

## ECOLOGIA Y VEGETACION DE LAS RIPISILVAS (DESCENSO ECOLOGICO DEL RIO JARAMA)

MARÍA LUISA MESÓN GARCÍA<sup>1</sup>

### RESUMEN

Estudio de la ecología y usos de las ripisilvas en sus aspectos generales (espacio físico, aspectos ecológicos, variaciones temporales, usos selvícolas) y resultados botánicos del descenso realizado a lo largo del río Jarama con 200 km de longitud y 1.390 m de desnivel. Se destacan como datos relevantes en la gestión y uso de las ripisilvas: la oscilación de la capa freática, los niveles de inundación, la distancia al cauce, la velocidad de la corriente en cada punto y la altitud. Se exponen los datos más relevantes en materia de repoblación y selvicultura de las ripisilvas, relacionándolos con dichas observaciones ecológicas y botánicas.

### I. ASPECTOS GENERALES

#### ESPACIO FISICO

La terminología que utilizaremos para el espacio físico de la ripisilva precisa una redefinición para dotarla de sentido ecológico que se esquematiza en la Fig. 1. Entendemos por:

**Cauce** es el espacio ocupado por el agua en el período de estiaje. Evidentemente, esta definición elimina el concepto de cauce en los cursos de agua que se secan.

**Ripisilva** (s. l.) es el conjunto de *ribera*, *soto* y *vega*.

**Ribera** comprende desde el cauce hasta el final de la zona ocupada por las crecidas habituales del curso de agua.

**Soto**, desde el final de la ribera hasta el final de la zona inundada en las riadas excepcionales (aproximadamente, las que se producen cada veinticinco años).

**Vega**, zona exterior al soto, sólo inundada cada cincuenta a cien años, a veces todavía afectada por la presencia de la capa freática permanente o estacional.

tada por la presencia de la capa freática permanente o estacional.

**Ripisilva** (s. e.) es el conjunto de ribera y soto.

#### VARIACIONES TEMPORALES

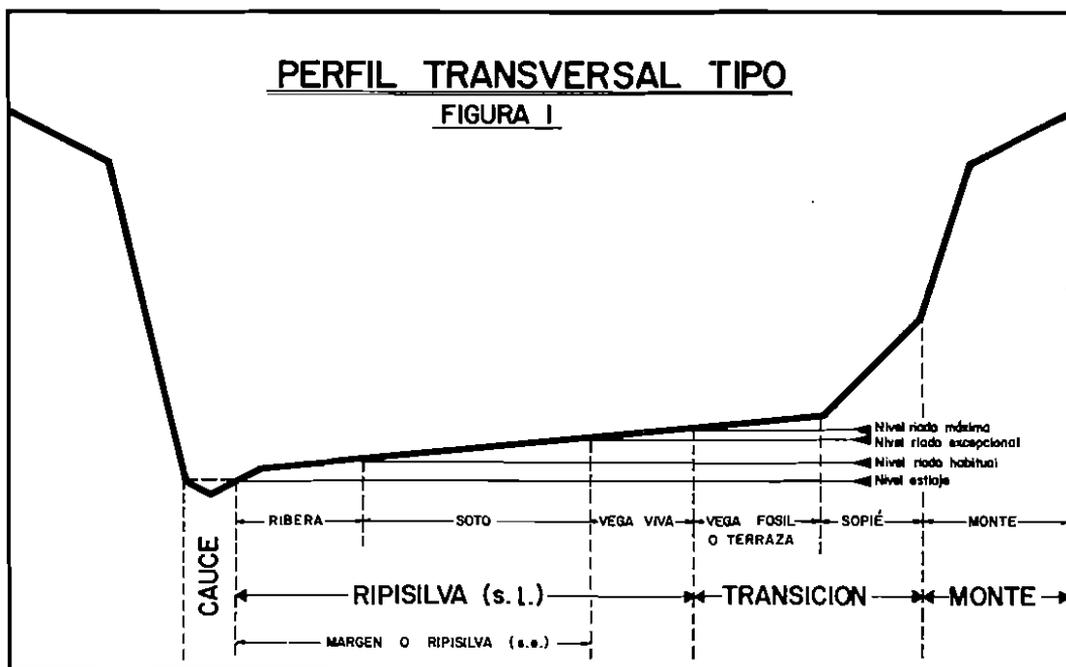
A lo largo del tiempo se producen variaciones del nivel de las aguas, como riadas o avenidas más o menos grandes, que agreden la vegetación, la fauna y los suelos de las ripisilvas, en mayor o menor grado, según las circunstancias concretas de cada punto, y también sequías y estiajes más o menos acentuados que afectan a las formas de vida de la ripisilva, siempre más o menos asociadas y condicionadas a la presencia del agua.

En los aspectos prácticos los conceptos esenciales serían:

— La riada como fuente de perturbación más o menos frecuente y fuerte, según la distancia al cauce. Consecuentemente, inexistencia del «clímax de ribera».

— El estiaje, como origen del descenso de la capa de agua freática, pudiendo llegar a secarse el agua del cauce, lo que acarrea la pérdida de *higrófitos*, o incluso desconec-

<sup>1</sup> Cátedra de Botánica.  
Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal.  
Universidad Politécnica de Madrid. 28040 Madrid.



tarse o desaparecer, originando la pérdida de los *freatófitos*. (De esta forma va desapareciendo la vegetación de cauce, de la ribera e incluso del soto en sustituciones sucesivas, según la menor o mayor duración de la sequía.) (Fig. 2).

Estos datos son relevantes en el uso de la ribera:

1. Espacio no laboreable de protección (soto). Siempre en función del grado de regularidad del río, más regular, a veces, por los pantanos artificiales y menos, siempre, con la deforestación de la cuenca.
2. Espacio con agua freática permanente a mayor o menor profundidad.

El nivel mínimo del agua en período vegetativo suele regular las especies y técnicas de repoblación.

- Si no desciende nunca por debajo de los 50 cm es necesario recurrir a los sauces o al aliso (según circunstancias) (FAO, 1980).
- Si desciende a profundidades de 0,50 a 2 m puede plantarse el chopo a raíz normal.

- Si desciende a 3-4 m y quiere plantarse el chopo debe recurrirse a la plantación profunda o al riego artificial.
- También es preciso recurrir al riego de choperas si esa capa desaparece o baja por debajo de la profundidad citada.
- En general, el área en que el nivel llega a descender por debajo de los 2 m o en la que, simplemente, desaparece el agua freática es ocupada en la naturaleza por el fresno o el olmo, según el menor o mayor período de desconexión del agua (y otras variables).

### ASPECTOS ECOLOGICOS

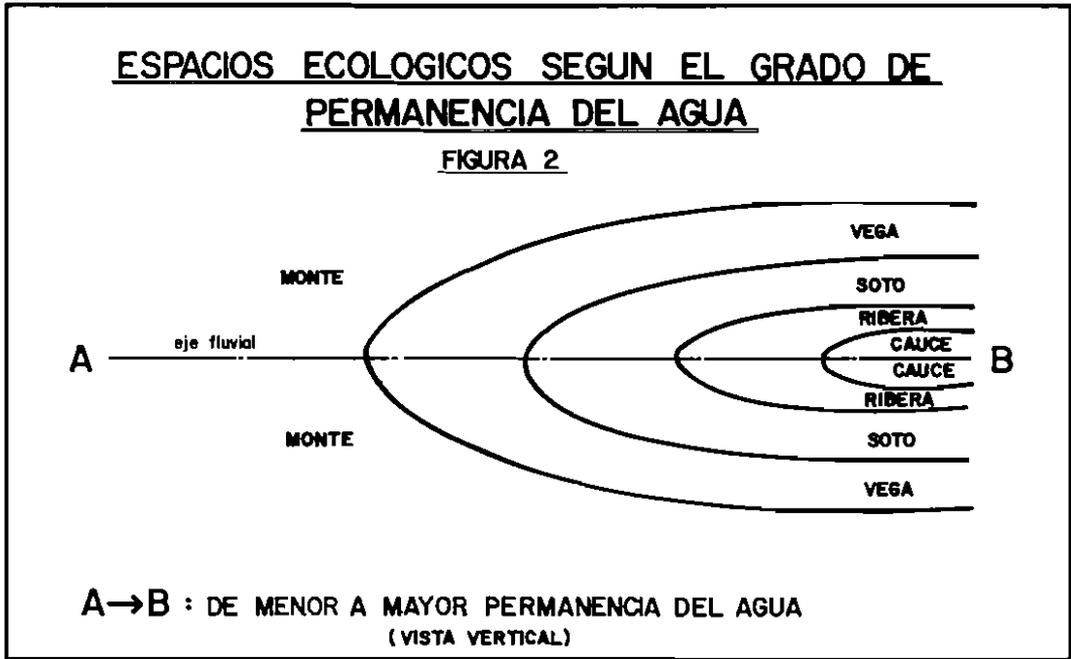
La ecología de la ripisilva es distinta de la del medio general que el curso de agua atraviesa. Sus diferencias principales son:

#### Clima

- Unas temperaturas más suaves. Más bajas en verano, a causa de la intensa sombra y

**ESPACIOS ECOLOGICOS SEGUN EL GRADO DE PERMANENCIA DEL AGUA**

**FIGURA 2**



elevada evapotranspiración y más elevadas en invierno, a causa del efecto del agua.

- Una humedad ambiente más elevada.

**Suelo**

Los suelos de las ripisilvas son típicamente aluviales. Suelen tener una heterogeneidad elevada, tanto en sentido horizontal como en el vertical. Es destacable la mayor abundancia de elementos finos y de materia orgánica en los tramos de aguas lentas que permiten una mayor decantación de los arrastres.

**Fauna**

La presencia del agua y de especies arbóreas de gran talla, así como de una orla y sotobosque de espinales protectores, atraen poderosamente a la fauna, especialmente aves para nidificar en los altos y seguros árboles (lo que puede originar daños en los cultivos de las vegas) y, evidentemente, las acuáticas. También conejos y otros pequeños animales, como ratas, etcétera.

La fauna en la ripisilva se hace factor ecológico

importante por importación de nutrientes a la misma y por difusión y concentración de los vegetales ornitócoros.

**Vegetación**

**TIPOS BIOLÓGICOS**

Los tipos biológicos principales en la vegetación de las ripisilvas son:

*Cauce:* higrófitos y helófitos de gran talla.

*Ribera:* fanerófitos y hemicriptófitos. Con característica escasez de anuales, incluso en el medio mediterráneo. Freatófitos frecuentes en zonas de capa freática permanente. Riqueza de ruderales en tramos bajos de ríos por acumulación de materia orgánica. Escasez característica de las mismas en los tramos altos.

*Soto:* fanerófitos, hemicriptófitos y característica abundancia de lianas y zarzas. Vivaces de gran talla. Freatófitos y semifreatófitos.

*Vega:* Fanerófitos de gran talla y hemicriptófitos. Abundancia de espinales. Rara vez la capa

freatica permite la permanencia de los treatófitos.

## REGENERACION

Es en este aspecto en el que se detectan mayores diferencias entre las zonas ecológicas definidas anteriormente. Según la mayor o menor frecuencia de las riadas, es preciso una mayor o menor frecuencia en la regeneración. Ello conduce a: 1) Medios de dispersión potentes: *anemócoras* con frutos y semillas pequeños y voladores como sámaras, vilanos, etcétera, y *ornitócoras* (aprovechando la abundancia de aves), con frutos coloreados comestibles y semillas pequeñas e *hidrocoria* (eventualmente las semillas pueden ser arrastradas por las aguas). 2) También a una elevada capacidad para la regeneración vegetativa, que descende al alejarse del cauce: brotes de cepa, de raíz, presencia de rizomas, estolones, capacidad para regenerarse de estaquilla, etcétera. Es llamativa la práctica ausencia de la geocoria como procedimiento de diseminación, más propia ya de especies cercanas a la climax.

En los aspectos aplicados es fácilmente deducible la capacidad natural para una fácil restauración de la vegetación propia de las ripisilvas.

## COMPETENCIA

En ese medio rico que es siempre la ripisilva, la capacidad para el rápido crecimiento es una necesidad para competir en esa vegetación lujuriosa.

Combinada con ella aparece la capacidad para competir en la espesura, siempre más o menos asociada a la incapacidad de competencia a pleno sol y siempre algo alejada de la posibilidad de una fácil regeneración. A la vez, la capacidad para alcanzar una gran altura se hace relevante.

En general, las especies que los forestales califican «de sombra» tratan de invadir y dominar la vegetación, encontrándose siempre limitadas en su avance hacia el cauce por la agresión de la riada y necesidad consiguiente de una nueva regeneración al sol. Esta agresión es mayor

en las áreas en las que el río descende con fuerte pendiente (más habituales en las cabeceras) y es menor en los rellanos y zonas de meandros (más habituales en los tramos bajos), en donde es frecuente que se haga sentir la presión de esas especies capacitadas para competir en la sombra.

Todas esas estrategias competitivas de las especies de la ripisilva convergen en una vegetación de elevada capacidad productiva, lo que es relevante desde el punto de vista aplicado.

## ESTRATEGIAS DE ADAPTACION

Los ecosistemas de ribera son hábitat de elevada productividad, pero sometidos a perturbaciones cada cierto número de años (riadas, crecidas, acumulación de sedimentos, erosión en las terrazas...); ello implica que la vegetación se vea dominada por especies competidoras (en principio no falta humedad ni nutrientes), pero que a la vez deben resistir la perturbación a la que se ven sometidas, alteración que, aunque severa, no se presenta a menudo (GRIME, 1982).

Desde este punto de vista aparecen especies cuyo tipo biológico se adecua a estas condiciones; así se presentan las *anuales*, propias de terrenos fértiles alterados, entre las que cabe citar, por su constancia, el amor del hortelano (*Galium aparine*), que permite a esta rubiácea trepar por encima de vástagos y herbáceas perennes en busca de la luz; otras gramíneas anuales, fieles a estos ecosistemas, son: *Hordeum murinum*, *Bromus sterilis*, *Lolium multiflorum*, todas ellas capaces de producir una rápida producción de materia seca y alcanzar gran tamaño en la madurez.

Entre las *bienales* adaptadas a este tipo de ecosistema y fieles a los mismos, por su presencia casi constante, destacan las de dos familias botánicas: la familia de las Umbelíferas (*Anthriscus vulgaris*, *Conium maculatum*, *Smyrniium perfoliatum*) y la familia de las Compuestas (géneros *Carduus* y *Silybum*). Estas plantas presentan, a pesar de coexistir con las anuales anteriores, un ciclo bienal más largo y la tendencia adaptativa de poder alargar su fase vegeta-

tiva (incluso durante años) si existen condiciones desfavorables.

Entre las *perennes*, plantas capacitadas para existir en estado de plántula si las condiciones del hábitat son desfavorables, muestran, una vez establecidas (en condiciones fértiles), una rapidez enorme de regeneración vegetativa gracias a sus estolones, sus poderosos rizomas y sus bulbillos. Cabe destacar en este tipo de estrategia con fidelidad que es también digna de mención: *Oenanthe crocata*, *Ranunculus repens*, *Agrostis stolonifera*, *Trifolium repens*, *Poa pratensis*, *Holcus lanatus*. Sin embargo, este tipo de adaptaciones necesitan de la perturbación cada cierto tiempo, pues su estrategia de invasión de claros es patente, a la vez que necesitan que la perturbación sea espaciada para permitir la etapa de unión entre padre-hijo (multiplicación vegetativa). Si la perturbación no se produjera, estas perennes se verían excluidas por otras herbáceas perennes con formas de crecimiento de mayor biomasa y más consolidadas, capaces de producir una densa cubierta de follaje y hojarasca vegetal que dejaría pocos huecos libres para la propagación vegetativa.

En cuanto a las estrategias de dispersión sexual, son frecuentes en estos ecosistemas plantas ornitócoras: higuera (*Ficus carica*), moreras (*Morus alba*), ruscos (*Ruscus aculeatus*), cornicabra (*Pistacia terebinthus*), etcétera.

Por último, debemos citar entre las adaptaciones de estas plantas riparias su capacidad de arraigo después de ser tumbadas o arrancadas. Las sargas y los chopos autóctonos pueden recibir el embate directo del agua y soportar sin morir una cobertura de varios decímetros en cada inundación. La parte del tronco que emerge puede dar brotes nuevos y raíces, aún suponiendo que la parte enterrada se pudriera por anaerobiosis. Incluso existen adaptaciones llamativas como las de algunas gramíneas (*Erianthus ravenae*, *Imperata cylindrica*), que quedan enterradas sin morir, pues poseen la capacidad de arraigar en los nudos, incluso a 50 cm por encima del suelo anterior. MONT-SERRAT, 1982.

## USOS SELVICOLAS Y ESPECIES DE REPOBLACION

### El uso de las vegas

Dejaremos de lado el uso de las vegas, pues son vocacionalmente terrenos de cultivo. Señalaremos tan sólo que la chopera, a raíz profunda o con riego e incluso con laboreo del suelo, es uno de los cultivos posibles en ella, con la gran cualidad de no presentar riesgos sanitarios para la población cuando el agua de riego está contaminada.

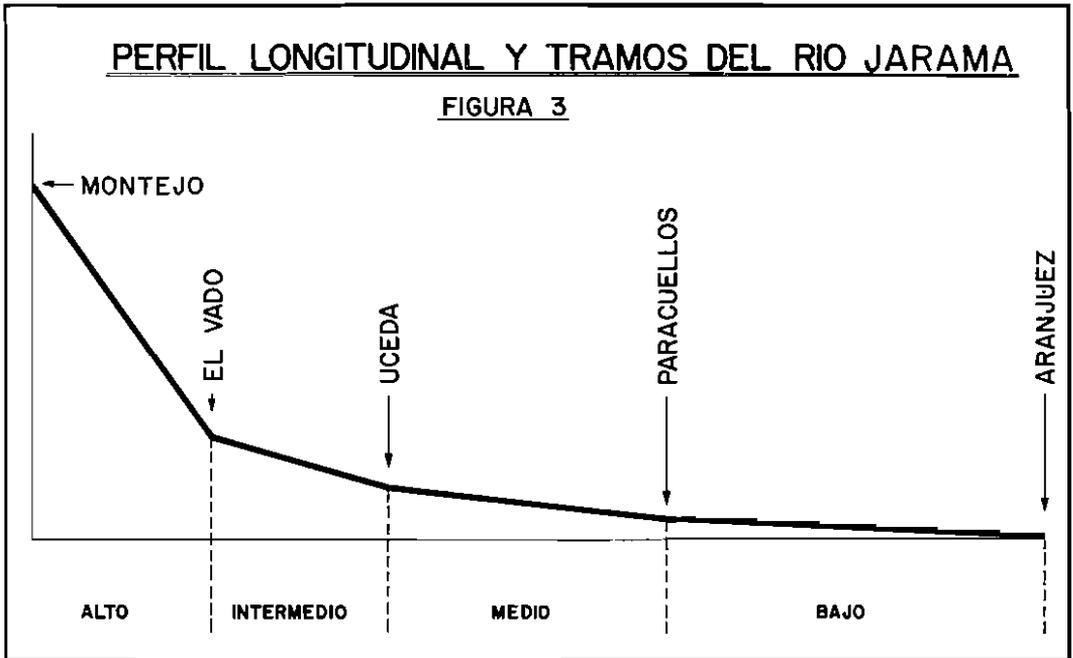
Más todavía, la posibilidad de utilizar la chopera, con sotobosque de pradera para el ganado, como filtro verde de aguas residuales —solo o combinado con depuradoras— ha sido señalada en diversas ocasiones (NAVARRO GARNICA, 1985). Una hectárea de chopera podría bastar para depurar las aguas residuales de una población de más de 200 personas, obteniéndose, además, un beneficio económico y paisajístico.

### La repoblación de la ripisilva

La ripisilva propiamente dicha, es decir, ribera y soto, a causa de su fácil regeneración, natural o artificial, su elevada capacidad productiva y su limitación ecológica al laboreo del suelo es zona de especial interés forestal y paisajístico. Su habitual proximidad a los cursos de agua le da gran importancia en el aspecto recreativo.

Chopos, alisos, abedules, fresnos, sauces y olmos serían las principales especies para su repoblación; no obstante, otras especies «menores» como tarajes, adelfas, tamujo, acebo, arces, arraclán, avellano, almez, serbales y mostajos y algunas otras no deberían ser olvidadas. La gama genética naturalmente disponible en nuestros ríos es ampliamente suficiente para cubrir la mayor parte de las necesidades.

Dentro de la ripisilva es en la ribera en donde la vegetación natural espontánea y pluriestrata tiene su función principal. Sauces y alisos son especies aquí insuficientemente utilizadas. En el soto es viable la repoblación de choperas con sotobosque de pradera. En él el «filtro verde»



ofrece la ventaja de no competir con los cultivos de vega.

A veces en los sotos se olvida el papel, cada día más importante, que puede cumplir el fresno en los lugares en los que el agua freática no está suficientemente accesible durante el período estival. Por su parte, la actual problemática sanitaria del olmo obliga a pensar en especies alternativas para la restauración de ese paisaje tan peculiar de muchos sotos y vegas que es, o más bien fue, la olmeda (LÓPEZ LILLO, 1986).

### La cuenca y el río

Es conveniente resaltar que la ripisilva no es independiente del tratamiento global de la cuenca. Ese tratamiento condiciona especialmente las avenidas que se instituyen como fenómenos puntuales en el tiempo, pero determinantes en la ecología de las ripisilvas y condiciona también la oscilación total del nivel de las aguas y los arrastres y turbidez de éstas. A través de estos arrastres determina la granulometría del lecho de los ríos, y a través de la turbidez, la iluminación disponible para las algas y la eficacia

de los órganos branquiales de los animales acuáticos.

Por ésta y otras vías, como la exportación de nutrientes a los cauces y consecuentes riesgos de eutrofia, la deforestación o las prácticas selvícolas inadecuadas en las cuencas afectan profundamente a la calidad de las aguas. Una revisión de estos aspectos ha sido efectuada por GONZÁLEZ DEL TANAGO, 1985.

### Selvicultura de la ribera

Si en los aspectos del espacio forestal la planificación del uso de la ripisilva exige, como ya hemos dicho, la identificación del soto (no laboreable) y la determinación del nivel freático accesible en el estío (plantación profunda o riego) y de la especie recomendable como características principales condicionantes de su selvicultura, la ecología global de la ripisilva condiciona fuertemente su uso y tratamiento con aspectos menos limitantes, pero de importancia no desdeñable. Como ahora veremos, estos efectos se concentran principalmente en la zona de la ribera.

La selvicultura de la ribera afecta a la temperatura de las aguas. La corta, y en especial de las orillas sur y oeste del río, calienta las aguas, lo que puede dañar a los salmónidos y en especial en los tramos bajos de su área de distribución y más en los ríos estrechos que en los anchos. El incremento de las temperaturas máximas puede llegar a ser de 5 a 10° C (LEE y SAMUEL, 1976, en: GONZÁLEZ DEL TANAGO, 1985). Por el contrario, la entrada de luz en zonas sin problemas de temperatura mejora la alimentación y vida de los peces.

También afecta el tratamiento forestal a la oxigenación de las aguas, además de por la vía citada de la temperatura, por la posible aportación de hojarasca, que al pudrirse consume el oxígeno del agua. Es la vegetación de ribera (arbolado y «barda») quien detiene los aportes que de hojarasca hace el viento, pero el soto y el viento pueden producir aportaciones enormes si la vegetación de ribera se daña o destruye. La combinación de riberas limpias con grandes sotos productores de hojarasca y alguna represa donde se detengan y pudran aguas abajo los desechos suele ser explosiva para la fauna, y en especial para la trucha. Especial peligro suelen presentar en este sentido los márgenes canalizados.

Los árboles caídos en el agua durante las riadas tienen importancia como refugio para la fauna y como reserva de nutrientes de aportación lenta. Esta reserva es importante en la ecología de las aguas, pues amortigua el «lavado de fondos» y consecuente exportación de nutrientes que la riada produce. Desgraciadamente, estos árboles suelen afectar al curso del agua y ello, entre otras razones, suele regenerar una tendencia hacia su eliminación.

### La contaminación y otras acciones del hombre

En lo que a las acciones de degradación que el hombre genera, es destacable que no parece que la contaminación de las aguas afecte a la vegetación de la ribera, incluso, a veces, parece que la favorece como en los denominados «filtros verdes». Los daños de la contaminación son sensibles, especialmente en los vegetales

higrófitos y animales que viven dentro del agua.

La explotación de graveras, que muchas veces es causa de degradación de la ripisilva, puede conducir adecuadamente reglamentada a la formación de suelos menos pedregosos y más útiles para el cultivo.

No siempre las acciones humanas son de degradación. Los entarquinados para la formación de buenas tierras de cultivo, de chopo u otros, son una actividad constructiva siempre que se respete el paso del agua de avenida.

El uso recreativo tiene tendencia a producir una limpieza excesiva de los sotos. Ello reduce el riesgo de incendio y mejora el crecimiento del arbolado, pero sería bueno hacer comprender a los usuarios que merma la protección que el suelo del soto precisa. Por otra parte, el arbolado exige, para su correcta conservación, de la corta sustitutoria de la acción de la riada y los usuarios, comprendiendo difícilmente la función de la corta; presionan hacia bosques decedentes por envejecidos.

## II. DESCENSO ECOLOGICO DEL JARAMA

### ENCUADRE COROLOGICO Y VEGETACION POTENCIAL

El río Jarama nace en Montejo y muere en el Tajo. Discurre por cuatro tramos bien distintos: el tramo alto, cuyo fuerte desnivel imprime una elevada velocidad a las corrientes, siendo el lecho rocoso. Dominan en él las comunidades de grandes cárices y herbazales. En estas partes altas las aguas son generalmente oligótrofas y el régimen de caudales no permite apenas el establecimiento de productores primarios en las aguas; en consecuencia, es la materia vegetal procedente de los ecosistemas terrestres circundantes (hojas, ramillos, frutos...) la que alimenta a una gran diversidad de organismos. Esta materia orgánica es atacada en un principio por bacterias y hongos y, posteriormente, aprovechada por los macroinvertebrados, a su vez fuente de alimento de los salmónidos propios de esta zona (GONZÁLEZ DEL TANAGO, 1985).

Los tramos intermedio y medio están caracterizados por una menor velocidad de la corriente y un cauce más amplio y profundo; abundan en ellos, debido a sus características ecológicas (remansos, charcas...), las comunidades acuáticas de *Potamion* y de *Nymphaeion albae*, a medida que se aumenta en eutrofia y profundidad.

En cuanto al lecho del río, puede ser de muy variada morfología, dependiendo de la acción erosiva o sedimentaria; en consecuencia, puede ser rocoso, pedregoso, arenoso y es frecuente la elevada descomposición de la materia orgánica en zonas de aguas mansas y limosas.

En el tramo bajo es donde tiene lugar la mayor parte de la sedimentación. El agua está altamente contaminada debido a los vertidos urbanos e industriales y la autodepuración del río, a medida que avanza, nunca llega a ser completa por la abundancia y frecuencia de los vertidos.

El territorio por donde discurre el río Jarama se encuadra corológicamente en la provincia Carpetano-Ibérico-Leonesa, sector Guadarrámico, en lo que concierne al tramo del río alto y al tramo intermedio que discurren por el piso supramediterráneo. En estos tramos de río la vegetación riparia, fresnedas, alisedas, saucedas montanas... contacta con hayedos (*Galio rotundifolii-Fagetum*), robledales (*Festuco-Quercetum pyrenaicae*), encinares silíceos (*Junipero-Quercetum rotundifoliae*) o bosques mixtos de roble-rebollo y fresno (*Fraxineto-Quercetum pyrenaicae*), siempre que el sustrato sea ácido y arenoso. En la parte del río Jarama que se introduce en Guadalajara (provincia Castellano-Maestrazgo-Manchega, sector manchego), donde el sustrato es calcáreo, la vegetación de ribera conecta ya con quejigares (*Cephalanthero-Quercetum faginae*) y encinares calizos (*Bupleuro-Quercetum rotundifoliae*).

En el piso mesomediterráneo (sector manchego), desde el puente de Uceda hasta la desembocadura, la vegetación riparia se presenta, en su inmensa mayoría, asentada sobre suelos arcillosos ricos en bases. Se distinguen las siguientes series de vegetación en el sentido

transversal, en bandas paralelas al cauce del río, y en la dirección de mayor alejamiento respecto al cauce: carrizales (*Scirpo lacustris-Phragmitetum*), saucedas meseteñas (*Salicetum triandro-fragilis*), choperas (*Rubio-Populetum albae*), olmedas (*Aro-Ulmetum minoris*).

La vegetación riparia de este tramo contacta con encinares silíceos (*Junipero-Quercetum rotundifoliae*) sobre arenas, o bien, en su inmensa mayoría, con encinares calizos sobre margas o yesos (*Bupleuro-Quercetum rotundifoliae*).

## VEGETACION REAL

### Tramo alto

El río Jarama nace a 1.880 m de altitud, en Montejo de la Sierra (Madrid).

El tramo alto del río Jarama se diferencia de los medio y bajo en lo concerniente a su vegetación. Su flora es muy rica y variada, no sólo por sus condiciones climáticas, sino también porque, al ser una zona predominantemente de arrastre y no de sedimentación, el suelo está menos nitrificado por la ausencia de aportes del río y, en consecuencia, la vegetación está más diversificada y es menos nitrófila.

En cuanto a la vegetación arbórea, aparecen en estas cotas del piso supramediterráneo taxones que desaparecen cuando entramos en el piso mesomediterráneo, tales como: abedul (*Betula alba*), chopo temblón (*Populus tremula*), fresno centroeuropeo (*Fraxinus excelsior*), sauce de montaña (*Salix atrocinnerea*), cerezo de monte (*Prunus avium*), serbales (*Sorbus aria*, *S. aucuparia*), además de robles (*Quercus petraea*, *Q. pyrenaica*), hayas (*Fagus sylvatica*) y avellanos (*Corylus avellana*). En estas zonas del río es llamativa la inexistencia de *Alnus glutinosa*, *Fraxinus angustifolia*, *Populus alba* y sauces meseteños (*Salix salvifolia*) propios de los tramos medios.

En cuanto al aliso, no penetra en estos tramos altos, debido a que la corriente del río es demasiado violenta como para permitir su instalación. El fresno no penetra, debido a la elevada altitud (no suele sobrepasar los 1.200 m en el piso supramediterráneo) y los sauces me-

seteños son sustituidos por los montanos, más sensibles al descenso del nivel de la capa freática.

Entre la vegetación arbustiva aparece una enorme abundancia de brezo blanco (*Erica arborea*) y cambrño (*Adenocarpus hispanicus*), que se benefician de la humedad climática y suelos profundos junto a otros taxones propios de estas elevadas cotas como el piorno (*Cytisus purgans*), escoba (*Genista florida*), enebro jabino (*Juniperus communis*), atraclán (*Frangula alnus*), saúco (*Sambucus nigra*), espinos (*Prunus spinosa*), manzanos (*Malus sylvestris*)...

En cuanto a la vegetación herbácea, es llamativa la ausencia de las arvenses, debido a que son terrenos donde el cultivo se hace difícil por la fragosidad del terreno. Faltan, asimismo, las ruderales nitrófilas, debido a la ausencia de los sedimentos aportados por el río; los cardinchales, que representan etapa de degradación de olmedas que en este territorio no existen, debido a la menor eutrofia de los suelos, más arenosos. También están ausentes las especies ruderales mediterráneas, pues nos encontramos inmersos en un tipo de vegetación eurosiberiana y los carrizales, por ser propios de aguas mansas.

Todas estas comunidades aquí ausentes son las que caracterizan la vegetación de las partes bajas del río Jarama, como veremos posteriormente.

A cambio es llamativa la abundancia de gamón y helechos (*Pteridium aquilinum*, *Polipodium vulgare*) y plantas herbáceas propias del piso supramediterráneo: *Fragaria vesca*, *Arenaria montana*, *Teucrium scorodonia*, *Achillea millefolium*, *Luzula forsteri*, *Lathyrus montanus*, *Vicia orobus*, *Doronicum plantagineum*, *Nardus stricta*, así como de las comunidades de carices (*Carex broteriana*), de los grandes herbales de hojas planas y grandes (*Aconitum napellus*, *Trolium europaeus*, *Oenanthe crocata*, *Lilium martagon*) pertenecientes a la Asociación *Oenantheum crocata* Br. Bl. Berset y Pinto da Silva, 1950. Estas comunidades se aprovechan de que la capa freática de la cual dependen no desciende apenas en el estío.

### Tramo intermedio

El tramo alto con ligeras variaciones (pérdida destacable de las especies propias del hayedo) se prolonga hasta algo antes de la entrada del río en el embalse de El Vado, a 930 m de altitud. Este embalse tiene enorme importancia en la biología aguas abajo de su presa, a causa del control que ejerce sobre los caudales líquidos del río. Desde allí se inicia el tramo intermedio (que llega hasta el puente de Uceda, a 700 m de altitud, y en el que pueden distinguirse tres partes bien diferenciadas):

- 1.<sup>a</sup> Muy afectada por el control de caudales, con fuertes riadas y estiajes artificiales. Como efecto más sensible en estas zonas de tierras rojas destacaremos la contaminación física por erosión, muy fuerte sobre estas espesas tierras impermeables. En tiempos de lluvias, cuando el pantano cierra las aguas del río, éste se nutre sólo del agua de arroyada, que al no diluirse en la más pura del río llega a causar la muerte a las truchas y otros peces. La deforestación global de la cuenca es la causa de este proceso de erosión, cuyos efectos en las aguas se multiplican a causa del control de las mismas.

La inestabilidad del caudal genera arrastres fuertes, por lo que apenas hay especies ruderales. La vegetación muestra las señales de las riadas intempestivas y pertenece claramente al ámbito supramediterráneo con cierta presencia de especies mesomediterráneas. Destacaremos: *Quercus faginea*, *Alnus glutinosa*, *Fraxinus angustifolia*, *Juniperus communis*, *Cistus laurifolius*, *Hedera helix*, *Populus nigra*, *Cytisus scoparius*, *Nasturtium officinalis*, *Salix salviifolia*, *Cistus ladaniferus*, *Mentha rotundifolia*, *Carex broteriana*, etcétera.

- 2.<sup>a</sup> Después de esa primera parte el río se interna ya en zonas calizas, marcando su vegetación el carácter de transición entre lo supramediterráneo y lo mesomediterráneo.

El río, muy encajado y entre hermosos cantiles calizos, apenas presenta espacios

de soto y mucho menos de vega o terraza —lo que podemos señalar como razón ecológica de la depresión económica de la zona—. La vegetación vuelve a diferenciarse y destacarse de la del conjunto dominante en el río y es bien distinta tanto de la zona de Montejo como de la de tramos bajos, como de las zonas con calizas de este mismo tramo. Destacaremos: *Populus nigra*, *Alnus glutinosa*, *Fraxinus angustifolia*, *Ficus carica*, *Acer monspesulanum*, *Juniperus oxycedrus*, *Salix salvifolia*, *Pistacia terebinthus*, *Rhamnus catharticus*, *Genista scorpius*, *Cistus laurifolius*, *Crataegus monogyna*, *Bryonia dioica*, *Hedera helix*, *Muscari comosum*, *Thymus vulgaris*, *Thymus mastichina*, *Psoralea bituminosa*, *Linum suffruticosum*, *Carex broteriana*.

- 3.<sup>a</sup> En esta parte el sustrato vuelve a ser ácido y la vegetación, ya claramente mesomediterránea, se asemeja acusadamente a la del tramo del río. Tal vez la escasez, e incluso la ausencia de *Populus alba*, sea la diferencia más marcada. Comienzan ya a aparecer sotos y vegas y es frecuente el cultivo del chopo. Es una parte poco agredida y con un potencial vegetal importante. Entre sus principales especies vegetales destacaremos: *Populus nigra*, *Alnus glutinosa*, *Tamarix*, *Ulmus minor*, *Salix salvifolia*, *Typha angustifolia*, *Retama sphaerocarpa*, *Ficus carica*, *Crataegus monogyna* y *Pistacia terebinthus*. Señalaremos también que se inicia en esta parte la abundancia de especies ruderales y, por tanto, el predominio de la decantación y aporte de nutrientes sobre los atrastres, apareciendo también abundantes las especies arvenses. *Bromus*, *Capsea bursapastoris*, *Hordeum murinum*, *Paronychia argentea*, *Eryngium campestre*, *Echium plantagineum*, *Artemisia campestris*, *Diploaxis*, *Anagallis arvensis*, *Carduus gayanus*, *Silybum marianum*, etcétera, serían las principales especies de esos dos grupos. En el agua mansa abunda *Ranunculus aquatilis*, y en sus orillas, el berro (*Nasturtium officinalis*).

La acción humana hace aparecer asilves-

tradas a *Robinea pseudoacacia* y *Ailanthus altissima*.

### Tramo medio

Este tramo comprende desde Uceda (700 m de altitud) a Paracuellos del Jarama (570 m de altitud). Son sus principales comunidades vegetales:

#### SAUCEDAS, CHOPERAS Y OLMEDAS

En este tramo de río la vegetación arbórea y arbustiva está todavía, globalmente, bien conservada. En los bordes del cauce del río, que constituyen un hábitat especial generalmente encharcado y sometido constantemente a la erosión de las aguas corrientes, se han especializado un buen número de sauces, que formarían la primera banda arbórea y arbustiva más cercana al curso del agua. Constituyen la primera orla arbustiva-arbórea del ecosistema de ribera en cuanto que proporcionan una eficaz defensa (gracias al entramado de sus raíces), frente a la acción erosiva de las aguas que va limando los bordes del cauce.

Estas saucedas de meseta se encuadran fitosociológicamente en la alianza *Salicetum salvifolio-purpureae*, más adaptadas al medio donde viven que las montañas, en el sentido de una mayor adaptación al descenso del nivel freático durante el verano. Abundan en estos tramos de río junto a *Salix salvifolia*, *S. purpurea*, *S. fragilis* y *S. alba*. Los sauces, que son los dominantes, tienen una extraordinaria importancia, pues poseen la capacidad (especies de luz, semillas voladoras) de invadir terrenos arrasados por las riadas, iniciando la sucesión vegetal colonizadora.

Algo más alejadas del cauce, después de la orla de sauces aparecen en el soto las choperas (*Rubio-Populetum albae*), que sufren, asimismo, la violencia de las riadas. Estas choperas naturales están formadas a base de chopos y olmos mezclados con fresnos y los citados sauces. Componen un estrato de copas denso con altas coberturas (90%), que alcanzan 15 m de altura. Bosques estratificados, donde por debajo del nivel del vuelo existe otro nivel leñoso for-

mado por jóvenes individuos de regenerado de las anteriores especies, junto a arbustos como: majuelo (*Crataegus monogyna*), zarzas (*Rubus ulmifolius*, *Rubus* sp.), rosales y trepadoras de tipo lianoide (*Tamus communis*, *Bryonia dioica*, *Humulus lupulus*, *Vitis sylvestris*, *Clematis vitalba*...), todas ellas trepan mediante garfios, zarcillos o ayudadas por sus volubles tallos en búsqueda de la luz solar.

Los álamos del «soto», junto a su espeso manto de lianas y zarzas, contribuyen no sólo a proteger el cauce del río, sino también a completar la protección vegetal de los cultivos de la vega estabilizada y segura.

En zonas ya más alejadas del cauce, donde las inundaciones se hacen poco probables, «vegetación de la vega», aparecen las olmedas (*Aro-Ulmetum minoris*). Estas comunidades son las menos exigentes en humedad freática, ocupando una banda posterior a las anteriores choperas. En esta zona del río no se puede hablar de olmedas como tales, pues debido a la riqueza de los suelos donde se instalan, ricos en materia orgánica y con enorme actividad de fauna de lombrices (fértiles suelos de vega), han sido roturadas desde antiguo y sometidas a intensos cultivos agrícolas o forestales. Sólo quedan como testigos del bosque maduro los cardinchales, etapas de degradación de vegetación exuberante, dominados fisionómicamente por el cardo de María (*Silybum marianum*), además de los grandes herbazales: panace (*Opopanax chironium*), apio perforiado (*Smyrniium perforiatum*), cicuta (*Conium maculatum*) y *Alliaria petiolata*.

Los olmos caducifolios, a través de una etapa a base de retama loca (*Osyris alba*) y zarzas (*Rubus ulmifolius*), sirven de puente entre las choperas y los encinares esclerófilos.

## ALISEDAS

En las zonas del cauce del río sobre suelos permanentemente encharcados y de curso lento (en las zonas de meandro se observa una intensa regeneración de sauces en la curva donde incide el agua, mientras que en la orilla opuesta, donde predomina la sedimentación y el agua es tranquila, se puebla de alisos) aparece

la especie más exigente en sombra propia de estos ecosistemas, y por ello también la que implica un grado de mayor evolución del ecosistema ribereño; hablamos del aliso (*Alnus glutinosa*). En las aguas rápidas (zonas de cabeceira de río) se detiene la evolución hacia la aliseda en etapas tanto más anteriores cuanto mayor sea la velocidad del agua. La regulación de las avenidas del río Jarama, mediante el pantano de El Vado, al reducir la agresión del agua a las márgenes y, en consecuencia, el rejuvenecimiento de la vegetación de ribera, ha favorecido al aliso en algunos tramos frente a otras especies.

La protección del aliso en bosques de galería es urgente, ya que esta especie es altamente beneficiosa, debido a que favorece no sólo la productividad de las aguas, impidiendo la eutrofización\*, sino que, además, favorece la edafogénesis, debido a ser una planta actinorriza, es decir, que vive en simbiosis con bacterias filamentosas (*Frankia alni*) capaces de fijar el nitrógeno atmosférico en compuestos amínicos asimilables por las plantas.

El aliso, especie capaz de desplazar a sauces, chopos y fresnos por su gran talla y resistencia a la sombra, no consigue separarse del agua, pues exige suelos de gley y, a veces, utiliza su capacidad de vivir dentro mismo del agua. Esa exigencia de agua le suele limitar a unas breves y angostas bandas junto al agua en los tramos de agua lenta.

## JUNQUERAS

Se reúnen bajo este término especies de diferentes familias (*Juncus*, *Scirpus*, etcétera), pero que convergen en una fisionomía común, a fin de traducir la adecuación a las condiciones ambientales. En efecto, estas especies, aunque exigentes en humedad, no evaporan tanta agua (debido a su tipo de hoja principalmente) como las comunidades vecinas, que ocupan la banda más cercana al cauce, constituidas ya por especies de herbazales de hojas anchas y por los grandes cárices, que mantienen enormes tasas

\* La penumbra proporcionada por las copas del aliso impide el crecimiento de plantas acuáticas de ciclo largo en el interior del agua.

de transpiración, en vinculación con el nivel freático. Estas últimas comunidades, a base de fanerófitos y hemicriptófitos, dominan las zonas de mayor humedad freática y que no desciende en el estío (piso mesomediterráneo); en este tramo de río (piso mesomediterráneo) quedan relegadas a pequeños retazos, debido a la dureza de la época estival.

Las junqueras representan el último eslabón de la cadena de higrófitos de estos ecosistemas de ribera.

### OTRA VEGETACION HERBACEA

Domina en este tramo el estrato graminoide con gran número de hemicriptófitas: *Poa angustifolia*, *P. pratensis*, *Brachypodium phoenicoides*, *B. sylvaticum*, *Agrostis stolonifera*, *Dactylis glomerata*, *Elymus hispidus*..., además se incorporan otras: *Ranunculus repens*, *R. sceleratus*, *Trifolium repens*..., dominando siempre que nos acerquemos al cauce las estrategias de regeneración asexual (estolones, rizomas...).

Las leguminosas son menos frecuentes, debido, entre otras cosas, a la nitrofilia que crean los aportes de los sedimentos del río, que hace que las gramíneas nitrófilas sean muy competitivas con ellas en estos hábitat.

### Tramo bajo

Con una longitud de unos 60 km y unas aguas muy lentas, a causa de la escasa pendiente, comprende desde Paracuellos de Jarama (570 m) hasta la desembocadura (a 490 m).

Es llamativo en este tramo de río (bien que los efectos de la contaminación se perciben ya desde Talamanca), la enorme contaminación de las aguas. Es perceptible a simple vista el desprendimiento de gas metano, síntoma, junto al repugnante olor, de la putrefacción de la materia orgánica. Las comunidades acuáticas desaparecen y abundan los helófitos de gran talla; la vegetación de ribera se encuentra bastante agredida por el hombre, presentando índices de recubrimiento muy bajos. Dominan en este tramo los chopos blancos (*Populus alba*) junto a fresnos, sauces y *Tamarix gallica*.

El aliso desaparece por la falta de oxígeno de las aguas corrompidas y por el cambio de la textura del suelo de la ribera, más pesado al decantar allí con las aguas mansas los elementos más finos.

### VEGETACION HERBACEA

En este tramo dominan las malas hierbas de los cultivos (arvenses), faltas de interés productivo, pero eficacísimas en la competencia, por lo que forman ya parte del ecosistema de ribera.

En este sentido cabe destacar los terófitos: *Papaver rhoeas*, *Vicia sativa*, *Lolium rigidum*, *Convolvulus arvensis*, *Medicago* (que se benefician especialmente de su diseminación epizoócora), *Raphanus raphanistrum*, *Cardaria draba*, *Anagallis arvensis*, *Sonchus oleraceus*, *Capsella bursapastoris*, *Lamium amplexicaule*, *L. purpureum*, *Cerastium glomeratum*, todas ellas propias de comunidades irrigadas de los cultivos que encuentran aquí su óptimo de humedad.

Echamos en falta en esta parte baja a los cañaverales (*Arundo donax*), muy ligados también a la actividad agraria, pero que no consiguen fructificar bien, aunque esto se ve compensado por el rebrote de sus grandes rizomas. Aun así suelen quedar relegados a sitios muy concretos.

La vegetación ruderal nitrófila encuentra en estos ecosistemas de ribera su óptimo ecológico. La nitrofilia de este medio responde a los aportes orgánicos de los animales que se aprovechan de la frescura y sombra de estos privilegiados parajes inmersos en un medio hostil, pero muy particularmente a los aportes orgánicos e inorgánicos arrastrados por las corrientes, sin contar los que puede añadir el ganado (ya que estos lugares son excelentes estivaderos) y la actividad humana. Todo ello ha provocado una enorme expansión de las plantas nitrófilas propias de vías, carreteras, lugares de tránsito del hombre y sus animales, etcétera.

Entre las comunidades ruderales amantes de suelos profundos, húmedos y nitrificados destacan los *cardinales* (etapa de degradación nitrófila de la olmeda), que son comunidades

de grandes hierbas nitrófilas pertenecientes a la familia de las Compuestas, que las separamos del resto por razones morfológicas, basadas, en particular, en su elevada espinescencia conseguida por selección natural y que representa una eficaz defensa contra el mordisco de los herbívoros. Además, son las comunidades no leñosas más abundantes en lo que a biomasa se refiere, estando dotadas de elevadísimas tasas de regeneración, compitiendo con el resto en zonas sobrepastoreadas. Están dominadas por el llamado cardo de María (*Silybum marianum*), *Carduus bourgeanus*, *Eryngium campestre*, *Scolymus hispanicus*, *Echium vulgare*, *Marrubium vulgare*, propias de bordes de camino agrícola, pero no urbano. Caracterizan el piso mesomediterráneo sobre suelos carbonatados y removidos, ricos en sales nitrogenadas y húmedos hasta bien entrada la primavera.

Entre las ruderales propias de suelos secos poco profundos y bien soleados del mundo mediterráneo aparecen las ruderales típicas de bordes de camino, cunetas..., tales como: *Urtica urens*, *Hordeum murinum*, *Bromus rubens*, *Euphorbia helioscopia*, *Hirschfeldia incana*, *Anacyclus clavatus*...

Otras especies se aprovechan de la riqueza en nutrientes de estos ecosistemas, tales como: *Plantago major*, *Trifolium repens*, *Medicago* sp.

### CARRIZALES (PHRAGMITION)

En el tramo bajo del Jarama, donde a la lentitud de las aguas del río se une la escasa profundidad y la abundancia de materia orgánica

(sobre todo nitrógeno) y consecuente ausencia de oxígeno, desaparecen las comunidades dulceacuícolas y aparece en su lugar otro tipo de vegetación ligada a las aguas polucionadas ricas en restos orgánicos naturales o excrementos. Son los llamados helófitos, caracterizados por tener los pies sumergidos en el agua pero erecta la parte aérea. Llama la atención en estas comunidades su verticalidad y elevada altura (1,5-2,5 m sobre el agua), sus hojas acinadas, que les permite transpirar mucha agua, y su gran recubrimiento (80-100%), que hace que constituyan un eficaz refugio de fauna ornítica. Lo que también se pone en evidencia es la pobreza de especies en cuanto a variedad.

Además del carrizo (*Phragmites australis*) están presentes las enneas (*Typha angustifolia* y *T. latifolia*), *Galium palustre*, *Sonchus maritimus*, *Alisma plantago-aquatica* y *Rumex conglomeratus*.

En los tramos de río donde éste está muy contaminado y la materia orgánica desprende burbujas debido a la putrefacción (lodos húmedos), donde el agua es calcárea, somera y nitrificada aparece *Rumex conglomeratus*, *Glyceria declinata* y *Veronica beccabunga*.

### AGRADECIMIENTOS

A José Miguel Montoya Oliver, compañero de equipo durante el descenso del río, por la aportación de ideas originales y por la corrección del manuscrito inicial.

A E. O. E. (European Oceanographic Environmental Research Foundation), organizadora del primer descenso ecológico del río Jarama.

### SUMMARY

General aspect of the ecology and use of riparian forest are studied, as well as particular results from the Jarama river along 200 km and 1,390 m of altitudinal gradient.

Fluctuations of the saturated zone, levels of floods, distance to the channel, flow velocity and altitude seem to be the main factors determining riparian forest management. Afforestation and silvicultural aspects in relation to these ecological facts are also treated in these paper.

### BIBLIOGRAFIA

FAO, 1980: *Los álamos y los sauces*. Ed. FAO. Roma.

- GRIME, J. P., 1982: *Estrategias de adaptación de las plantas*. Ed. Limusa. México.
- GONZÁLEZ DEL TANAGO, Marta, 1985: «Papel del bosque en la calidad de las aguas». *Rev. El Campo*, núm. 98. Ed. Banco de Bilbao, pp. 118-124.
- LÓPEZ LILLO, A., 1986: «Olmedas: la desaparición de un paisaje». *Boletín Agrario de la Comunidad de Madrid*, núm. 14. Ed. CAM. Madrid.
- MONTSERRAT, P., 1981: *Aspectos ecológicos prácticos de la eutrofización en ríos de montaña* (ciclostil).
- MONTSERRAT, P., 1982: «Aspectos ecológicos relacionados con la dinámica de sotos y riberas». *Anales de Edafología y Agrobiología*. Tomo XLI, núms. 9 y 10. Madrid.
- NAVARRO GARNICA, M., 1985: «La selvicultura del filtro verde». *Rev. El Campo*, núm. 98. Banco de Bilbao, pp. 125-127.
- RIVAS MARTÍNEZ, S., 1982: *Mapa de las series de vegetación de Madrid*. Ed. Diputación de Madrid.
- SÁNCHEZ MATA, D.; FUENTE DE LA, V., 1985: *Las riberas de agua dulce*. Ed. MOPU. Madrid.
- FOLCH y GUILLÉN, 1981: *La vegetació del paisos Catalans*. Ketres Editosa, S. A. Barcelona.

## ANEXO

## LISTA DE ESPECIES VEGETALES ENCONTRADAS EN LOS DISTINTOS TRAMOS DEL RIO JARAMA

Especies encontradas	Tramo 1 (Montejo)	Tramo 2 (El Vado- Uceda)	Tramo 3 (Uceda- puente Paracuellos)	Tramo 4 (puente Paracuellos- puente Largo)
<i>Acer monspessulanum</i>	—	X	X	—
<i>A. negundo</i>	—	—	X	—
<i>Achillea millefolium</i>	X	—	—	—
<i>Aconitum napelus</i>	X	—	—	—
<i>Adenocarpus hispanicus</i>	X	—	—	—
<i>Aegilops ovata</i>	—	—	X	—
<i>Alyssum minus</i>	—	—	X	—
<i>Alliaria officinalis</i>	X	—	X	—
<i>Ailanthus altissima</i>	—	X	X	X
<i>Alnus glutinosa</i>	—	X	X	—
<i>Anacyclus clavatus</i>	—	—	X	—
<i>Anagallis arvensis</i>	—	—	X	—
<i>Anagyris ragusina</i>	—	—	X	—
<i>Anthyllis lotoides</i>	—	X	X	—
<i>Arenaria montana</i>	X	—	—	—
<i>Arrhenatherum elatius</i> ssp. <i>bulbosum</i>	X	X	X	—
<i>Artemisa campestris</i>	—	—	X	X
<i>Asparagus acutifolius</i>	—	—	X	X
<i>Asphodelus albus</i>	X	—	—	—
<i>Bellis perennis</i>	—	—	X	—
<i>Betula alba</i>	X	—	—	—
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	—	X	—	—
<i>B. sylvaticum</i>	—	—	X	—
<i>Bromus rubens</i>	—	—	X	X
<i>B. sterilis</i>	—	—	X	—
<i>B. tectorum</i>	—	—	X	—
<i>Bryonia cretica</i>	—	X	X	—
<i>Chara hispida</i>	—	—	X	—
<i>Calendula arvensis</i>	—	—	X	X
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	—	X	X	X
<i>Cardamine hirsuta</i>	—	—	X	—
<i>Cardaria draba</i>	—	—	X	X
<i>Carex broteriana</i>	X	X	—	—
<i>Carlyna corymbosa</i>	—	—	X	—
<i>Cerastium glomeratum</i>	—	—	X	—
<i>Cinoglossum cheirifolium</i>	—	—	X	—
<i>Cistus ladaniferus</i>	—	X	—	—
<i>C. laurifolius</i>	—	X	—	—
<i>Conium maculatum</i>	—	—	X	X
<i>Convolvulus arvensis</i>	—	—	X	—
<i>Corylus avellana</i>	X	—	—	—
<i>Crataegus monogyna</i>	X	X	X	X
<i>Cynosurus echinatus</i>	—	—	X	—
<i>C. elegans</i>	—	X	—	—
<i>Cytisus purgans</i>	X	—	—	—
<i>Dactylis glomerata</i>	X	—	X	—
<i>Descurainia sophia</i>	—	—	X	—
<i>Doronicum plantagineum</i>	X	—	—	—
<i>Echium plantagineum</i>	—	—	X	—
<i>Elymus hispidus</i>	—	—	X	—
<i>Equisetum arvense</i>	X	—	X	—
<i>Erica arborea</i>	X	—	—	—
<i>Erodium cicutarium</i>	—	—	X	—
<i>E. moschatum</i>	—	—	X	X

## ANEXO (continuación)

Especies encontradas	Tramo 1 (Montejo)	Tramo 2 (El Vado- Uceda)	Tramo 3 (Uceda- puente Paracuellos)	Tramo 4 (puente Paracuellos- puente Largo)
<i>Eryngium campestre</i> .....	—	X	X	—
<i>Euphorbia helioscopia</i> .....	—	—	X	—
<i>Fagus sylvatica</i> .....	X	—	—	—
<i>Ficaria ranunculoides</i> .....	X	—	X	—
<i>Ficus carica</i> .....	—	X	X	X
<i>Fragaria vesca</i> .....	X	—	—	—
<i>Fraxinus angustifolia</i> .....	—	X	X	X
<i>F. excelsior</i> .....	X	—	—	—
<i>Galium aparine</i> .....	—	—	X	X
<i>Genista florida</i> .....	X	—	—	—
<i>G. scorpius</i> .....	—	X	—	—
<i>Gleditsia triacanthos</i> .....	—	—	—	X
<i>Glyceria declinata</i> .....	—	—	X	—
<i>Hedera helix</i> .....	X	X	—	—
<i>Helichrysum stoechas</i> .....	—	—	X	—
<i>Hordeum murinum</i> .....	—	X	X	X
<i>Humulus lupulus</i> .....	—	—	X	—
<i>Hyacinthoides hispanica</i> .....	X	—	—	—
<i>Hypericum perforatum</i> .....	—	—	X	—
<i>Ilex aquifolium</i> .....	X	—	—	—
<i>Iris pseudacorus</i> .....	—	—	X	—
<i>Juncus inflexus</i> .....	—	—	X	—
<i>Juniperus communis</i> .....	X	—	—	—
<i>J. oxycedrus</i> .....	—	X	—	—
<i>Lamium amplexicaule</i> .....	—	—	X	—
<i>l. purpureum</i> .....	—	—	X	X
<i>Lathyrus aphaca</i> .....	—	—	X	—
<i>L. montanus</i> .....	X	—	—	—
<i>Lepidium heterophyllum</i> .....	X	—	—	—
<i>Lilium martagon</i> .....	X	—	—	—
<i>Linum suffruticosum</i> .....	—	X	—	—
<i>Lonicera peryclimenum</i> .....	X	—	X	—
<i>Lotus pedunculatus</i> .....	X	—	X	—
<i>Luzula campestris</i> .....	X	—	—	—
<i>L. forsteri</i> .....	X	—	—	—
<i>Lupinus hispanicus</i> .....	—	X	—	—
<i>Matus sylvestris</i> .....	X	—	—	—
<i>Malva sylvestris</i> .....	—	—	X	—
<i>Marrubium vulgare</i> .....	—	—	X	X
<i>Mentha suaveolens</i> .....	—	X	X	X
<i>Morus alba</i> .....	—	—	—	X
<i>Muscari comosum</i> .....	X	—	—	—
<i>Nardus stricta</i> .....	X	—	—	—
<i>Nasturtium officinalis</i> .....	—	X	X	—
<i>Oenanthe crocata</i> .....	X	—	—	—
<i>Opopanax chironium</i> .....	—	—	—	X
<i>Osyris alba</i> .....	—	—	X	—
<i>Oxalis cernua</i> .....	X	—	—	—
<i>Papaver rhoeas</i> .....	—	—	X	X
<i>Parentucellia latifolia</i> .....	—	—	X	—
<i>Paronichya argentea</i> .....	—	X	X	—
<i>Phragmites communis</i> .....	—	—	X	X
<i>Pistacia terebinthus</i> .....	—	X	X	—
<i>Plantago coronopus</i> .....	—	—	X	X
<i>P. lanceolata</i> .....	—	—	X	—

ANEXO (continuación)

Especies encontradas	Tramo 1 (Montejo)	Tramo 2 (El Vado- Uceda)	Tramo 3 (Uceda- puente Paracuellos)	Tramo 4 (puente Paracuellos- puente Largo)
<i>Poa bulbosa</i> .....	—	—	X	—
<i>P. pratensis</i> .....	X	X	—	—
<i>Polipodium vulgare</i> .....	X	—	—	—
<i>Polygala vulgaris</i> .....	X	—	—	—
<i>Populus alba</i> .....	—	X	X	X
<i>P. nigra</i> .....	—	X	X	X
<i>P. tremula</i> .....	X	—	—	—
<i>Potamogeton crispus</i> .....	—	—	X	—
<i>Prunus avium</i> .....	X	—	—	—
<i>P. spinosa</i> .....	X	—	—	—
<i>Psoralea bituminosa</i> .....	—	X	X	—
<i>Pteridium aquilinum</i> .....	X	—	—	—
<i>Quercus faginea</i> .....	—	X	—	—
<i>Q. petraea</i> .....	X	—	—	—
<i>Q. pyrenaica</i> .....	X	—	—	—
<i>Ranunculus aquatilis</i> .....	—	—	X	—
<i>R. sceleratus</i> .....	—	—	—	X
<i>R. repens</i> .....	—	—	X	—
<i>Retama sphaerocarpa</i> .....	—	X	X	—
<i>Rhagadiolus stellatus</i> .....	—	—	X	—
<i>Rhamnus catharticus</i> .....	—	X	—	—
<i>Raphanus raphanistrum</i> .....	—	—	X	—
<i>Robinia pseudoacacia</i> .....	—	—	X	—
<i>Rosa canina</i> .....	—	—	X	—
<i>Rubus idaeus</i> .....	X	—	—	—
<i>R. ulmifolius</i> .....	X	—	X	X
<i>Rumex acetosella</i> .....	—	X	—	—
<i>R. conglomeratus</i> .....	—	—	X	X
<i>R. scutatus</i> .....	—	—	X	—
<i>Salix alba</i> .....	—	—	X	X
<i>S. atrocinerea</i> .....	X	—	—	—
<i>S. fragilis</i> .....	—	—	X	X
<i>S. purpurea</i> .....	—	—	X	X
<i>S. salviaefolia</i> .....	—	X	X	X
<i>Salvia verbenaca</i> .....	—	—	X	—
<i>Sambucus ebulus</i> .....	—	—	—	X
<i>S. nigra</i> .....	X	—	—	—
<i>Sanguisorba minor</i> .....	—	—	X	—
<i>Scirpus holoschoenus</i> .....	—	—	X	—
<i>Scrophularia canina</i> .....	—	—	X	—
<i>Senecio jacobea</i> .....	—	—	X	—
<i>Silybum marianum</i> .....	—	X	X	X
<i>Smyrnium perfoliatum</i> .....	—	—	—	X
<i>Solanum dulcamara</i> .....	—	—	—	X
<i>Sonchus oleraceus</i> .....	—	—	X	—
<i>Sorbus aria</i> .....	X	—	—	—
<i>S. aucuparia</i> .....	X	—	—	—
<i>Stellaria media</i> .....	X	—	X	X
<i>Tamarix gallica</i> .....	—	X	X	X
<i>Tamus communis</i> .....	—	—	X	X
<i>Taraxacum officinalis</i> .....	—	—	X	—
<i>Teesdalia coronopifolia</i> .....	X	—	—	—
<i>Teucrium scorodonia</i> .....	X	—	—	—
<i>Thapsia villosa</i> .....	—	—	X	—
<i>Typha angustifolia</i> .....	—	X	X	X

## ANEXO (continuación)

Especies encontradas	Tramo 1 (Montejo)	Tramo 2 (El Vado- Uceda)	Tramo 3 (Uceda- puente Paracuellos)	Tramo 4 (puente Paracuellos- puente Largo)
<i>T. latifolia</i> .....	—	—	X	X
<i>Thymus mastichina</i> .....	—	X	X	X
<i>T. vulgaris</i> .....	—	X	—	—
<i>Trifolium campestre</i> .....	—	—	X	—
<i>T. repens</i> .....	—	X	X	—
<i>T. pratense</i> .....	—	X	X	X
<i>T. tomentosum</i> .....	—	—	X	—
<i>Trolius europaeus</i> .....	X	—	—	—
<i>Ulmus minor</i> .....	—	X	X	X
<i>Urtica urens</i> .....	—	—	X	—
<i>Veronica beccabunga</i> .....	—	—	X	—
<i>V. chamaedrys</i> .....	X	—	—	—
<i>Vicia cracca</i> .....	—	X	X	—
<i>V. lutea</i> .....	—	X	X	—
<i>V. sativa</i> .....	—	X	X	—
<i>V. sepium</i> .....	X	—	—	—
<i>Viola reichenbachiana</i> .....	X	—	—	—
<i>V. riviniana</i> .....	X	—	—	—
<i>V. tricolor</i> .....	X	—	—	—
<i>Vitis sylvestris</i> .....	—	—	X	X

# ESTUDIO ECOLOGICO Y BIOQUIMICO DE LA HUMIFICACION EN BOSQUES DE *QUERCUS ROTUNDIFOLIA* EN MEDIO CARBONATADO Y DESATURADO

M. R. RODRÍGUEZ<sup>1</sup> y F. VELASCO<sup>1</sup>

## RESUMEN

En diversos suelos «análogos» de *Quercus rotundifolia* Lam. desarrollados sobre calizas, margas yesíferas y arcosas se comprobó que, si bien la vegetación induce la convergencia del humus (*mull*), se pueden apreciar rasgos diferenciales en algunos caracteres que determinan la formación de humus integrados.

La descarbonatación y posterior aplicación de ultrasonidos en los suelos desarrollados sobre margas yesíferas permitió extraer la humina heredada «fuertemente secuestrada», comprobando la relativa importancia que desempeñan los procesos de humificación por vía directa a partir de la lignina en estos subsistemas.

Por cromatografía de filtración sobre gel se demostró que la fracción de ácidos húmicos con tamaño molecular >10.000 es minoritaria y la proporción de ácidos húmicos con tamaño molecular >100.000 varía de 7,1 a 14,3%.

## INTRODUCCION

El criterio de zonalidad de los suelos de la Escuela Rusa, atribuyendo a los factores bioclimáticos generales la orientación de la edafogénesis, fue matizado por PALLMANN (1947) en su aplicación a países o áreas geográficas donde confluyen débiles variaciones del clima general y una gran complejidad de climas locales.

Se limita así la influencia de la vegetación climática (que a través del ciclo biogeoquímico modifica, según los autores rusos en las vastas extensiones de la URSS, las propiedades químicas del material geológico originario, homogeneizando las características del perfil edáfico) a conseguir a largo plazo la evolución convergente de los humus sobre materiales geológicos muy diversos.

El término «suelos análogos», de PALLMANN (1947), se refiere precisamente a los suelos clímax desarrollados bajo la misma asociación vegetal (con especies diferenciales) y substratos geológicos de composición geoquímica

diferente, que muestran homogeneización o similitud de las propiedades de los horizontes superficiales, desembocando en la formación del mismo tipo de humus.

La aplicación en este trabajo de los avances conseguidos en los últimos años en el fraccionamiento y caracterización del humus contribuirá al esclarecimiento de los procesos de humificación en bosques climáticos de *Q. rotundifolia* de la provincia de Madrid desarrollados en medio carbonatado y desaturado, permitiendo, además, comprobar si son extrapolables al área de estudio elegida las ideas de PALLMANN acerca de los suelos análogos.

Los suelos elegidos son representativos de series de vegetación (RIVAS MARTÍNEZ, 1982).

## MATERIAL Y METODOS

### Descripción de las muestras

PERFIL 1: Suelo pardo cálcico (Calcic cambisol, FAO) (Foto 1).

*Situación:* Nuevo Baztán. *Topografía:* Altitud (850 msm). *Inclinación:* Llano. *Material origi-*

<sup>1</sup> Instituto de Edafología y Biología Vegetal (CSIC), Madrid.



Foto 1. Reconstrucción en detalle del Perfil 1: suelo pardo cálcico (Calcic cambisol, FAO) con formación de humus mull.

nario: Calizas duras de páramo. *Vegetación*: Bosque de *Q. rotundifolia* enmarcado dentro del piso mesomediterráneo en la serie castellano-aragonesa basífila de la encina (*Bupleuro-rigidi-Quercetum rotundifoliae* S) de ombroclima seco (400-550 mm y temperatura media de 12,5-14,5° C). Faciación manchega.

*Perfil-morfología:*

Hor. A<sub>00</sub>: 0-2,0 cm.

Hor. A<sub>0</sub>: 2,0-3,0 cm.

Hor. A<sub>1</sub>: 3,0-6,0 cm. 5 YR 2,5/2 (húmedo), 5 YR 3/2 (seco), estructura migajosa, raíces medias abundantes, límite neto, plano.

Hor. (B): 6,0-46,0 cm. 5 YR 3/3 (húmedo), 5 YR 4/4 (seco), clase textural franca, estructura en bloques subangulares, consistencia friable en húmedo, límite brusco, plano.

Hor. R: +46,0 cm.

PERFIL 2: Suelo pardo cálcico (Calcic cambisol, FAO).

*Situación*: Fuentidueña del Tajo. *Topografía*: Altitud (660 msm). Inclinación (3%). Orientación (E, SE). *Material originario*: Margas yesíferas. *Vegetación*: Bosque clímax residual de *Q. rotundifolia*.

*Perfil-morfología:*

Hor. A<sub>00</sub>: 0-2,0 cm.

Hor. A<sub>0</sub>: 2,0-6,0 cm.

Hor. A<sub>1</sub>: 6,0-13,0 cm. 10 YR 2/2 (húmedo), 10 YR 3/2 (seco). Estructura migajosa débil, pocas raíces medias, límite neto, ondulado.

Hor. (B): 13,0-33,0 cm. 10 YR 3/2 (húmedo), 10 YR 5/2 (seco), franco-limosa. Estructura débil en bloques subangulares, abundantes raíces medias, pocas raíces gruesas, límite neto, ondulado.

Hor. C: +33,0 cm.

PERFIL 3: Suelo pardo lavado (Orthic luvisol, FAO).

*Situación*: Carretera de Villamanta a Villamantilla. *Topografía*: Altitud (630 msm). Inclinación (8%). Orientación (E). *Material originario*: Sedimentos arcósicos. *Vegetación*: Bosque adhesado de *Q. rotundifolia* correspondiente a la serie mesomediterránea guadarrámico-ibérica silicícola de la encina (*Junipero oxycedri-Quercetum rotundifoliae* S) sobre sustratos detríticos.

*Perfil-morfología:*

Hor. A<sub>00</sub>: 0-1,0 cm.

Hor. A<sub>0</sub>: Casi imperceptible.

Hor. A<sub>1</sub>: 1,0-5,0 cm. 10 YR 3/2 (húmedo). 10 YR 4/2 (seco). Franco arenosa, estructura migajosa, raíces medias abundantes, límite gradual ondulado.

Hor. B<sub>1</sub>: 5,0-29,0 cm. 10 YR 4/2 (húmedo). 10 YR 4/3 (seco), franco-arcillo-arenosa, estructura en bloques subangulares, friable en húmedo, raíces medias abundantes, límite gradual ondulado.

Hor. C: + 29,0 cm.

*Observaciones:* Probablemente la roturación a que fue sometido alguna vez mezcló el horizonte A<sub>1</sub> y el horizonte eluvial A<sub>0</sub>, no pudiendo diferenciarse morfológicamente en el perfil abierto el horizonte de lavado.

**Métodos**

Para la determinación del pH se prepararon previamente suspensiones diluciones de suelo en pasta saturada con agua destilada y con CIK 0,1 N.

En la determinación del carbono orgánico se aplicó el método de ANNE (1945): oxidación por vía húmeda en medio sulfocrómico y valoración del exceso de dicromato con sal de Mohr; para la cuantificación del Nitrógeno total se realizó previamente el ataque de la materia orgánica de las muestras con SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> en matraz Kjeldahl, valorando posteriormente el ion amonio por colorimetría con el autoanizador TECHNICON.

Para la capacidad de cambio se aplicó el método de MEHLICH (1948), utilizando como solución reemplazante una mezcla de trietanolamina-cloruro bórico ajustada a pH 8,1 con CIH; posteriormente se valoraron los cationes de cambio por espectrofotometría previa precipitación del percolado con SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> 0,6 N y filtrado.

En la determinación de los carbonatos se utilizó el calcímetro de BERNARD; para la caliza

activa se siguió el método de DROUINEAU o el de GEHU-FRANZ de acuerdo con DUCHAUFOUR (1970), en función, respectivamente, del bajo o elevado contenido en humus de las muestras de suelo.

Para el fraccionamiento de la materia orgánica se separó, en primer lugar, la fracción libre o ligera de la fracción ligada o pesada, mediante una mezcla de bromoformo-etanol de densidad 1,8 (MONNIER, *et al.*, 1962); el residuo se sometió a la acción del ultrasonido para separar las partículas de *humina heredada*. La aplicación posterior de los reactivos alcalinos extrae las fracciones solubles, ácidos fúlvicos y ácidos húmicos. Sobre el residuo insoluble, y de acuerdo con las indicaciones de MERLET (1971), se realizó la extracción y valoración de la *humina* de insolubilización extraíble.

En medio carbonatado se procedió a la extracción de la *humina heredada* «fuertemente secuestrada», de acuerdo con CHOULIARAS, *et al.* (1975), previa descarbonatación con C1H 2 N hasta pH 4 del residuo de cantrífuga.

La filtración a través de gel se llevó a cabo con Sephadex G-50 y G-100 en columnas «PHARMACIA», utilizando como eluyente agua destilada con flujo de 1,5 ml/min., aplicando una cantidad de muestra equivalente a 1,5 mg de C y registrando las correspondientes curvas densitométricas a 450 nm con un espectrofotómetro ZEISS PMQ II provisto de cubeta de flujo continuo y registrador KIPP-ZONEN BD 8.

Para la espectroscopia visible de los ácidos húmicos se optó por el método de KONNOVA *et al.* (1960).

**DISCUSION DE LOS RESULTADOS**

La observación comparativa de los resultados analíticos expresados en la Tabla I, relativos tanto al pH como a la distribución de los cationes de cambio en el complejo adsorbente, permite comprobar (dentro del ciclo biogeoquímico de algunos elementos biógenos) en el suelo pardo lavado (Perfil 3) desarrollado sobre arcosas el efecto inducido por la vegetación que se manifiesta en la acumulación en superficie de Ca<sup>++</sup> y K<sup>+</sup> de cambio.

TABLA I

Perfil	Hor.	Vegetación	pH		Complejo de cambio (meq/100 g de suelo)							% caliza activa		
			H <sub>2</sub> O	ClK	H <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	T		V	CO <sup>2</sup> Ca
1	A <sub>0</sub>	<i>Q. rotundifolia</i>	7,30	6,90	7,77	44	3,78	0,77	0,35	48,90	56,67	86,29	5,18	0,96
1	A <sub>1</sub>	»	7,50	6,80	6,66	12	0,99	0,25	0,26	13,50	20,16	66,96	2,77	0,12
2	A <sub>0</sub>	»	7,35	7,00	9,25	48	3,37	0,77	0,26	52,40	61,56	84,99	10,98	1,70
2	A <sub>1</sub>	»	7,35	7,00	7,03	54	0,82	0,51	0,17	55,50	62,53	88,76	41,32	1,71
3	A <sub>1</sub>	»	5,00	4,60	12,92	7	4,35	1,02	0,35	12,72	25,74	49,61	—	—
3	B <sub>t</sub>	»	4,30	3,50	17,93	5	4,28	0,51	0,35	10,14	28,07	36,12	—	—

S: Suma de bases de cambio. T: Capacidad total de cambio. V: Grado de saturación.

TABLA II  
FRACCIONAMIENTO DE LA MATERIA ORGANICA (muestras de *Q. rotundifolia*)

Perfil	Horizonte	%C	%N	C/N	M. O. libre	M. O. ligada	AF	AH	AF + AH	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>3</sub> '	H <sub>t</sub>
1	A <sub>0</sub>	17,12	0,76	22,53	14,74 (86,10)	2,38 (13,90)	0,64 (3,74)	0,55 (3,21)	1,19 (6,95)	0,24 (0,23)	0,71 (11,95)	0,44 (2,57)		1,19 (14,75)
1	A <sub>1</sub>	1,64	0,14	11,71	0,29 (17,68)	1,35 (82,32)	0,58 (35,36)	0,23 (14,02)	0,81 (49,39)	0,12 (7,32)	0,40 (24,39)	0,02 (1,22)		0,54 (32,93)
2	A <sub>0</sub>	31,25	1,09	28,67	29,56 (94,59)	1,69 (5,41)	0,30 (0,96)	0,25 (0,80)	0,55 (1,76)	0,02 (0,06)	0,28 (0,90)	0,15 (0,48)	0,69 (2,21)	1,14 (3,65)
2	A <sub>1</sub>	5,64	0,41	13,76	2,18 (38,65)	3,46 (61,35)	0,67 (11,88)	0,57 (10,11)	1,24 (21,98)	0,09 (1,59)	1,56 (27,66)	0,29 (5,14)	0,28 (4,96)	2,22 (39,36)
3	A <sub>1</sub>	3,60	0,29	12,41	2,30 (63,89)	1,30 (36,11)	0,38 (10,55)	0,23 (6,39)	0,61 (16,94)	0,19 (5,28)	0,27 (7,50)	0,23 (6,39)		0,69 (19,17)
3	B <sub>t</sub>	2,12	0,16	13,25	0,58 (27,36)	1,54 (72,64)	0,43 (20,58)	0,36 (16,98)	0,79 (37,26)	0,18 (8,49)	0,41 (19,34)	0,16 (7,55)		0,75 (35,38)

Porcentajes referidos en g de carbono en 100 g de suelo. Entre paréntesis: %C respecto al C orgánico del suelo. AF: ácidos fúlvicos. AH: ácidos húmicos. H<sub>1</sub>: humina de insolubilización extraíble. H<sub>2</sub>: humina de insolubilización no extraíble. H<sub>3</sub>: humina heredada débilmente sustrada. H<sub>3</sub>': humina fuertemente secuestrada. H<sub>t</sub>: humina total.

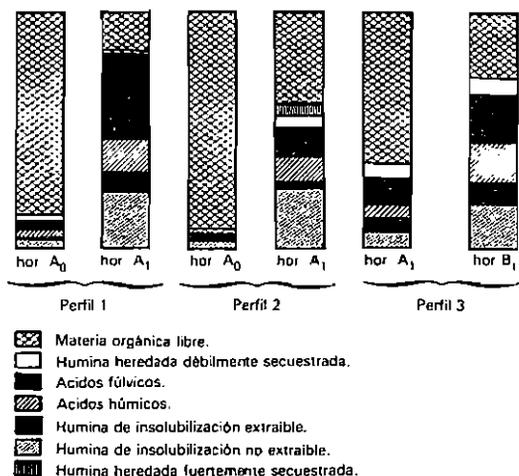


Fig. 1. Porcentaje de carbono de las distintas fracciones respecto al carbono orgánico de los suelos (C<sub>1</sub> = 100).

Si el horizonte textural (B<sub>1</sub>) del Perfil 3 es fuertemente ácido (de acuerdo con el pH medido en C1K), en el horizonte A<sub>1</sub> la acidez ha disminuido, pasando a la consideración de ácido. Sobre sustrato calizo se aprecia el efecto de «dilución» de la vegetación (DUCHAUFOUR, 1962) para el calcio de cambio en el Perfil 2.

La observación de los datos analíticos expuestos en la Tabla II y de los diagramas rectangulares (Fig. 1) relativos a la distribución de la materia orgánica en vías de humificación y de la materia orgánica humificada, así como a los porcentajes de las distintas fracciones húmicas, permite comprobar, en primer lugar, la intensa descomposición de la materia orgánica fresca con la profundidad.

Si en los horizontes superficiales es considerablemente mayor la proporción de materia orgánica libre o ligera (con estructura más o menos organizada) que la proporción de materia orgánica pesada o ligada (humificada) se invierte, en general, esta relación a pocos centímetros de profundidad cuando se delimita ya morfológicamente el horizonte A, en los suelos «análogos» de *Q. rotundifolia* sobre calizas o margas yesíferas, o el horizonte B textural en el suelo pardo lavado sobre arcosas.

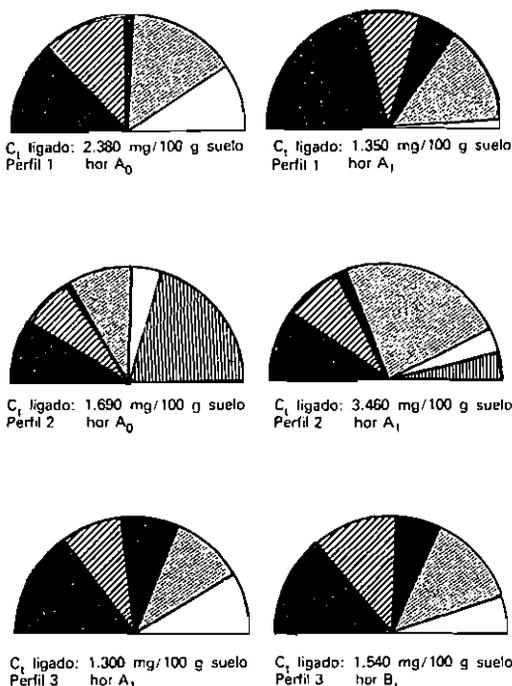


Fig. 2. Porcentaje de carbono de las distintas fracciones respecto al carbono de la fracción ligada.

El grado de humificación aumenta con la profundidad en el sentido:

Humus del encinar sobre margas yesífera < humus del encinar sobre arcosas < humus del encinar sobre calizas.

Así como se intensifica con la profundidad la transformación de los restos orgánicos por vía indirecta, la vía directa de humificación (minoritaria respecto a la neoformación biofísico-química de compuestos húmicos) a partir de la lignina, disminuye su participación en la transformación de los restos orgánicos frescos; no obstante, la descarbonatación con C1H ha permitido corregir la cifra inicial de humina heredada (materia orgánica «débilmente secuestrada») (Tabla III y Fig. 2) en el suelo pardo cálcico sobre margas yesíferas (Perfil 2), aplicando la variante propuesta por CHOUILLARAS, *et al.* (1975), para poder extraer una cifra más real de humina residual. Se comprobó así, me-

TABLA III  
 FRACCIONAMIENTO DE LA MATERIA ORGANICA  
 Porcentajes de carbono respecto al carbono de la fracción ligada

Perfil	Hor.	Vegetación	AF	AH	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H' <sub>3</sub>	H <sub>3</sub> + H' <sub>3</sub>	AF + H <sub>3</sub> + H' <sub>3</sub>	AH + H <sub>1</sub> + H <sub>2</sub>
1	A <sub>0</sub>	<i>Q. rotundifolia</i>	26,89	23,11	1,68	29,83	18,49			45,38	54,62
1	A <sub>1</sub>	»	42,96	17,04	8,89	29,63	1,48			44,44	55,56
2	A <sub>0</sub>	»	17,75	14,79	1,18	16,57	8,87	40,83	49,70	67,45	32,54
2	A <sub>1</sub>	»	19,36	16,47	2,60	45,09	8,38	8,09	16,47	35,83	64,16
3	A <sub>1</sub>	»	29,23	17,69	14,61	20,77	17,69			46,92	53,07
3	B <sub>c</sub>	»	27,92	23,38	11,69	26,62	10,39			38,31	61,69

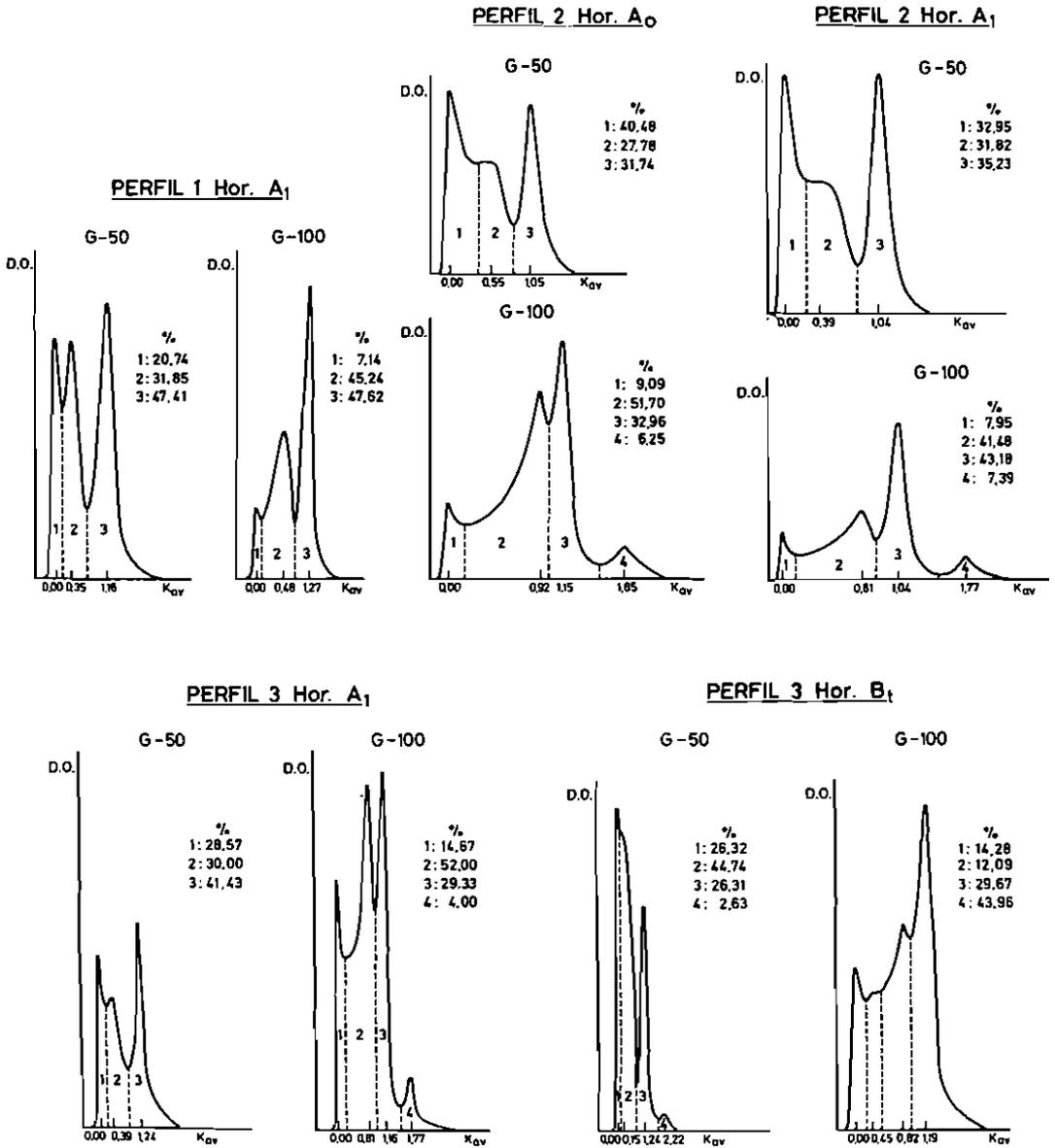


Fig. 3. Curvas de filtración a través de Sephadex G-50 y G-100 de los ácidos húmicos (porcentajes de las diferentes fracciones).

dante la evaluación de la materia orgánica «fuertemente secuestrada» (H<sub>3</sub>), la relativa importancia que desempeñan los procesos de humificación por vía directa a partir de la lignina sin que medie una fase soluble, sobre todo en

los horizontes más superficiales en suelos con carbonato cálcico activo.

Si bien la proporción de compuestos húmicos extraíbles por los reactivos alcalinos (ácidos fúl-

vicos y ácidos húmicos) es menor que la proporción de humina total en superficie (Tabla II), se invierte esta relación en profundidad, a excepción del suelo pardo cálcico sobre margas yesíferas.

Los ácidos fúlvicos predominan sobre los ácidos húmicos, destacando la fuerte insolubilización por el carbonato cálcico de los ácidos fúlvicos en el suelo pardo cálcico (Perfil 1) (Tabla II).

Como es obvio, los últimos estadios de la síntesis de compuestos húmicos por neoformación biofísicoquímica se acentúan más en profundidad, pero en los tres perfiles es considerablemente dominante la proporción de humina de insolubilización no extraíble sobre la proporción de humina ligada al hierro y a la arcilla. No obstante, a pesar de alcanzar las razones  $C \cdot H_2/C \cdot \text{total}$  (% de carbono correspondiente a la humina de insolubilización no extraíble respecto al carbono total, TOUTAIN, 1974) cifras relativamente altas (19-27%) en los tres suelos estudiados, no llegan a aproximarse a los valores propuestos por este autor para el mull ( $C \cdot H_2/C \cdot \text{total} = 35$ ) en un ambiente biogeoclimático distinto.

Teniendo en cuenta con criterio sintético las cifras características de diversos parámetros relativos al pH, grado de saturación, actividad biológica global, fracciones húmicas, etcétera, se llega a la conclusión de que la evolución de la materia orgánica del suelo en los ecosistemas estudiados se ha llevado a cabo preferentemente por vía indirecta a partir de los precursores solubles, desembocando en la formación de humus *mull*, pero con ciertas matizaciones que permiten enmarcar o delimitar a nivel de subtipo y grado de evolución del humus las siguientes variantes:

El humus formado, tanto en los encinares sobre calizas duras como en los encinares sobre margas yesíferas, presenta caracteres algo más favorables de los que corresponden al *mull cálcico* (*mull carbonatado*), en base al bajo contenido en carbonato cálcico activo; al pH (8,1) de la solución extractante muestra una pequeña acidez de cambio. El grado de saturación enmarca al humus más bien como intermedio

o integrado entre el mull eutrófico y el mull saturado.

Los caracteres bioquímicos que se advierten como resultado del fraccionamiento y de la comparación entre la distribución de las fracciones «jóvenes» o poco evolucionadas (ácidos fúlvicos, huminas heredadas débil y fuertemente secuestradas) y las fracciones evolucionadas (ácidos húmicos, humina ligada al hierro y a la arcilla, humina insoluble) (Tabla III, Fig. 2) son indicativos de que si bien en el horizonte superficial (horizonte orgánico) la humificación directa a partir de la lignina comporta una alta proporción de humina heredada, los procesos de humificación en el horizonte A, se llevan a cabo preferentemente por neoformación biofísicoquímica, desembocando en el predominio de las fracciones húmicas evolucionadas sobre las fracciones «jóvenes», no alcanzando los valores de humina heredada las cifras indicativas para el *mull cálcico* propuestas por DUCHAUFOUR (1977).

El humus del suelo pardo lavado (Perfil 3) sobre arcosas (representativo de la serie silicícola de la encina sobre substratos detríticos, RIVAS MARTÍNEZ, 1982) presenta también una elevada actividad biológica global, pero en base al pH ácido y a la acción movilizador por las raíces de los cationes biógenos muestra tendencia a la mesotrofia (*mull forestal mesotrófico*). La proporción de fracciones húmicas evolucionadas es mayor también que la proporción de fracciones poco evolucionadas, si bien la razón  $C \cdot H_2/C \cdot \text{total}$  no llega a la propuesta por TOUTAIN para el *mull ácido*.

El estudio comparativo de las curvas de filtración a través de Sephadex G-50 y G-100 (Fig. 3) de los ácidos húmicos extraídos de los suelos, permite enmarcar los tamaños moleculares en el intervalo o rango molecular definido por cada tipo de gel.

De acuerdo con las cifras representativas de las fracciones excluida y retenida por Sephadex G-50, se advierte que es minoritaria la proporción de la fracción de ácidos húmicos con tamaño molecular superior a 10.000.

Asimismo, las cifras correspondientes a las fracciones excluidas por Sephadex G-100 (tamaño

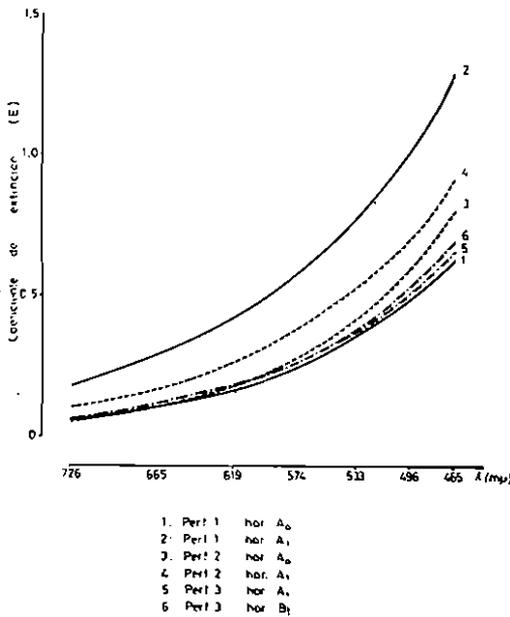


Fig. 4. Espectros visibles de los ácidos húmicos.

molecular > 100.000) son indicativas del reducido porcentaje de moléculas de elevado tamaño.

En la Figura 4 se representan los espectros visibles de las soluciones de humatos y de su observación comparativa se deduce que el grado de condensación entre los constituyentes aromáticos del polímero aumenta en el sentido:

Ácidos húmicos extraídos del suelo sobre arcosas < ácidos húmicos del suelo sobre margas yesíferas < ácidos húmicos del suelo sobre calizas.

### CONCLUSIONES

Mediante el fraccionamiento de la materia orgánica y la determinación de los cationes de cambio del complejo adsorbente del suelo, se estudiaron diversos aspectos en relación con la evolución de la materia orgánica, la caracterización bioquímica del humus y el conocimiento de algunas etapas del ciclo biogeoquímico de diversos elementos minerales en suelos «aná-

logos» de *Q. rotundifolia* Lam. de la provincia de Madrid, habiéndose llegado a las siguientes conclusiones:

1. Sobre suelos desarrollados en medio ácido, el efecto inducido por la vegetación autóctona dentro del ciclo biogeoquímico se traduce en una disminución de la acidez y enriquecimiento en Ca<sup>++</sup> y K<sup>+</sup> de cambio en superficie.
2. Con la profundidad se intensifica la humificación de los restos orgánicos por vía indirecta. El grado de humificación aumenta en el sentido:

Suelo pardo cálcico sobre margas yesíferas < suelo pardo lavado sobre arcosas < suelo pardo cálcico sobre calizas.

3. Mediante descarbonatación con C1H y posterior aplicación de ultrasonidos se pudo evaluar en el suelo sobre margas yesíferas la humina heredada «fuertemente secuestrada», comprobando la relativa importancia que desempeñan los procesos de humificación por vía directa a partir de la lignina en el horizonte orgánico de este suelo.
4. Predominan los ácidos fúlvicos sobre los ácidos húmicos. La proporción de humina de insolubilización no extraíble es considerablemente mayor que la proporción de humina ligada al hierro y a la arcilla.
5. La evolución de la materia orgánica se ha llevado a cabo preferentemente por vía indirecta a partir de los precursores solubles, desembocando en la formación de humus *mull* (*mull forestal mesotrófico* sobre arcosas y *mull* más evolucionado que el *mull cálcico* por la escasa proporción de carbonato cálcico activo sobre calizas y margas yesíferas.
6. Por cromatografía de filtración sobre gel se comprobó que la proporción de la fracción de ácidos húmicos con tamaño molecular > 10.000 es minoritaria (de 20,7 a 40,5%) y la proporción de ácidos húmicos con tamaño molecular > 100.000 aún menor, oscilando de 7,1 a 14,3%.

7. La comparación entre los espectros visibles de las soluciones de humatos permitió formular algunas consideraciones acerca del grado de condensación entre los constituyentes aromáticos de los ácidos húmicos.

### SUMMARY

In several «analogous» soils of *Quercus rotundifolia* (on limestone gypsum marl and coarse grain sandstone) we could prove that even when the vegetation induces a good convergence of the humus (*mull*) it is possible to verify the formation of integrate humus with respect to the geochemical nature of the geological material.

The leaching of carbonates and subsequent application of ultrason to the soils formed on gypsum marl, allowed the extraction of the «strongly trapped» residual humin, proving the relative importance of the humification process by direct way from lignin.

The humic filtration through Sephadex proved that the molecular size fraction  $> 10,000$  is small, being even smaller the fraction with a molecular size  $> 100,000$  (from 7.1 to 14.3%).

### BIBLIOGRAFIA

- ANNE, P., 1945: «Dosage rapide du carbone organique du sol». *Ann. Agron.*, 2: 161-172.
- CHOULIARAS, N.; VEDY, J. C.; PORTAL, J. M., 1975: «Fractionnement et caracterisation de la matière organique dans les rendsines». *Bull. I. N. Polytechnique de Nancy*, 17: 65-74.
- DUCHAUFOR, Ph., 1962: «El papel de la vegetación en la evolución de los suelos». *An. Edaf. y Agrobiol.*, XXI: 331-338.
- DUCHAUFOR, Ph., 1970: *Précis de Pédologie*. Masson Ed. París, 481 p.
- DUCHAUFOR, Ph., 1977: *Pédologie 1. Pedogénese et classification*. Masson Ed. París, 477 p.
- KONONOVA, M. M.; BEL'CHIKOVA, N. P., 1960: «Investigations of the nature of soil humic substances». *Soviet Soil Sci.*, II, 1149-1153.
- MEHLICH, A., 1948: «Determination of cation and anion-exchange properties of soils». *Soil Sci.*, 66: 429-445.
- MERLET, D., 1971: *Mise au point technique concernant l'extraction et la caractérisation des composés organiques dans les sols*. Centre de Pédologie Biologique. CNRS. Nancy. Doc. núm. 15, 19 p.
- MONNIER, G.; TURC, L.; JEANSON LOU-SIANG, C., 1962: «Une méthode de fractionnement densimétrique par centrifugation des matières organiques du sol». *Ann. Agron.*, 13: 55-63.
- PALLMANN, H., 1947: «Pédologie et phytosociologie». *Congrès International de Pédologie de Montpellier*, 1-36.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., 1982: *Mapa de las series de vegetación de Madrid*. Diputación Provincial de Madrid.
- TOUTAIN, F., 1974: *Etude écologique de l'humification dans les hêtraies acidiphiles*. Thèse Doc. Etat. Univ. Nancy, 124 p.