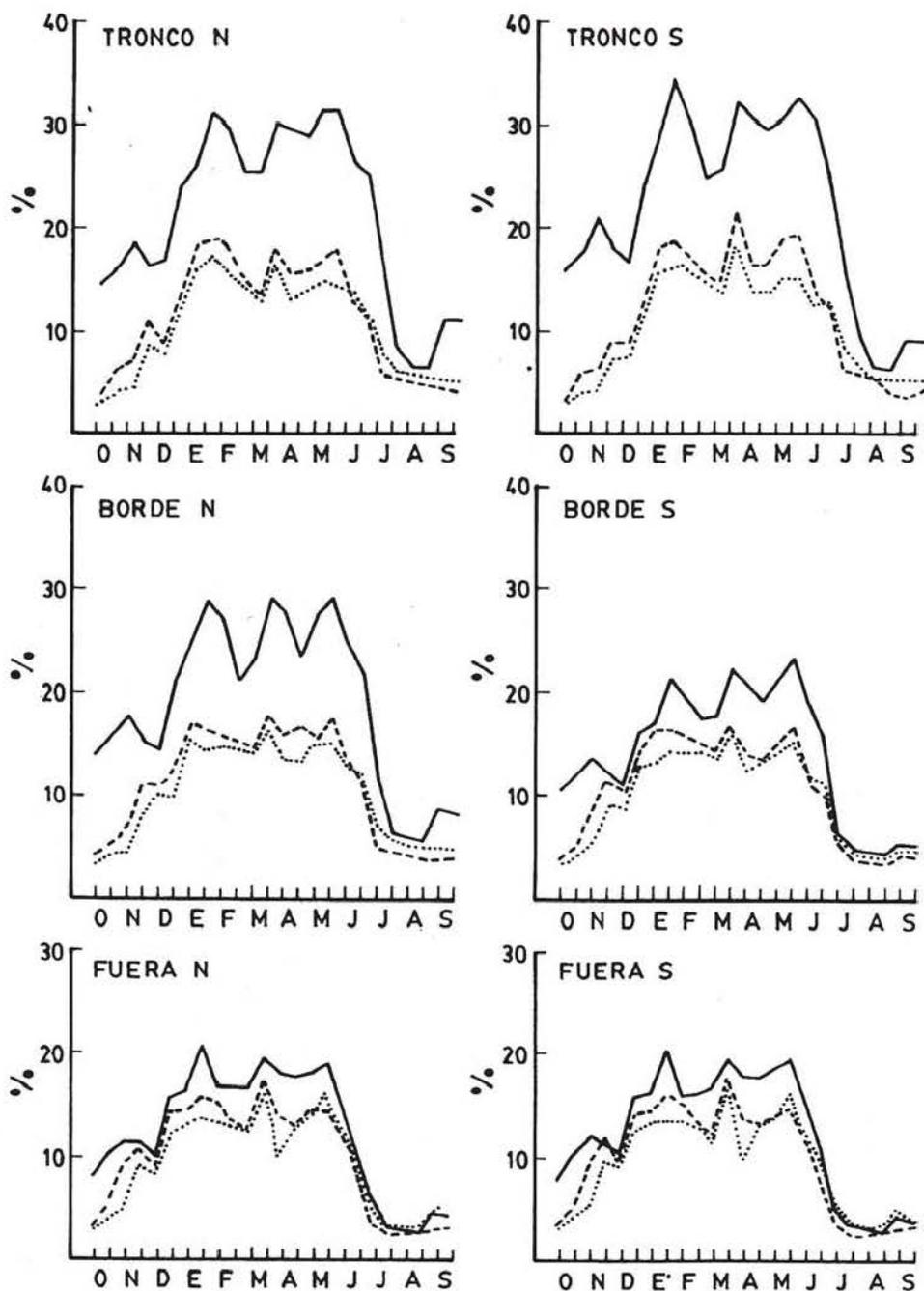


FIG. 2. *Arbol medio. Variaciones de la humedad edáfica en los tres niveles de profundidad de los distintos enclaves. Línea continua, nivel 1; a trazos, nivel 2; punteada, nivel 3*

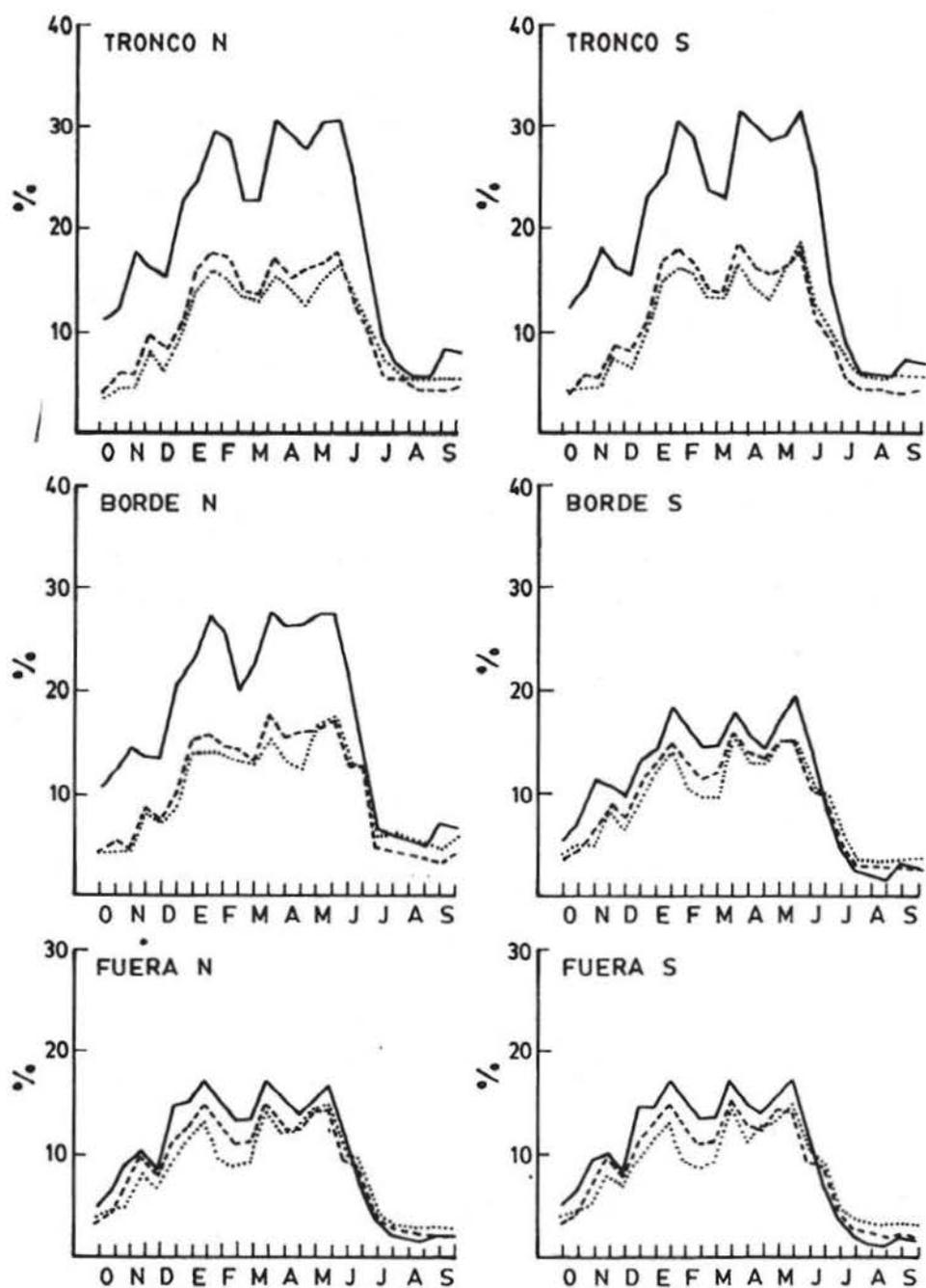


FIG. 3. Arbol alto. Variaciones de la humedad edáfica en los tres niveles de profundidad de los distintos enclaves. Línea continua, nivel 1; a trazos, nivel 2; punteada, nivel 3

una de las prácticas más aconsejables para la preservación de estos ecosistemas.

Si en la proximidad del tronco las distintas zonas tienden hacia una cierta convergencia en su contenido hídrico, el contraste se presenta en las áreas abiertas. Al estar desprotegidas, dependen por entero de los caracteres edáficos básicos, de manera que el porcentaje de agua disminuye con intensidad desde el sector bajo hasta el alto. Además, el nivel más afectado es el superficial, sometido sin ningún paliativo a los agentes climáticos, lo que condiciona su mayor evapotranspiración y, en el sector medio y alto sobre todo, el aumento de la erosionabilidad y pérdidas de agua por escorrentía superficial y filtrado, al predominar las texturas gruesas. Así, es apreciable que el contenido hídrico del nivel superior es considerablemente elevado en la zona de acumulación, a la vez que supera en mucho a los otros dos niveles; en el sector medio se reduce dicho contenido (al igual que el de los restantes niveles), siendo sólo algo superior al de los niveles más profundos; en la zona alta, aparte de producirse una nueva disminución general, los tres niveles se encuentran casi superpuestos.

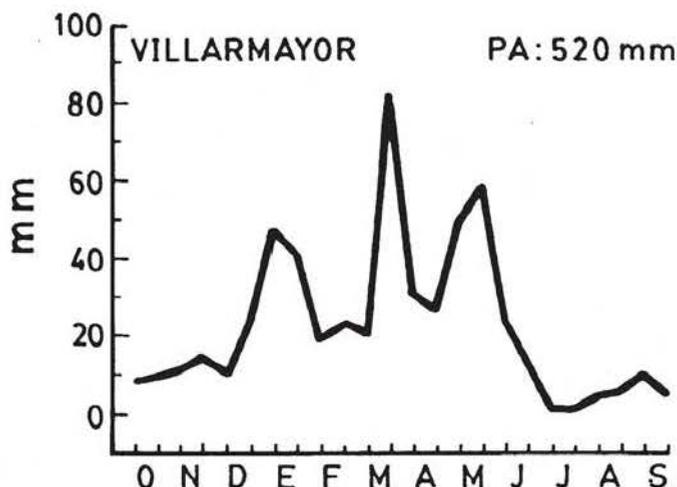


FIG. 4. Precipitaciones registradas en la estación de Villarmayor durante el período de muestreo

En lo que se refiere al área de proyección del borde de la copa sobre el suelo, medianamente protegida, puede esperarse una situación de compromiso entre lo que ocurre en las proximidades del tronco y fuera de la influencia, siempre distinguiendo entre sectores. Así ocurre en efecto, ya que los porcentajes de agua son intermedios en un sentido global, pero con una característica importante relativa a la orientación: las muestras con exposición N presentan mayor contenido hídrico que las de orientación S, de forma que las primeras tienden a parecerse más a las situadas bajo los árboles (aunque el contenido de agua sea algo menor) y las segundas a las de los espacios desarbolados (si bien el contenido de agua es algo superior). Esto demuestra la mayor influencia de la encina hacia el N, hecho constatado repetidas veces en lo que se refiere a la composición florística (Alonso, 1978; Alonso *et al.*, 1979 b; Puerto *et al.*, 1983; Martínez Mediavilla, 1986), y que encuentra aquí una de sus justificaciones. Con todo, el suelo influye en este contraste de orientaciones, de manera que para el sector bajo de la ladera está poco acusado, resulta claro para el medio y de una evidencia absoluta para el alto; como consecuencia, las mayores divergencias corresponden de nuevo a las situaciones más xéricas.

Apreciado el influjo sectorial de la ladera, se pueden limitar las referencias a los distintos enclaves de muestreo de cada árbol por separado, si bien muchos de los posibles puntos a tratar ya ha sido necesario tenerlos en cuenta para una mejor comprensión de la zonación ligada a los fenómenos de vectorialidad (González Bernáldez, 1981).

En la encina de situación topográfica más baja, las diferencias en el gradiente posicional no son muy acusadas. Al tratarse del sector más fértil de la ladera, tanto en lo que se refiere a la profundidad del suelo como a la disponibilidad y capacidad de retención de agua y nutrientes, la influencia del arbolado no adquiere un significado muy neto, aunque éste se deja notar por la sombra y el aporte complementario de elementos orgánicos, cuya mineralización es relativamente rápida debido a las condiciones del medio (Garrido, 1984). Los niveles 2 y 3 de profundidad quedan poco afectados, relacionándose la variación de las curvas sobre todo con el superficial. El enclave exterior, que en definitiva viene a marcar el error cometido en el muestreo cuando se comparan sus dos orientaciones (teóricamente los resultados tendrían que ser idénticos para ambas), ofrece una acusada semejanza. Igual ocurre para la proximidad del tronco, aunque en este caso, y en los dos árboles tipo restantes, reali-

zando las comparaciones numéricas pertinentes, se aprecia una cierta, aunque muy ligera, superioridad de la orientación S, que posiblemente se relaciona con los vientos dominantes portadores de lluvias. La posición borde, como ya se ha indicado, se decanta hacia la orientación N. La fertilidad edáfica, unida a que sólo los diez primeros centímetros de profundidad parecen afectados de manera manifiesta, lleva a que la cobertura arbórea que tradicionalmente se mantiene en estas situaciones sea muy baja (e incluso nula); a ello contribuye la mejor palatabilidad de las especies y mayor abundancia de leguminosas en los claros, sin que las encinas tengan una influencia notoria en alargar los ciclos vegetativos, como sucede en otras situaciones (Montoya, 1982 a).

Para el árbol medio es válido todo lo indicado, si bien se acusa más el decrecimiento del contenido hídrico en las profundidades 2 y 3 y, por supuesto, en la 1, con el alejamiento del tronco. En el borde es muy neta la separación de las orientaciones, de forma que la utilización ideal estaría en conservar una densidad de arbolado no demasiado alta pero suficiente para favorecer el incremento de la producción, de manera directa por los rodales circunscritos a las encinas y de forma indirecta al quedar más protegidos los espacios intermedios desprovistos del dosel de las leñosas. Por supuesto, todos estos efectos se maximizan en el árbol alto, donde las diferencias son muy manifiestas para los distintos enclaves en todas las profundidades, aunque de nuevo sea el nivel edáfico superior el más afectado. El efecto del arbolado sobre el agua edáfica, muy patente en las dos orientaciones del borde de la copa, junto con las restantes circunstancias mencionadas anteriormente, llevan a aconsejar formaciones muy cerradas de encinas, con garantías de una retención superior del agua de lluvia, reducción de la escorrentía y de la erosión, y potenciación de un suave efecto fertilizador ladera abajo, al que pueden contribuir también las querencias del ganado.

En cuanto a una apreciación visual resumida de las gráficas, cabe distinguir dos grupos: el tronco y borde N, ampliamente influenciado por los árboles, y el borde S junto a los espacios abiertos, en que dicha influencia es poco o nada manifiesta. Este modelo simplificado puede completarse mediante los comentarios realizados sobre los distintos árboles, lo que proporciona un esquema de sencilla interpretación a la vez que notablemente coherente.

Centrándonos ahora en el microgradiente vertical de humedad edáfica que se establece en profundidad, los 10 cms. superficiales, más ricos

en materia orgánica y en fracciones finas, presentan el mayor porcentaje de agua. A nivel de las profundidades 2 y 3 disminuyen tanto la materia orgánica como las fracciones finas, ocasionando una retención hídrica menor (Alonso *et al.*, 1979 a). Ahora bien, esta disminución es comparativamente elevada en la zona baja, reducida en la media y poco acusada en la alta; además, también se produce con el debilitamiento de la influencia del arbolado. Hay que decir comparativamente porque, en realidad, los cambios son evidentes sobre todo para la profundidad 1, quedando la 2 y la 3 mucho menos afectadas.

Este aspecto general corresponde a los meses invernales y otoñales; a finales de la primavera o principios del verano comienza un brusco descenso de los porcentajes de agua edáfica que afecta de forma desigual a los tres niveles, por lo que llegan a producirse inversiones, destacando entre ellas:

- Inversión tipo a.— Superposición de la curva del nivel 3 a la del 2 (el nivel 2 es el más xérico).
- Inversión tipo b.— Superposición de la curva del nivel 3 a la del 2 y a la del 1 (el nivel 2 es el más xérico).
- Inversión tipo c.— Superposición de la curva del nivel 3 a la del 2, y de esta última a la del 1 (el nivel 1 es el más xérico).

Se podría distinguir otra modalidad, con superposición de la curva del nivel 2 a la del 1, pero al presentarse solamente en una ocasión parece tratarse más bien de un estado altamente transitorio, en coincidencia con un fenómeno marcado de drenaje.

Los tres tipos de inversiones, en el orden citado, constituyen en realidad una secuencia progresiva de paso desde el período húmedo al seco, y a la inversa del seco al húmedo. Esto no quiere decir que se aprecien siempre, siendo frecuente la transición entre a y c. En la Figura 5 se recogen esquemáticamente estas inversiones; la interrupción entre septiembre y octubre se debe a su pertenencia a diferentes años; el trazado oblicuo obedece a que, al realizarse el muestreo cada quince días, no es posible precisar el momento concreto de aparición, variación o desaparición del fenómeno. La duración de las inversiones es variable, aunque queda comprendida entre abril y octubre (ocasionalmente noviembre). Su comienzo, final e intensidad, dependen de la situación sectorial de los árboles en la ladera y de la influencia ejercida por los elementos leñosos. La Figura 5 es bastante explícita en este sentido, mostrando, sin entrar en mayores precisiones que:

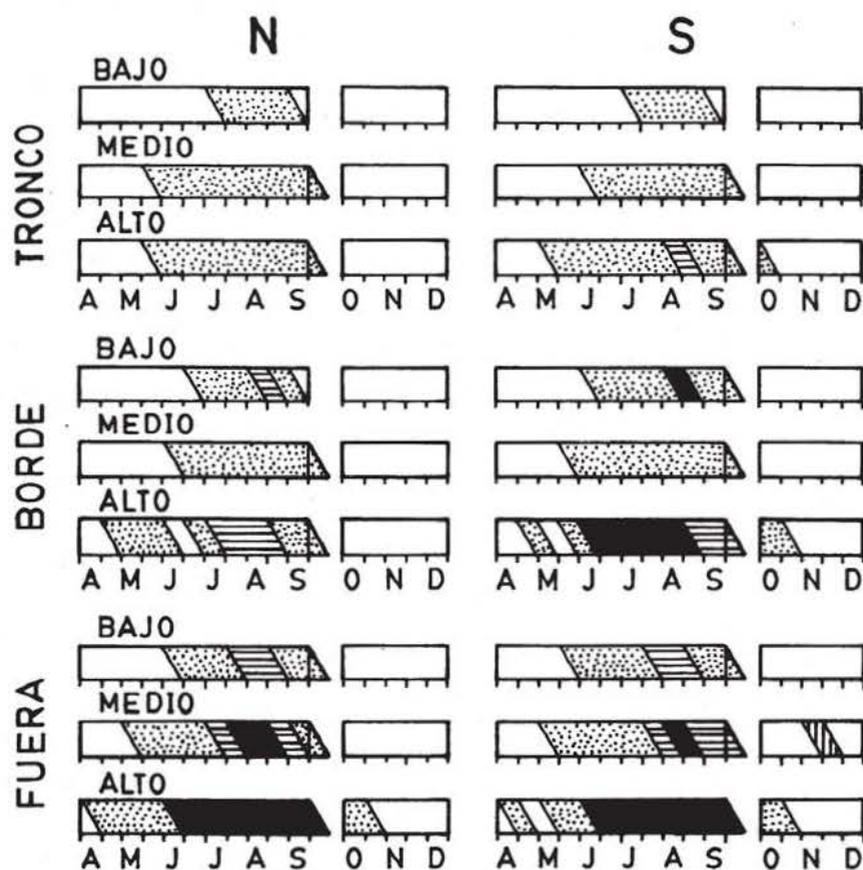


FIG. 5. Esquema de los tipos de inversiones y su duración. Tipo a, punteado; tipo b, rayado horizontal; tipo c, negro; excepción, rayado vertical. Ver la descripción en el texto

1. Bajo la copa (tronco) la inversión sólo alcanza el tipo a, con mayor cantidad de agua en superficie (características favorables para la retención en este nivel), seguida del estrato más profundo (más protegido frente a la evapotranspiración). Del árbol bajo al alto se produce el incremento de este período indicador de una sequía débil, que ocasionalmente se torna más fuerte en el árbol alto.

2. El enclave borde es muy variable, posiblemente por su carácter de zona de contacto (a lo que habría que añadir, para la generalidad de las superposiciones, un cierto riesgo de error en el muestreo motivado por las pequeñas cantidades de agua). El período de variación sigue aumentando del árbol bajo al alto. No obstante, en el bajo hay pequeños intervalos de sequía media (superposición tipo b) o fuerte (superposición tipo c), tal vez motivados por la intensa transpiración de las herbáceas, que durante agosto y en estas localizaciones pueden continuar su desarrollo. Para el árbol alto la sequía media, fuerte o ambas son más prolongadas, debiendo acudirse aquí a las condiciones edáficas. Para los tres árboles, el período más amplio en el que se producen superposiciones, y las superposiciones más extremadas, coinciden con la orientación S, lo que constata apreciaciones anteriores.

3. Fuera de la influencia de los árboles es claro el aumento de las anomalías provocadas por la sequía desde el árbol bajo al alto. Además, en el árbol bajo la intensidad es débil o media (a y b), en el intermedio débil, media y fuerte (a, b y c), produciéndose entre noviembre y diciembre el cuarto tipo de variación, y en el alto es también débil, media y fuerte (a, b y c), pero con una gran duración de esta última.

4. En conjunto, se aprecia que las inversiones más acentuadas (tipo c), donde el nivel superior es el más xérico y el inferior el más hídrico (sólo queda agua en profundidad), únicamente se producen en el borde S y en las áreas abiertas, lo cual permite volver a distinguir entre enclaves influenciados por la encina y enclaves poco o nada afectados por el arbolado. Al tiempo, el efecto de la encina en sectores de suelo poco fértil (tronco de los árboles medio y alto) demuestra su poder homogeneizador respecto a los espacios abiertos del sector más adecuado (fuera del árbol bajo), lo que supone corroborar la necesidad acerca de la conservación gradual, ya mencionada, del dosel arbóreo.

Para obtener la confirmación de algunas de las afirmaciones realizadas, parece aconsejable emplear como metodología paralela el análisis de correspondencias. Aplicado a cada árbol, se obtienen las siguientes absorciones de varianza:

<u>Eje</u>	<u>Bajo</u>	<u>Medio</u>	<u>Alto</u>
I	60,82	56,31	66,71
II	22,57	25,03	14,58

Las distintas ordenaciones resultantes se recogen en las Figuras 6, 7 y 8. El significado de los ejes en todas ellas viene a ser similar, marcando preferentemente el primero un gradiente hídrico en función de la profundidad, y el segundo las variaciones de humedad ligadas a la influencia del arbolado. Por supuesto, al tratarse en los dos casos de contenido de agua en el suelo, la definición de los ejes no es absoluta y ambas causas se superponen en cierta medida. Los aspectos más destacables son:

1. La separación de las tres profundidades es muy neta para el árbol bajo, si bien queda mejor definida la primera. En las encinas media y alta puede delimitarse muy bien el nivel más superficial. En el árbol medio se produce cierta convergencia de los niveles 2 y 3, confluyendo parcialmente los enclaves más influenciados por la encima de la segunda profundidad con los menos afectados de la tercera. En el árbol alto ocurre lo mismo, pero la confluencia es tan elevada que se llega a un completo intercambio posicional. Algunas de las inversiones citadas quedan recogidas en esta distorsión paulatinamente creciente que se produce desde el árbol bajo al alto.

2. El eje II, dentro de cada nivel de profundidad, diferencia en todos los árboles las tres muestras menos influenciadas por las encinas (fuera y borde S) de las tres más afectadas por ellas (tronco y borde N), ocupando por lo común las dos del borde las posiciones más próximas.

3. De nuevo, sobre el eje II, y en una consideración global, se aprecia que la profundidad 2 de todos los árboles es la que menos agua retiene como consecuencia de la influencia de las encinas. Este hecho, junto a las confluencias indicadas en el primer punto (ligadas al eje I, y por tanto, a la profundidad) tiende a explicar la existencia de inversiones entre los distintos niveles.

4. Respecto a la ordenación de las quincenas, las de los meses más cálidos (julio y agosto) tienden a relacionarse con las muestras más influenciadas del nivel 3, que comparativamente son las que mejor mantienen la humedad en esta época, aunque esto no suponga que sean las de mayor contenido hídrico. En el otro extremo, las de octubre y noviembre quedan próximas a la profundidad 1, porque en dichos meses el contenido en agua de la misma, aún siendo bajo, suele comenzar a elevarse,

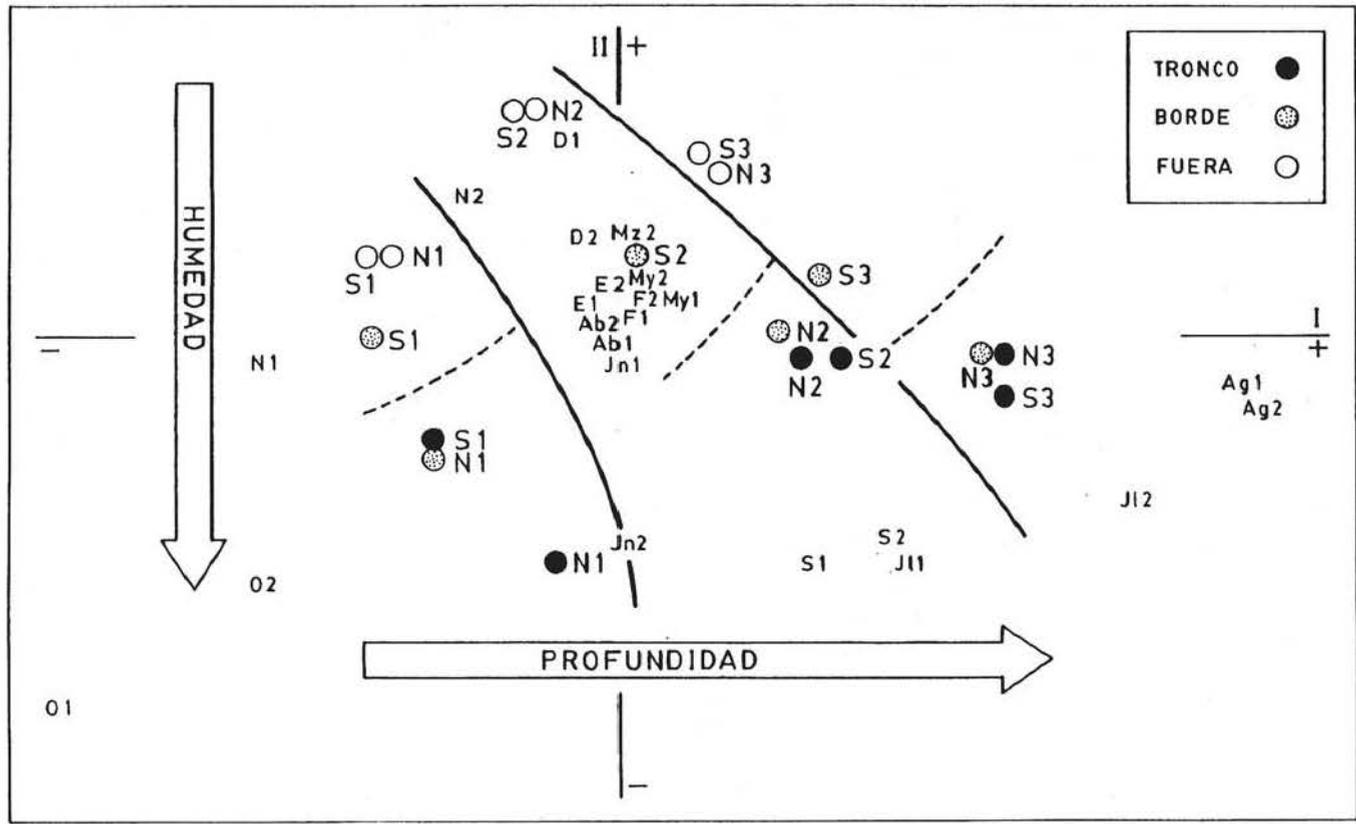


FIG. 6. Ordenación resultante de la aplicación del análisis de correspondencias a los porcentajes de humedad edáfica obtenidos en los distintos enclaves del árbol bajo. Cada enclave se acompaña de su orientación (N ó S) y profundidad (1, 2 ó 3)

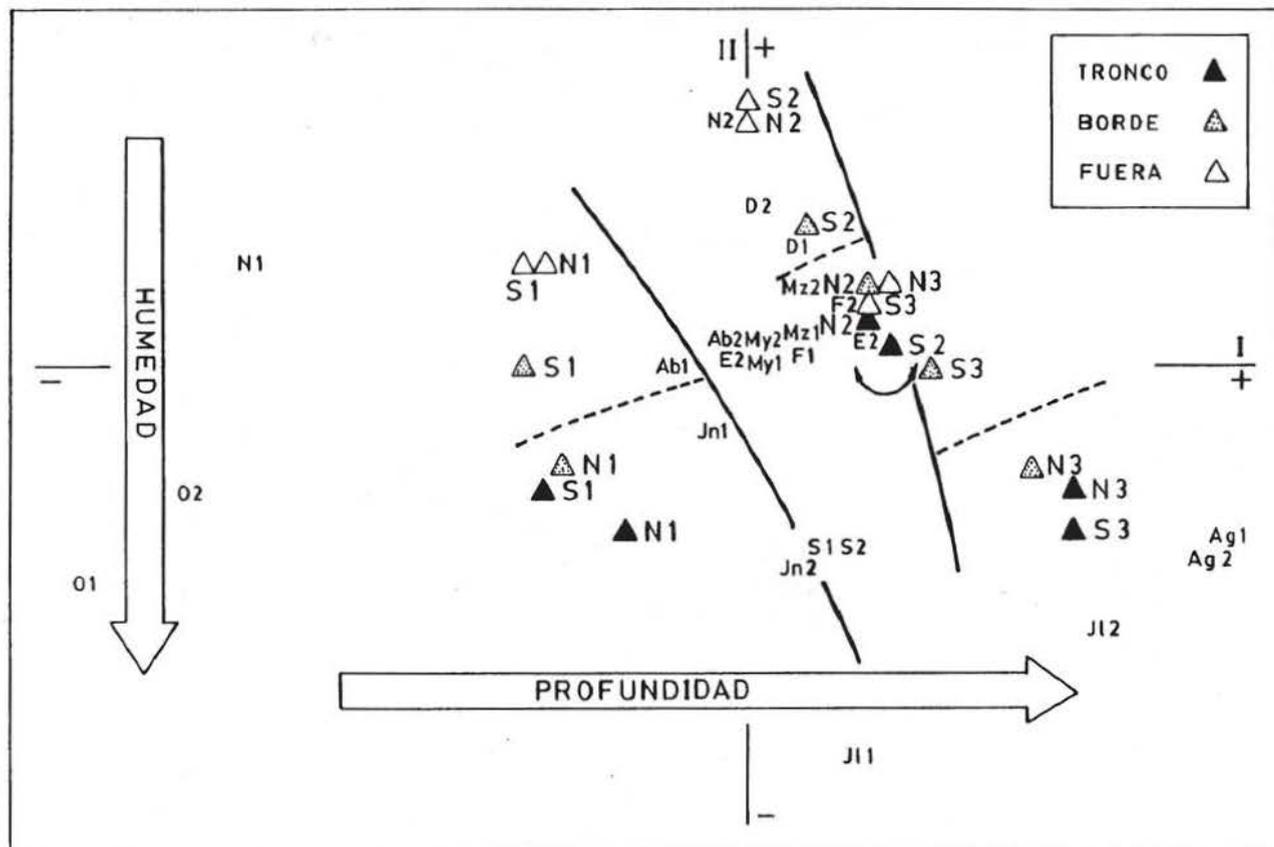


FIG. 7. Ordenación resultante de la aplicación del análisis de correspondencias a los porcentajes de humedad edáfica obtenidos en los distintos enclaves del árbol medio. Cada enclave se acompaña de su orientación (N ó S) y profundidad (1, 2 ó 3)

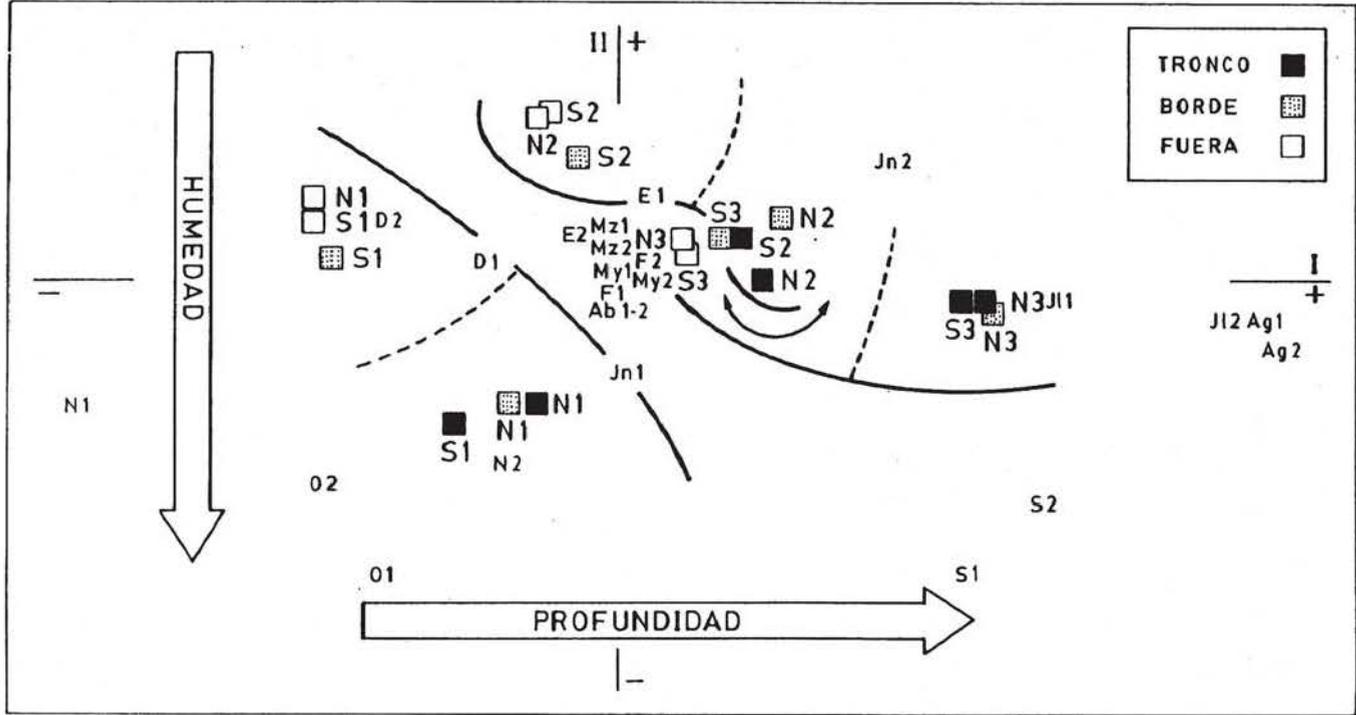


FIG. 8. Ordenación resultante de la aplicación del análisis de correspondencias a los porcentajes de humedad edáfica obtenidos en los distintos enclaves del árbol alto. Cada enclave se acompaña de su orientación (N ó S) y profundidad (1, 2 ó 3)

destacando claramente de los otros niveles, que debido a las escasas precipitaciones reciben menos agua que el superior. El resto de las quinceñas, con evolución paralela para todas las profundidades, queda más o menos agrupado en torno al origen (posición de equilibrio).

Las distintas puntualizaciones realizadas y el orden seguido dejan claras las conclusiones de esta aportación al contenido hídrico del suelo en ecosistemas adeshados; el tema, fundamental para la comprensión del sistema ladera y su utilización racional, recoge evidentemente aspectos más amplios (capacidad máxima de retención de agua según el tipo de suelo, relaciones con el punto de marchitez, etc.) que esperamos abordar en próximas comunicaciones. No obstante, el planteamiento desarrollado deja sólidamente establecidas muchas relaciones de interés, en una triple conjunción de gradientes ambientales complementarios que, precisamente por su complejidad, confiere gran fuerza descriptiva y funcional a la interpretación de los resultados.

M. A. ANTA FERRERO  
A. PUERTO MARTÍN  
J. A. GARCÍA RODRÍGUEZ  
J. M. GÓMEZ GUTIÉRREZ  
*Departamento de Ecología  
Universidad de Salamanca*

#### BIBLIOGRAFIA

- ALONSO, H. (1978): *Efecto de la encina (Quercus rotundifolia Lam.) sobre la vegetación, en diversas comunidades de pastizal*. Tesis de Licenciatura, Universidad Salamanca.
- ALONSO, H., PUERTO, A. y CUADRADO S. (1979 a): «Efecto del arbolado sobre el suelo en diversas comunidades de pastizal», *An. C.E.B.A. Salamanca*, 5, 263-277.
- ALONSO, H., PUERTO, A. y GÓMEZ GUTIÉRREZ, J. M. (1979 b): «Variaciones de la intensidad de influencia del arbolado en la composición de comunidades de pastizal», *Rev. Pastos*, 9, 34-47.
- ALVERA, B. (1976): «Contribución al estudio de la intercepción de las precipitaciones atmosféricas en el pinar de San Juan de la Peña», *P. Cent. Pir. Biol. Exp.*, 7, 505-522.
- AUSSENAC, G. (1968): «Interception des précipitations par le couvert forestier», *Ann. Sci. Forest.*, 25, 135-156.
- BARRERA, I. (1984): *Estudio de la biomasa vegetal subterránea en ecosistemas herbáceos de clima semiárido*, Tesis Doctoral, Universidad Salamanca.

- BOLÓS, O. (1963): «Botánica y geografía», *Mem. R. Acad. Cien. Art. Barcelona*, 34 (14), 443-491.
- DELFS, J. (1965): «Interception and stem-flow in stands of norway spruce and beech in west Germany», *Int. Symp. Forest Hydrology*, Ed. by William, Sopper and Lull, 181-185.
- GAGO, M. L. (1978): *Efectos de la encina (Quercus ilex L.) sobre la distribución del agua de lluvia*, Tesis de Licenciatura, Universidad Salamanca.
- GARCÍA NOVO, F. (1968): *Aplicación de tres diferentes métodos de análisis al estudio conjunto de la vegetación y los factores ambientales en un pasto de Rodas Viejas (Salamanca)*, Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- GARCÍA RODRÍGUEZ, A., FORTEZA, J., PRAT, L., GALLARDO, J. y LORENZO, L. F. (1979): «Suelos», *Estudio Integrado y Multidisciplinario de la Dehesa Salmantina*, UNESCO-MaB, 3, 65-100, Salamanca-Jaca.
- GARRIDO, M. V. (1984): *Estudio de la descomposición de la bojarasca de Quercus rotundifolia Lam. y Quercus pyrenaica Willd. en monte adehesado*, Tesis de Licenciatura, Universidad Salamanca.
- GÓMEZ GUTIÉRREZ, J. M., LUIS, E. y PUERTO, A. (1978): «El sistema de vaguada como unidad de estudio en pastizales», *Rev. Pastos*, 8, 219-236.
- GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. (1981): *Ecología y paisaje*, H. Blume Ediciones, Madrid.
- GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F., MOREY, M. y VELASCO, F. (1975): *Efectos de la encina sobre el pasto*, Public. del Departamento de Dehesas y Pastizales. Diputación Provincial, Badajoz.
- KALMA, J. D., STANHILL, G. and URIELI, E. (1968): «Rainfall interception and stem-flow in an orange plantation», *J. Agric.*, 18, 3-14.
- KITTREDGE, J. (1948): *Interception and stem-flow. Forest influences*, 11, 99-114, McGraw-Hill, New York.
- KITTREDGE, J., LOUGHEAD, H. J. and MAZURAK, A. (1941): «Interception and stem-flow in a pine plantation», *Jour. Forestry*, 39, 505-522.
- LEYTON, L., REYNOLDS, E. R. C. and THOMPSON, F. B. (1970): «Hydrological relations of forest and moorland vegetation», *Report on Forest Research*, 97-106, Her Majesty's Stationery Office.
- LUIS, E. y MONTSERRAT, P. (1979): «Mapa fitoclimático de la provincia de Salamanca», *Estudio Integrado y Multidisciplinario de la Dehesa Salmantina*, UNESCO-MaB, 3, 157-181, Salamanca-Jaca.
- MARTÍNEZ MEDIÁVILLA, A. R. (1968): *Modificaciones de la sucesión vegetal por efecto del arbolado*, Tesis de Licenciatura, Universidad Salamanca.
- MONTOYA, J. M. (1982 a): «Efectos del arbolado de las dehesas sobre el sistema pastoral. Criterios de ordenación forestal», *Anales del I.N.I.A.* (ser. forestal), 5, 31-41.
- (1982 b): «Efectos del arbolado de las dehesas sobre los factores ecológicos que actúan al nivel del sotobosque», *Anales del I.N.I.A.* (ser. forestal), 5, 61-85.
- (1982 c): «Un método práctico de investigación ecológica en la ordenación silvopastoral de montes mediterráneos», *Anales del I.N.I.A.* (ser. forestal), 5, 87-92.
- MONTOYA, J. M. y MESÓN, M. L. (1982): «Intensidad y efectos de la influencia del arbolado de las dehesas sobre la fenología y composición específica del sotobosque», *Anales del I.N.I.A.* (ser. forestal), 5, 43-59.
- MONTSERRAT, P. (1974): *Estructura y estabilidad de los ecosistemas. Relaciones con la utilización de recursos*, Seminario sobre Estructura y Estabilidad del Ecosistema, Sevilla.

- MORENO, J. M. (1984): «Estudio ecológico comparado de los jarales de Madrid, I, Variación anual de la humedad del suelo», *Lazaroa*, 6, 105-126.
- NOIRFALISE, A. (1959): «Sur l'interception de la pluie par le couvert dans quelques forêts belges», *Bulletin de la Société Royale Forestière de Belgique*, oct.: 1-7, Centre de Cartographie Phytosociologique, Bruxelles.
- OLIVER, S. y LUIS, E. (1979): «Factores termoplumiométricos», *Estudio Integrado y Multidisciplinario de la Dehesa Salmantina*, UNESCO-MaB, 3, 101-155, Salamanca-Jaca.
- PUERTO, A., RICO, M. y GÓMEZ GUTIÉRREZ, J. M. (1983): «Pautas repetitivas en los pastizales salmantinos: la vaguada como unidad sintética y paisajística», *Salamanca. Rev. Prov. de Estudios*, 7, 119-144.
- RAPP, M. et ROMANE, F. (1968): «Égouttement des précipitations sous des peuplements de *Quercus ilex* L. es de *Pinus halepensis* Mill. Contribution à l'étude du bilan de l'eau dans les écosystèmes méditerranéens», *Oecol. Plant.*, 3, 271-284.
- RAYMOND, E. and LEONARD, S. (1968): «Mathematical theory of interception», *Int. Symp. Forest Hydrology*, Ed. by Sopper and Lull, 131-136.
- REVUELTA, J. L. (1976): *Efectos del riego temporal sobre la distribución de la vegetación de una ladera*, Tesis de Licenciatura, Universidad Salamanca.
- RIVAS MARTÍNEZ, S., ABELLÓ, R. P., DÍAZ PINEDA, F., GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. y LEVASOR, C. (1981): «Comunidades de pastizal del monte de El Pardo (Madrid)», *Studia Oecologica*, 1/2, 59-90.
- SCHNOCK, G. (1967): «Réception des précipitations et écoulement le long des troncs en 1966. Serie B: La chênaie mélangée calcicole de Virelles-Blaimont», *Recherches sur l'Ecosystème Forêt*, 17, 1-15. Programme du Centre d'Ecologie Générale, Bruxelles.
- (1968): «Bilan des apports hydriques pour 1966 et 1967. Serie B: La chênaie mélangée calcicole de Virelles-Blaimont», *Recherches sur l'Ecosystème Forêt*, 25, 3-19, Bulletin de la Société Royale Forestière de Belgique, Bruxelles.
- (1973): «Réception des précipitations suivant un transect sol-cime dans une chênaie mixte», *Oecol. Plant.*, 8, 17-23.
- SCHNOCK, G. et GALOUX, A. (1967): «Réception des précipitations et égouttement, Serie B: La chênaie mélangée calcicole de Virelles-Blaimont», *Bull. Inst. R. Sci. Nat. Bel.*, 43/33 (8), 1-28.
- STANHILL, G. (1968): «The water flux in temperate forests: precipitation and evapotranspiration», *Ecological studies I. Analysis of temperature forest ecosystems*, ed. by Reichle, dec: 243-256.
- STEBING, L. (1965): *Pflanzenökologisches Praktikum*, P. Parey, Berlín.
- TERRADAS, J. (1980): «El estudio de los ecosistemas terrestres: problemas y perspectivas», *Mediterránea*, 4, 3-10.
- TORRES, M. D. (1978): *Contribución al estudio del sistema de vaguada en ecosistemas de pastizal*, Tesis de Licenciatura, Universidad Salamanca.